
УДК 623.438

С.П. Бісик¹, І.Б. Чепков¹, В.А. Голуб¹, В.Г. Корбач²

¹Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України, Київ
²ДП «Державне кийвське конструкторське бюро «Луч», Київ

ОЦІНКА ВПЛИВУ СПОСОБУ КРІПЛЕННЯ ПРОТИМІННОГО ЕКРАНА НА ПРОТИМІННУ СТІЙКІСТЬ БОЙОВИХ БРОНЬОВАНИХ МАШИН

У статті оцінено один з можливих способів підвищення рівня протимінної стійкості бойових броньованих машин за рахунок використання протимінного екрана. За результатами математичного моделювання дії вибухового навантаження на корпус бойової броньованої машини при підриві на фугасних протитанкових мінах оцінено вплив способу кріплення протимінного екрана на її протимінну стійкість. Встановлено, що кріплення протимінного екрану в направляючих, які допускають його рух у поперечному напрямку, призводить до зменшення значень прискорень корпусу бойової броньованої машини в порівнянні з жорстким кріпленням.

Ключові слова: бойова броньована машина, протимінний захист, протимінний екран, високошвидкісне деформування.

Вступ

Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні десятиліття спектр завдань, вирішення яких забезпечується завдяки застосуванню бойових броньованих машин (ББМ), значно розширився. Зростання впливу характеристик ББМ на хід і результати виконання завдань змусило розробників, в першу чергу, забезпечити необхідний рівень їх захисту від засобів ураження різного типу.

Аналіз досвіду застосування ББМ і спеціальних транспортних машин для перевезення особового складу в зонах військових конфліктів та на територіях проведення контртерористичних операцій виявив, що окрім традиційного завдання забезпечення балістичного захисту екіпажу та десанту від вогню стрілецької зброї гостро постає питання захисту особового складу від підриву на фугасних протитанкових мінах і фугасних вибухонебезпечних пристроях (ФВНП) [1]. Тому виникає необхідність підвищення ефективності

системи комплексного пасивного протимінного захисту (ПМЗ) ББМ.

При підриві ББМ на ФВНП елементам їх конструкції надаються прискорення, що передаються на організми членів екіпажу. Значення цих прискорень обумовлюються віддаленням від центру вибуху. Вплив прискорень на організм людини, в залежності від їх кількісного рівня, можуть бути різними: контузія, розриви м'яких тканин, переломи кісток, струс головного мозку, крововилив у головний мозок і летальний випадок [2, 3].

Для підвищення ефективності системи комплексного пасивного ПМЗ на теперішній час застосовуються такі конструктивні заходи: модульність конструкції ББМ, збільшення кліренсу ББМ, зміна форми днища ББМ, застосування протимінних екранів (ПМЕ), енергопоглинаючих сидінь і доріжок, сотових конструкцій із спіне-ним матеріалом [4, 5].

Одним з перспективних напрямів підвищення пасивного ПМЗ є застосування протимінних екранів. ПМЕ ББМ є елементом, що сприймає основну частину вибухового навантаження. При цьому частина енергії ударної хвилі та продуктів детонації ФВНП, що визначається геометрією ПМЕ, відбивається, частина - поглинається під час деформування екрана, а решта перетворюється у вертикальне прискорення як самого ПМЕ, так і корпусу ББМ в цілому.

Враховуючи вищезазначене, можливо припустити, що спосіб кріплення ПМЕ до корпусу ББМ впливає на його загальні прискорення при підриві на ФВНП.

Метою роботи є оцінка впливу кріплення протимінного екрана до корпусу ББМ на його загальні прискорення при підриві на ФВНП.

Основна частина

Для проведення порівняльної оцінки обрано два способи кріплення ПМЕ до корпусу ББМ. У першому варіанті (рис. 1, а) ПМЕ жорстко закріплений до елементів конструкції корпусу. В другому випадку ПМЕ встановлений в направляючі 3 (рис. 1, б) [10], тим самим уникаючи жорсткого кріплення до конструкції корпусу. Попередній аналіз досліджуваних варіантів кріплення ПМЕ надає підстави щодо визначення більш ефективного за критерієм енергопоглинання варіант, в якому кріплення ПМЕ здійснюється у бокових пазах із прозором. Це забезпечує прогин екрана у вертикальному напрямку без навантаження на бокові стінки; а через те, що ПМЕ при деформуванні рухається у поперечному напрямку, забезпечується більше поглинання енергії вибуху, ніж тільки при деформуванні.

