

С.П. БІСИК, к.т.н., ст. наук. співроб., нач. наук.-досл. лаб. Центрального наук.-досл. ін-та озброєння та військової техніки Збройних Сил України (ЦНДІ ОВТ ЗСУ), Київ;
О.М. КУПРІНЕНКО, к.т.н., ст. наук. співроб., докторант ЦНДІ ОВТ ЗСУ, Київ;
В.Г. КОРБАЧ, к.т.н., доц., наук. співроб. ЦНДІ ОВТ ЗСУ, Київ

ОЦІНКА ПРОТИМІННОЇ СТІЙКОСТІ ЛЕГКОЇ БОЙОВОЇ КОЛІСНОЇ МАШИНИ

У роботі розглянуто проблему підвищення рівня захисту бойових броньованих машин в сучасних умовах їх бойового застосування. На підставі результатів теоретичних досліджень визначено рівень протимінної стійкості легкої бойової колісної машини та розроблено пропозиції щодо його забезпечення. Запропоновано виготовляти днище в зоні розташування двигуна не з броньової сталі. Крім того, рекомендується встановлювати протимінні сидіння. Між пластинами подвійного днища доцільно розміщувати енергопоглонаючі елементи.

Ключові слова: бойові броньовані машини, рівень захисту, протимінна стійкість, легка бойова колісна машина

Постановка проблеми. Характерне для сучасної збройної боротьби різке зростання ефективності систем озброєння, обумовлене широким використанням у військовій сфері досягнень в області інформаційних технологій, змінило характер її ведення та суттєво розширило просторові та скоротило часові показники вирішення задач. Це привело до відмови від лінійної взаємодії конфлікуючих сторін, яка закладена в основу концепцій створення та бойового застосування існуючих типів бойових броньованих машин (ББМ) – танків, БМП, БТР. Характерними особливостями сучасної збройної боротьби, які безпосередньо впливають на формування концепцій перспективних типів ББМ, є:

1. Розосередження і автономні дії невеликих інформаційно взаємодіючих невеликих підрозділів (бойових груп). Суттєвий дисбаланс між рівнем розвитку засобів ураження ББМ та рівнем розвитку засобів їх захисту, а також зміна законів роз-

поділу влучень за кутами обстрілу викликали гостру необхідність підвищення мобільності підрозділів та пріоритетності неконтактних дій (дальнього вогневого ураження) [1-3].

2. Необов'язковість реалізації високих значень показників бойових властивостей в одному зразку, що, як правило, збільшує його складність та вартість. Доцільність розподілу бойових задач між різними просторово розосередженими засобами (розвідки, управління, ураження) з метою створення мережі інформаційно взаємодіючих засобів, що складають бойову систему [1, 2, 4]. Це пояснюється протиріччям між необхідністю вирішення бойових задач зі значно розширеними просторовими показниками, з одного боку, та економічною недоцільністю зосередження та застосування на великих територіях високовартісних зразків.

3. Абстрагування від особливостей платформ. Це значить, що вести збройну боротьбу можна озброєнням та військовою технікою, розміщеним на різних не обов'язково спеціалізованих, складних, високовартісних платформах, успішне функціонування яких передбачає наявність спеціальної інфраструктури забезпечення [4].

Антитерористична операція на сході України, як і бойові дії в Афганістані, підтверджують необхідність забезпечення захисту легкоброньованих машин від бронебійних куль Б-32 калібру 12,7 мм. БМП та БТР, які перебувають сьогодні на озброєнні ЗС України, були створені у 60-70-х роках минулого століття для ведення глибоких наступальних фронтних та армійських операцій на усій території Європи в умовах застосування зброї масового ураження і забезпечують захист від куль Б-32 калібру 12,7 мм тільки у фронтальну проекцію. Недостатній рівень балістичного та протимінного захисту БМП та БТР унеможливило виконання ними бойових задач під час безпосереднього зіткнення (вогневого контакту) з противником, навіть при перевезенні особового складу – основної бойової задачі, що лежить в основі концепції їх створення. Підтвердженням цього є 36-річний досвід бойових дій починаючи з Афганістану і закінчуючи антитерористичною операцією на сході України, в яких особовий склад, як правило, перевозиться "на броні" (зверху на корпусі бойової машини).

Для виходу з цієї ситуації учасники бойових дій на сході України змушені використовувати легкі автомобілі, що дозволяють зменшити ймовірність ураження особового складу за рахунок постійної зміни вогневої позиції та пересування з великими швидкостями (більше 60 км/год.). Яскравим прикладом, що підтверджує ефективність використання легких автомобілів, є Чадсько-Лівійський конфлікт (1978-1987 рр.) – так звана війна "тойот", воєнні конфлікти останніх десятиріч в Іраку, Сирії та Лівії.

Зазначені обставини призвели до зміни поглядів на застосування ББМ в нових умовах ведення збройної боротьби та виникнення нових концепцій створення та бойового застосування перспективних типів ББМ [5-7], які, на відміну від існуючих, характеризуються іншим поєднанням бойових властивостей, зокрема, забезпеченням захисту ББМ шляхом підвищення рухомості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В 2012 році на виставці Eurosatory

французька компанія Panhard General Defense запропонувала реалізацію своєї концепції – бойову розвідувальну броньовану багті CRAB (англ. Combat Reconnaissance Armoured Buggy) [7]. В 2013 р. Центральним науково-дослідним інститутом озброєння та військової техніки Збройних Сил України (ЦНДІ ОВТ ЗС України) запропоновано концепцію легкої бойової колісної машини (ЛБКМ) [6]. Зазначені концепції схожі за такими принципами: зменшення габаритних розмірів та бойової маси; відсутність десанту, збільшення швидкості руху та маневреності, модульність побудови комплексу озброєння.

Необхідно окремо зазначити, що однією з основних особливостей концепції ЛБКМ є реалізація принципу технологічно спрощеного виконання та комплектації. Це обумовлюється обмеженими економічними можливостями України, а також необхідністю її масового виробництва та бойового застосування в усіх формах та способах ведення збройної боротьби підрозділами державних силових структур. Велика, у порівнянні з ЛБКМ, бойова маса машини CRAB (в межах 8...10 т, ЛБКМ – до 5 т), а також застосування більш потужного озброєння, новітніх технологічних рішень, високовартісних матеріалів для забезпечення захисту викликають сумнів в заявленій розробником "невеликій" вартості, яка на сьогоднішній день ще остаточно не визначена. Примітно, що в 2014 році концепцію створення легких ББМ зі схожими принципами під назвою GXV-T (англ. Ground X-Vehicle Technology) почали обговорювати в Агентстві передових оборонних науково-дослідних розробок МО США (англ. DARPA – Defense Advanced Research Projects Agency) [5]. Станом на лютий 2015 р. ця концепція розробляється, тому неможливо провести її порівняльний аналіз з вже розглянутими.

В [8] на підставі результатів натурних випробувань визначено залежності стійкості двохперешкодної (рознесеної) броні ЛБКМ від її конструктивних параметрів при обстрілі кулями Б-32 калібру 12,7 мм. Але оцінка протимінної стійкості (ПМС) ЛБКМ на сьогоднішній день не проводилась. Тому проведення оцінки ПМС та розроблення пропозицій щодо її забезпечення є метою статті.