Як оціночний показник при порівнянні двох варіантів кріплення ПМЕ до корпусу ББМ обрано

значення загального прискорення корпусу у вертикальному напрямку.

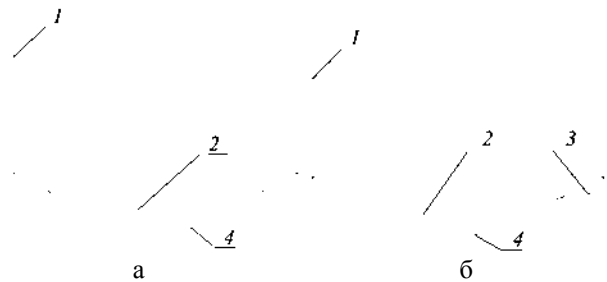


Рис. 1. Розрахункові схеми: а – з жорстко закріпленим протимінним екраном; б – з рухомих протимінним екраном; 1 – корпус; 2 – внутрішня пластина; 3 – направляючі; 4 – протимінний екран

З метою отримання значення вертикального прискорення корпусу ББМ внаслідок підриву га ФВНП за різних варіантах кріплення ПМЕ у роботі пропонується застосувати розрахунковий метод, що базується на чисельному вирішенні завдання динамічного навантаження конструкції з використанням пакету скінченно-елементного аналізу LS-DYNA [6].

Для проведення досліджень створені скінченно-елементні моделі корпусів ББМ з різними схемами кріплення ПМЕ (рис. 2).

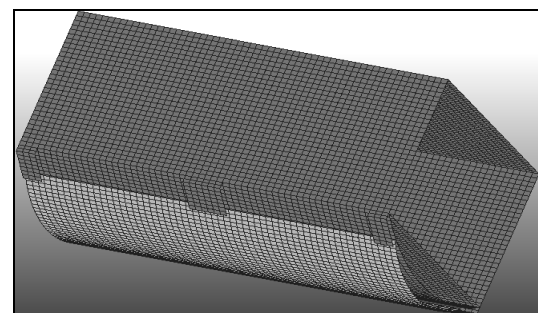
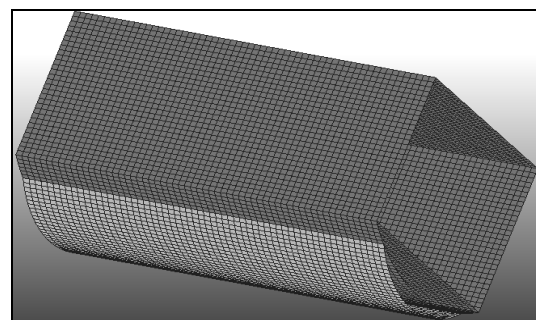


Рис. 2. Скінченно-елементні моделі корпусу з жорстко закріпленим (а) та рухомих ПМЕ (б)

Для визначення динамічної границі плинності матеріалів, що застосовуються в конструкції та підлягали вибуховому навантаженню використана модель матеріалу Купера-Саймондс [6]:

$$\sigma_T = \left[1 + \left(\frac{\dot{\epsilon}}{C} \right)^{1/p} \right] (\sigma_0 + \beta E_p \varepsilon_{\text{eff}}^p);$$

$$E_p = E_{tg} E / (E - E_{tg}); \quad \varepsilon_{\text{eff}}^p = \int_0^t \left(2 \dot{\varepsilon}_{ij}^p / 3 \right)^{1/2} dt,$$

де p і C – параметри швидкості деформацій; $\dot{\epsilon}$ – швидкість деформацій; σ_0 і σ_T – статична та динамічна границі плинності; E – модуль пружності; E_{tg} – модуль зміцнення.

Швидкість пластичних деформацій визначається як різниця між швидкостями повних і пружних деформацій $\dot{\varepsilon}_{ij}^p = \dot{\varepsilon}_{ij} - \dot{\varepsilon}_{ij}^e$.

Під час моделювання застосований підхід, при якому дія ударної хвилі на елементи конструкції корпусу ББМ задається як функція тиску від часу [6]:

$$P(t) = P_{SO} \left(1 - \frac{t - t_a}{t_d} \right) \exp \left(-A \frac{t - t_a}{t_d} \right),$$

де $P(t)$ – тиск ударної хвилі на момент часу t ; P_{SO} – максимальний тиск падаючої ударної хвилі; t_a – час досягнення ударною хвилею об'єкта; t_d – час дії позитивної фази ударної хвилі; A – коефіцієнт затухання.

Апробацію математичної моделі вибухового навантаження конструкцій, що пропонується застосовувати для проведення порівняльної оцінки різних варіантів кріплення ПМЕ, проведено в роботах [7 – 9].

При моделюванні задано масу вибухової речовини (тринітролоуолу) 5 кг. Відстань від нижньої, крайньої точки ПМЕ до центру сферичного заряду вибухової речовини – 0,6 м. Товщина стінок корпусу та внутрішньої пластини 10 мм. При проведенні дослідження варіювалася товщина ПМЕ: 10 мм, 30 мм і 50 мм. Характеристики матеріалу, що використаний при моделюванні, наведені в табл. 1.

Таблиця
Характеристики матеріалу днищ ББМ

Характеристика	Значення
модуль пружності, ГПа	210
коефіцієнт Пуассона	0,3
границя плинності, МПа	550
густина, кг/м ³	7850

Результати, отримані шляхом числового моделювання, наведені на рис. 3 – 7.

З рис. 3 видно, що при жорсткому кріпленні ПМЕ до корпусу, максимальні значення вертикальних прискорень корпусу знаходяться на початковому етапі дії ударної хвилі і поступово згасають. Най-

менші пікові значення прискорень має корпус з ПМЕ, товщина якого 10 мм. Із збільшенням товщини ПМЕ значення прискорень зростають, що можна пояснити збільшенням загальної жорсткості конструкції. Збільшення товщини рухомого ПМЕ (рис. 4) призводить до зростання максимальних вертикальних прискорень. Однак, як видно з рис. 4, максимальні значення прискорень корпусу з ПМЕ товщиною 10 мм і 30 мм майже однакові й значно зростають при збільшенні товщини ПМЕ до 50 мм. Це дозволяє зробити вибір оптимальної товщини екрана з рухомих варіантів кріплення ПМЕ для конкретної конструкції ББМ.

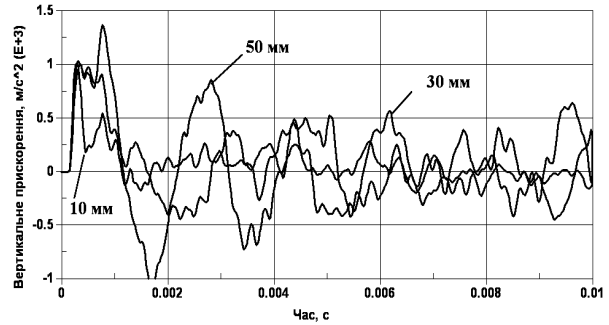


Рис. 3. Вертикальні прискорення корпусу з жорстко закріпленим ПМЕ різної товщини

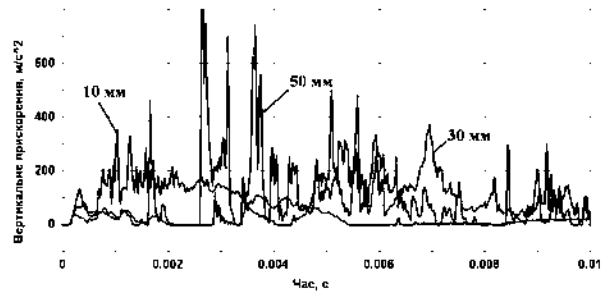


Рис. 4. Вертикальні прискорення корпусу з рухомих ПМЕ різної товщини

На рис. 5 – 7 для порівняння наведені прискорення корпусу ББМ з ПМЕ, закріпленими двома способами при різних значеннях товщини екрана. Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що варіант кріплення ПМЕ до корпусу в направляючих призводить до зменшення загальних вертикальних прискорень корпусу в 2 – 2,5 рази.