Теоретичні дослідження оцінки ПМС ЛБКМ проводились з метою визначення значень: 1) показників деформування конструкції машини; 2) навантажень, що виникають при підриві, та прогнозування їх можливого впливу на ступінь травмування членів екіпажу. За основу визначення допустимих навантажень на членів екіпажу ЛБКМ прийняті критерії, сформульовані в STANAG 4569 (таблиця 1) [9]. Для оцінки значень навантажень на членів екіпажу внаслідок дії вибухового навантаження використовуються скінченно-елементні моделі (СЕМ) антропометричних манекенів людини, що інтегровані в програмний комплекс LS-DYNA (рисунок 1). На

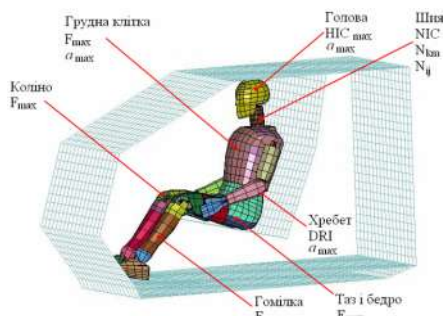


Рисунок 1 – СЕМ антропометричного манекену людини Hybrid III в броньованій капсулі ЛБКМ із зазначеними критеріями оцінки ПМС

початкових етапах оцінка ПМС ЛБКМ проводилась по значеннях перевантажень сидінь членів екіпажу та прогинах в контрольних точках конструкції.

Таблиця 1 – Критерії оцінки ПМС ББМ та їх гранично допустимі значення для організму людини

Частина тіла	Критерій оцінки	Значення	
Голова	Head Impact Criterion	700 ($t \leq 15$ мс), 1000 ($t \leq 30$ мс)	
	Стискаюча осьова сила	F_z	
Шия	Згинаючий момент	M_{y+}	190 Нм
		M_{y-}	57 Нм
Грудна клітина	Швидкість	3,6 м/с	
Поперековий відділ хребта	Dynamic Response Index	$\leq 17,7$	
Ступня	Стискаюча осьова сила ($-F_z$)	5,4 кН	

На всіх етапах дослідження ПМС ЛБКМ використовувалася розроблена математична модель для числового розв'язання задачі вибухового навантаження конструкції, що включає закони збереження маси, кількості руху й енергії:

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \frac{\partial v_i}{\partial x_i} = 0; \quad \frac{dv_i}{dt} = f_i + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j}; \quad \frac{de}{dt} = -\frac{p}{\rho} \frac{\partial v_i}{\partial x_i} + \frac{1}{\rho} s_{ij} \dot{\epsilon}_{ij},$$

де $i, j = 1, 2, 3$; ρ – густина матеріалу; σ_{ij} , s_{ij} , $\dot{\epsilon}_{ij}$ – компоненти тензора напружень Коші, діватора напружень і тензора швидкості деформацій відповідно; x – переміщення; f_i – щільність об'ємних зусиль; e – енергія; p – тиск; t – час; v – швидкість.

Для дослідження поведінки матеріалу конструкції ББМ при вибуховому навантаженні з урахуванням залежності пластичності матеріалу від температурних змін використовувалася модель пластичності матеріалу Джонсона-Кука (англ. Johnson-Cook) [10]: $\sigma_y = \left(A + B \bar{\epsilon}^n \right) \left(1 + c \ln \dot{\epsilon}^* \right) \left(1 - T^{*m} \right)$, де A, B, C, n і m – константи матеріалу; $\bar{\epsilon}^p$ – ефективна пластична деформація; $\dot{\epsilon}^* = \dot{\epsilon}^p / \dot{\epsilon}_0$ швидкість ефективної пластичної деформації для $\dot{\epsilon}_0 = 1s^{-1}$; $T^* = (T - T_{room}) / (T_{melt} - T_{room})$ – гомологічна температура.

Деформація при руйнуванні задається залежністю [10]:

$$\epsilon^f = \left[D_1 + D_2 \exp D_3 \sigma^* \right] \cdot \left[1 + D_4 \ln \dot{\epsilon}^* \right] \cdot \left[1 - T^* \right]$$

де $\sigma^* = p / \sigma_{eff}$ – співвідношення тиску до ефективних напружень.

Руйнування відбувається за умови, якщо параметр руйнування $D = \sum \bar{\epsilon}^p / \epsilon^f$ досягає значення 1 [10].

При використанні об'ємних елементів застосовувалося рівняння стану Мі-Грюнайзена [10]:

$$p = \left[\frac{\rho_0 \cdot C^2 \cdot \mu \left[1 + (1 - \gamma_0 / 2) \mu - a / 2 \mu^2 \right]}{1 - (S_1 - 1) \mu - S_2 \frac{\mu^2}{\mu + 1} - S_3 \frac{\mu^3}{(\mu + 1)^2}} \right] + (\gamma_0 + a \mu) E,$$

де C – кутовий коефіцієнт кривої $v_s - v_p$; S_1, S_2, S_3 – коефіцієнти нахилу кривої $v_s - v_p$; γ_0 – постійна Грюнайзена; a – корекція об'єму першого порядку γ_0 ; $\mu = \rho / \rho_0 - 1$.

Для зменшення часу обчислення та об'ємів зберігаємих даних у значній частині розрахунків використовувалася модель матеріалу Купера-Саймондса (англ. *Cowper-Symonds*) [10]:

$$\sigma_T = \left[1 + \left(\frac{\dot{\epsilon}}{C} \right)^{1/p} \right] \left(\sigma_0 + \beta E_p \epsilon_{eff}^p \right) \quad E_p = E_{ig} E / (E - E_{ig}), \quad \epsilon_{eff}^p = \int_0^t \left(\frac{2}{3} \dot{\epsilon}_{ij}^p \right)^{1/2} dt,$$

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_{ig} – модуль зміцнення.

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

Для скорочення часу розрахунків дія ударної хвилі на конструкцію ЛБКМ описана рівнянням залежності тиску фронту ударної хвилі від відстані та маси заряду ВР. При цьому значення тиску фронту ударної хвилі задається у вигляді сили, що прикладається за обраним законом до об'єкта дослідження. Урахування геометричних кутів та кутів підходу ударної хвилі до об'єкта дослідження проходить використовуючи елементи векторної алгебри.

Для моделювання дії вибухового навантаження на корпус ЛБКМ в LS-DYNA використана функція *LOAD_BLAST*, в основу якої закладена модель вибухового навантаження *CONWEP* [11]. Функція тиску *CONWEP* задається часовою експоненціальною залежністю: $P(t) = P_{SO} \cdot (1 - (t - t_a) / t_d) \cdot \exp(-A \cdot (t - t_a) / t_d)$, де $P(t)$ – тиск УХ на момент часу t ; P_{SO} – максимальний тиск падаючої УХ; t_a – час досягнення УХ корпусу; t_d – час дії позитивної фази УХ; A – коефіцієнт затухання. При цьому тиск, що діє на конструкцію, розраховується за емпіричними залежностями, отриманими на основі експериментальних даних. Застосування цього підходу дозволяє моделювати вибухове навантаження з достатньою точніс-

тю без проведення трудомістких розрахунків моделювання детонації ВР. Необхідно звернути увагу на те, що у цій функції ігнорується від'ємна стадія ударної хвилі через незначний її вплив на реакцію конструкції [12]. Реалізація способу моделювання вибухового навантаження ґрунтується на звіті [13], що доводить адекватність моделі для вивчення реакції ББМ до дії наземних мін.

Адекватність розробленої математичної моделі реальним фізичним процесам підтверджується порівнянням із експериментальними дослідженнями та проведена в роботі [14]. Похибка між теоретичними й експериментальними результатами не перевищує 10%.

Результати досліджень. Оцінка ПМС ЛБКМ проводилась у відповідності до [9]. При проведенні досліджень на основі геометричної твердотілої моделі корпусу ЛБКМ створено SE-модель (рисунки 2, 3). СЕМ утворена оболонковими та об'ємними чотирьохвузловими елементами. Деталі конструкції ЛБКМ розбиті скінченними елементами з характерними розмірами 0,02-0,07 м. Характеристики SE-моделі корпусу та капсули ЛБКМ: кількість деталей – 36 шт.; кількість вузлів близько 45600; кількість елементів близько 66500; маса моделі – 4050 кг.