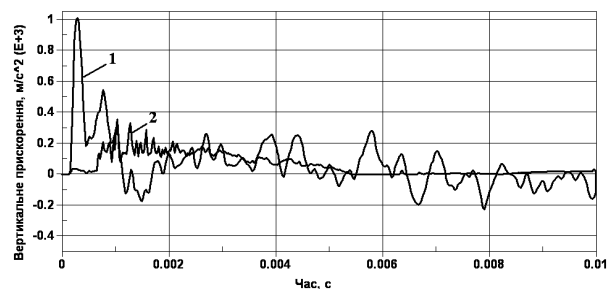


Рис. 5. Вертикальні прискорення корпусу з ПМЕ товщиною 10 мм: 1 – жорстко закріплений; 2 – рухомий

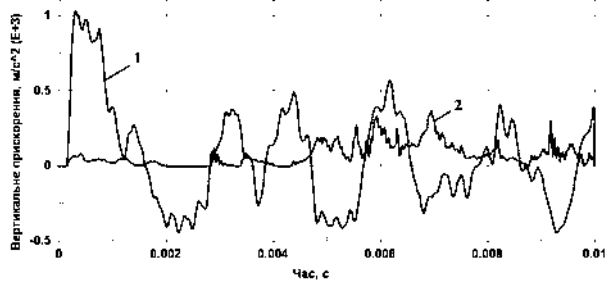


Рис. 6. Вертикальне прискорення корпусу з ПМЕ товщиною 30 мм: 1 – жорстко закріплений; 2 – рухомий

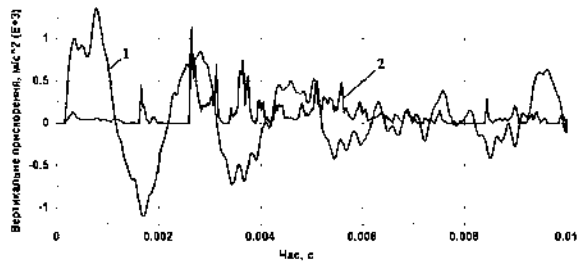


Рис. 7. Вертикальне прискорення корпусу з ПМЕ товщиною 50 мм: 1 – жорстко закріплений; 2 – рухомий

ВИСНОВКИ

Отримані результати моделювання вибухового навантаження корпусу ББМ, захищеного ПМЕ, показують, що значний вплив на значення максимальних вертикальних прискорень ББМ має спосіб кріплення екрана до корпусу. Встановлено, що кріплення ПМЕ в направляючих, що забезпечують його рухомість у поперечному напрямку, дозволяє зменшити значення прискорень корпусу ББМ порівняно з жорстким кріпленням ПМЕ в 2 – 2,5 рази.

Слід відмітити, що збільшення товщини ПМЕ призводить до зростання значень прискорення корпусу через підвищення жорсткості конструкції, тому при застосуванні рухомого ПМЕ в конкретній конструкції ББМ потрібне проведення параметричної оптимізації екрана. Також до переваг варіанту кріплення ПМЕ в направляючих можна віднести те, що ця конструкція дозволяє здійснити швидку заміну екрана на новий, чим забезпечується висока ремонтпридатність ББМ.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБА КРЕПЛЕНИЯ ПРОТИВОМИННОГО ЭКРАНА НА ПРОТИВОМИННУЮ СТОЙКОСТЬ БОЕВЫХ БРОНИРОВАННЫХ МАШИН

С.П. Бисык, И.Б. Чепков, В.А. Голуб, В.Г. Корбач

В статье приведены результаты оценки одного с возможных способов повышения уровня противоминной стойкости боевых бронированных машин за счет использования противоминного экрана. По результатам математического моделирования действия взрывного нагружения на корпус боевой бронированной машины при подрыве на фугасных противотанковых минах оценено влияние способа крепления противоминного экрана на ее противоминную стойкость. Установлено что крепление противоминного экрана в направляющих, которые допускают его движение в поперечном направлении, позволяет снизить ускорение корпуса боевой бронированной машины по сравнению с жестким крепление противоминного экрана.