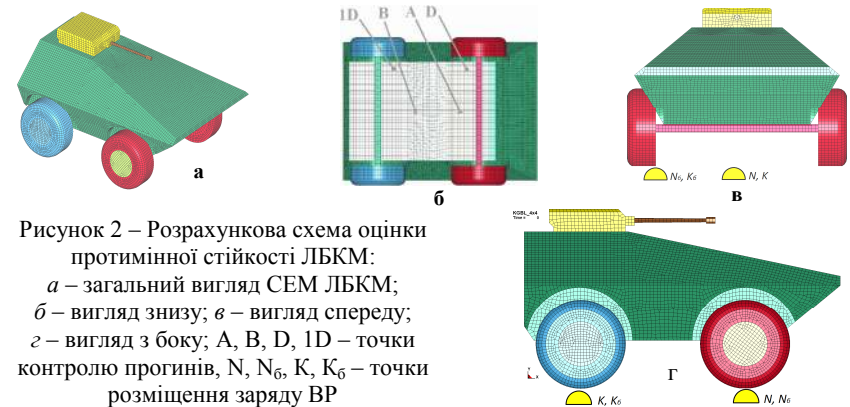


Рисунок 2 – Розрахункова схема оцінки протимінної стійкості ЛБКМ: а – загальний вигляд СЕМ ЛБКМ; б – вигляд знизу; в – вигляд спереду; г – вигляд з боку; А, В, D, 1D – точки контролю прогинів, N, N₆, K, K₆ – точки розміщення заряду ВР

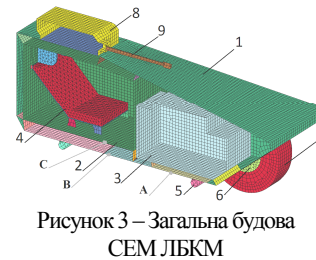


Рисунок 3 – Загальна будова СЕМ ЛБКМ

- 1 – броньовий корпус, 2 – броньова капсула, 3 – двигун, 4 – сидіння члена екіпажу, 5 – міст, 6 – бортовий редуктор, 7 – шина, 8 – бойовий модуль, 9 – ствол;
- A, B, C – точки контролю прогинів

При проведенні розрахунків прийнято, що напівсферичний заряд ВР (тринітролоуол) установлений на жорсткій поверхні. Маса заряду ВР 5 кг. Заряд розташовувався під центром (точка N) та колесом (точка N₆) носової частини ЛБКМ, центром (точка K) та колесом (точка K₆) кормової частини ЛБКМ (рисунки 2, в, г). При проведенні досліджень прийняті значення механічних характеристик конструкції ЛБКМ наведені в

таблиці 2. Прийнято, що матеріал корпусу та капсули виконано із сталі з механічними характеристиками, що відповідають характеристикам основних броньових сталей, внутрішні перемички, елементи кріплення броньової капсули, двигуна та передня зона днища виконано зі сталі з механічними характеристиками загальнотехнічної покращеної сталі.

Днище корпусу виконано із сталі із різними фізико-механічними характеристиками в його різних зонах. Матеріал шин – гума з відповідними фізико-механічними характеристиками. Отримані результати математичного моделювання при підриві заряду ВР масою 5 кг у різних зонах днища машини наведено на рисунках 4-8. Отримані значення перевантажень сидіння членів екіпажу є в межах допустимих медико-технічних вимог.

Таблиця 2 – Характеристики матеріалу корпусу та капсули ЛБКМ

Властивість	Корпус, капсула	Інші металеві деталі
Густина, кг/м ³	7850	7850
Модуль пружності, ГПа	210	210
Межа плинності, МПа	1220	400
Коефіцієнт Пуассона	0,3	0,3
Критерій руйнування (відносне подовження)	0,1-0,2	0,25

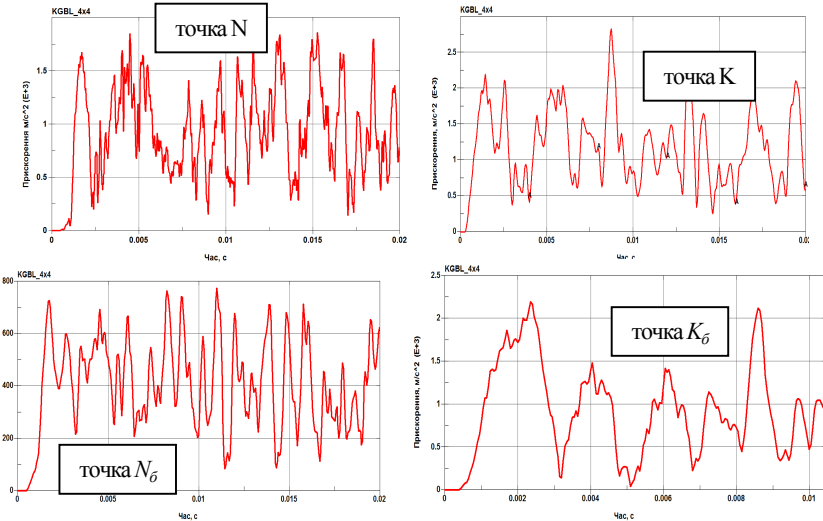


Рисунок 5 – Значення прискорень сидіння екіпажу зі сторони розміщення заряду ВР при його підриві у різних точках під днищем ЛБКМ

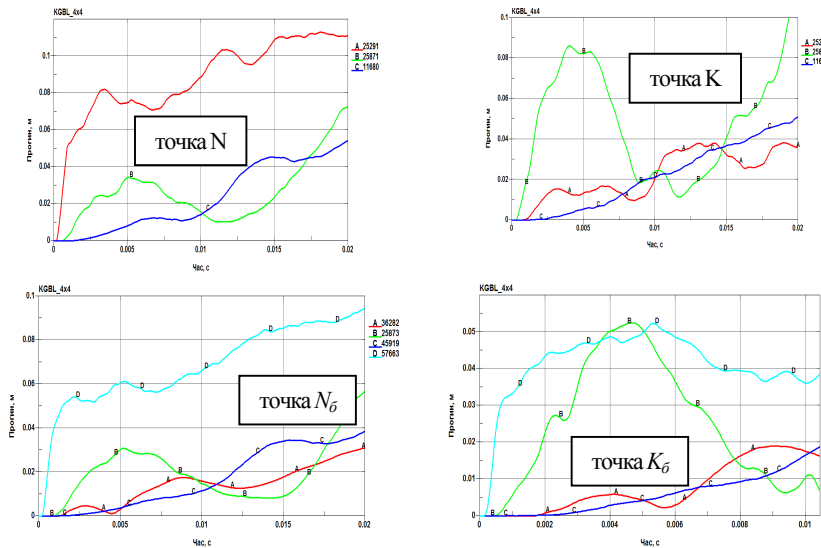


Рисунок 4 – Значення прогинів у точках А, В та С при підриві заряду ВР у різних точках під днищем ЛБКМ

Висновки. Аналіз результатів математичного моделювання ПМС ЛБКМ показав, що за рахунок використання броньової капсули та раціонального вибору відстані між капсулою та броньовим корпусом динамічний контакт обох деталей внаслідок вибухового навантаження відсутній, що позитивно впливає на прогини в зоні розташування ніг екіпажу та прискорення сидіння.