Ключевые слова: боевая бронированная машина, противоминная защита, противоминный экран, высокоскоростное деформирование.

Список літератури

1. Гребеник А.Н. Анализ использования и поражения автомобилей многоцелевого назначения // Артиллерийское и стрелковое вооружение. Международный научно-технический сб. – К.: НТЦ АСВ, 2011. – Вып. №1. – С. 36-40.
2. Бутарович Д.О. Повышение противоминной защищенности бронированной колесной техники при помощи защитных экранов из пористых энергопоглощающих металлов / Д.О. Бутарович, Д.М. Рябов, А.А. Смирнов // Вопросы оборонной техники. – 2011. – Серия №16, вып. № 1-2. – С.52-57.
3. Бисик С.П. Критерії ураження екіпажів бойових машин при вибуховому навантаженні / С.П. Бисик, І.Б. Чепков, В.А. Голуб, В.Г. Корбач, О.Л. Чеченова // Військова медицина України. – 2011. – № 3-4. – С. 90-96.
4. Kania E. Developmental tendency of landmine protection in vehicle // Modelling and optimization of physical systems. – 2009. – № 8. – С. 67-72.
5. Рябов Д.М. Методи зниження поражаючого впливу на екіпаж бронеавтомобіля при подрыве [Електронний ресурс] / Д.М. Рябов, А.А. Смирнов, Д.О. Бутарович. – Режим доступу: www.niism-kb.narod.ru.
6. Stander N., Roux W., Goel T. LS-OPT User's Manual. – Livermore: LSTC, 2008. – 2206 с.
7. Бисик С.П. Числове вирішення задачі ударно-хвильового навантаження пластини / С.П. Бисик, В.А. Голуб, В.Г. Корбач // Військово-технічний збірник / Академія сухопутних військ. №2(5). – Львів: АСВ, 2011. – С. 3-6.
8. Бисык С.П. Исследование влияния угла заострения днища боевой машины на его стойкость к действию взрыва / С.П. Бисык, В.А. Голуб, В.Г. Корбач, Д.В. Кривоурчко // Артиллерийское и стрелковое вооружение. Международный научно-технический журнал. – К.: НТЦ АСВ. – 2011. – №4. – С. 20-23.
9. Бисик С.П. Дослідження навантаження вибухом макетів днищ бойових машин / С.П. Бисик, К.Б. Круковський-Сіневич, І.Б. Чепков, Л.О. Волгін, В.А. Голуб, О.Ю. Ларін // Механіка та машинобудування // Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – С. 149-154.
10. Патент на корисну модель 2012/74750 Україна, МПК, F41H 7/02 (2006.01). Бойова машина з підвищеним рівнем протимінного захисту / Голуб В.А., Бисик С.П. / патентовласник Голуб В.А. – № 74750 ; заявка № і 2012 04875 18.04.2012; опубл. 12.11.2012. Бюл. № 21.

Надійшла до редколегії 27.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. М.І. Васьківський, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ.

**ESTIMATION OF AGENCY OF THE MODE OF STRENGTHENING OF THE ANTI-MINE SHIELD
ON ANTI-MINE RESISTANT OF ARMORED COMBAT VEHICLES**

S.P. Bisyk, I.B. Chepkov, V.A. Golyb, V.G. Korbach

This article presents an estimation of one from possible modes of raise of level of anti-mine durability of armoured combat vehicles at the expense of use of the anti-mine shield are resulted. By results of mathematical modelling of act of an explosive loading on the armoured combat vehicle case at undermining on demolition anti-tank mines agency of a mode of strengthening of the anti-mine shield on its anti-mine durability is sized up. Strengthening of the anti-mine shield in directing which admit its driving in the cross direction is installed that, allows to reduce acceleration of the case of an armoured combat vehicle in comparison with rigid strengthening of the anti-mine shield.

Keywords: *armored combat vehicle, anti-mine guard, the anti-mine shield, high-speed straining.*