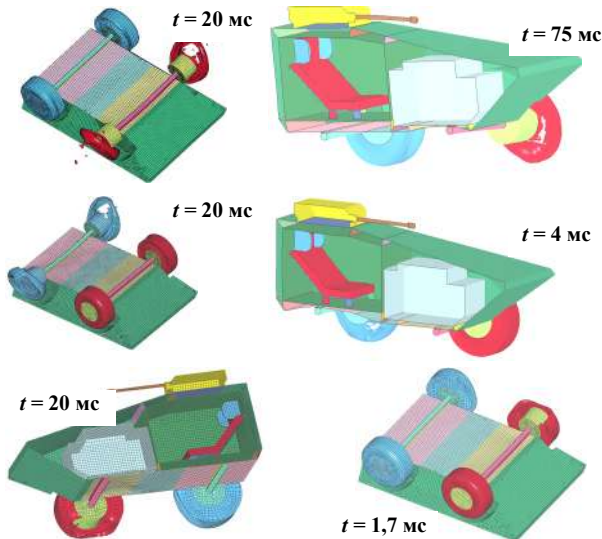


Рисунок 6 – Деформування конструкції ЛБКМ при підриві заряду ВР у точці N в залежності від часу

Рисунок 7 – Деформування конструкції ЛБКМ при підриві заряду ВР у точці K в залежності від часу

Рисунок 8 – Деформування конструкції ЛБКМ при підриві заряду ВР у точці N6 в залежності від часу

Результати проведених досліджень показують, що ВР масою 5 кг є граничною, при якій може забезпечуватись збереження життя екіпажу із заданою імовірністю травмування при прийнятих технічних рішеннях. Внаслідок вибуху ВР під переднім колесом ЛБКМ, що можна вважати типовим при її наїзді на протитанкову міну, прискорення сидіння члена екіпажу зі сторони підриву не перевищує 70 g, що є допустимими значеннями при такому часові впливу.

При підриві ВР під центром корпусу ЛБКМ значення прискорень є на межі норми із імовірністю отримання травми 0,2-0,3. Однак при підриві заряду ВР у будь-якій зоні днища не спостерігалось наскрізного руйнування корпусу ЛБКМ.

Результати проведених досліджень дозволили розробити наступні пропозиції щодо підвищення ПМС ЛБКМ. По-перше, це встановлення протимінних сидінь, з обов'язковим використанням ременів безпеки, що забезпечить поглинання значної частини енергії від вибуху ВР, що передалась на броньову капсулу. По-друге, виконання днища в зоні двигуна (передній частині БТР) не з броньової сталі. Це дозволить зменшити значення прискорень корпусу при підриві заряду ВР у носовій частині. По-третє, результати проведених числових експериментів показали, що в деякому діапазоні відстаней між пластинами подвійного днища, які для кожної конструкції різні, при умові динамічного контакту пластин подвійного днища величина імпульсу прискорення на тильній стороні верхньої пластини зростає. Тому для її зменшення доцільно використовувати між пластинами енергопоглинаючі елементи.

Список літератури: 1. The Changing Face of War: Into the Fourth Generation. / William S. Lind, Keith Nightengale, John F. Schmitt, Joseph W. Sutton, Gary I. Wilson // Marine Corps Gazette. – October, 1989. – P. 22-26. 2. Arquilla J. The new rules of war / J. Arquilla // Foreign Policy. – 2010. – №2. – P.4-11. 3. Соловьев В.П. Состояние и перспективы обеспечения защищенности гусеничных и колесных бронированных машин. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://btvt.narod.ru/1/protection.htm>. 4. Шеремет И. Компьютеризация как путь к победе в вооруженной борьбе. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nvo.ng.ru/concepts/2005-11-11/4_computers.html. 5. DARPA GXV-T. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_GXV-T. 6. Купріненко О.М. Обгрунтування концепцій перспективних типів бойових броньованих машин / О.М. Купріненко // Зб. наук. пр. ЦНДІ ОБТ ЗС України. – 2013. – №4(51). – С.5-16. 7. Чобиток В. В. Семейство "крабовых". – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://armor.kiev.ua/Tanks/Modern/crab/crab.php>. 8. Купріненко О.М. Обгрунтування пропозицій щодо забезпечення рівня захисту легкої бойової колісної машини / Купріненко О.М., Лапицький С.В., Голуб В.А., Бісик С.П. // Зб. наук. пр. ЦНДІ ОБТ ЗС України. – 2014. – №4(55). – С.84-93. 9. Protection levels for occupants of logistic and light armoured vehicle: STANAG 4569 Land (Edition 1). NATO/PFP Unclassified, 2004. – 10 p. 10. LS-DYNA Theory Manual. – Livermore: LSTC, 2006. – 680 c. 11. CONWEP: Conventional weapons effects program / [Prepared by D.W. Hyde]. – Vicksburg: ERDC, 1991. – 63 c. 12. External blast load on structures – Empirical approach [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dynalook.com/>. 13. Randers-Pehrson G. Airblast loading model for DYNA 2D and DYNA 3D / G. Randers-Pehrson, K. A. Bannister. – Army Research Laboratory, 1997. – 97c. 14. Дослідження навантаження вибухом макетів днищ бойових машин / К.Б. Круковський-Сіневич, І.Б.Чепков, С.П.Бісик [та інш. //Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ "ХПІ", 2012. – №2. – С. 110-118.

Bibliography (transliterated): 1. The Changing Face of War: Into the Fourth Generation. / William S. Lind, Keith Nightengale, John F. Schmitt, Joseph W. Sutton, Gary I. Wilson. // Marine Corps Gazette. – October, 1989. – P. 22-26. 2. Arquilla J. The new rules of war / J. Arquilla // Foreign Policy. – 2010. – No 2. – P.4-11. 3. Solov'ev V.P. Sostoyaniye y perspektivy obespecheniya zashchyschennosti husenychnykh y kolesnykh bronirovannykh mashyn. – [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <http://btvt.narod.ru/1/protection.htm>. 4. Sheremet Y. Komp'yuteryzatsiya kak put' k po-bede v vooruzhennoy bor'be. – [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: http://nvo.ng.ru/concepts/2005-11-11/4_computers.html. 5. DARPA GXV-T. – [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_GXV-T. 6. Kuprinenko O.M. Obgruntuvannya kontseptsiy perspektivnykh tytip boyovykh bron'ovanykh mashyn / O.M. Kuprinenko // Zb. nauk. prats' TsNDI OVT ZS Ukrainy. – 2013. – No 4(51). – P.5-16. 7. Chobytok V.V. Semyystvo "krabovykh". – [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <http://armor.kiev.ua/Tanks/Modern/crab/crab.php>. 8. Kuprinenko O.M. Obgruntuvannya propozyziy shchodo zabezpechennya rivnya zakhystu lehkoyi boyovoyi kolisnoyi mashyny / Kuprinenko O.M., Lapyts'kyi S.V., Holub V.A., Bisyk S.P. // Zbimyk naukovykh prats' TsNDI OVT ZS Ukrainy. – 2014. – No 4(55). – P.84-93. 9. Protection levels for occupants of logistic and light armoured vehicle: STANAG 4569 Land (Edition 1). NATO/PFP Unclassified, 2004. – 10 p. 10. LS-DYNA Theory Manual. – Livermore: LSTC, 2006. – 680 p. 11. CONWEP: Conventional weapons effects program / [Prepared by D.W. Hyde]. – Vicksburg: ERDC, 1991. – 63 p.

63 p. 12. External blast load on structures – Empirical approach [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.dynalook.com/>. 13. Randers-Pehrson G. Airblast loading model for DYNA 2D and DYNA 3D / G. Randers-Pehrson, K. A. Bannister. – Army Research Laboratory, 1997. – 97 p. 14. Doslidzhennya navantazhennya vybukhom maketiv dnyshch boyovykh mashyn / [K.B. Krukovskyy-Sinevych, I.B.Chepkov, S.P.Bisyk, L.O. Volhin, V.A.Holub, O.Yu. Larin] – Mekhanika ta mashynobuduvannya. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2012. – No 2. – P. 110-118.

Надійшло (received) 05.03.2015