

УДК 623.486

С. П. БІСИК, кандидат технічних наук
І. Б. ЧЕПКОВ, доктор технічних наук
М. І. ВАСЬКІВСЬКИЙ, доктор технічних наук
Л. С. ДАВИДОВСЬКИЙ,
В. Г. КОРБАЧ, кандидат технічних наук
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)
О. М. ВИСОЦЬКИЙ, кандидат фізико-математичних наук
Д. М. ЗАХАРЕВИЧ,
(ПрАТ «Науково-виробниче об'єднання «Практика», м. Київ)

Теоретична оцінка протимінної стійкості багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2»

Надані результати дослідження протимінної стійкості багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2» з використанням методів числового моделювання. За результатами проведених досліджень сформовані рекомендації щодо підвищення рівня протимінної стійкості автомобіля.

Представлены результаты исследования противоминной стойкости многоцелевого тактического автомобиля «Козак-2» с применением методов численного моделирования. По результатам проведенных исследований сформированы рекомендации по повышению уровня противоминной стойкости автомобиля.

Проведення антитерористичної операції (АТО) у Донецькій та Луганській областях визначило протиріччя між існуючим та необхідним рівнем захищеності бойових броньованих машини (ББМ). На сьогоднішній день терористи розпочали застосовувати тактику диверсійних груп, в основі якої лежить широке застосування способів ведення мінної війни, що останнім часом набуває все більш жорсткого характеру та призводить до значних втрат особового складу та техніки [1, 2].

Крім того, мінна війна має значний деморалізуючий ефект на особовий склад підрозділів ЗС України, зважаючи на недостатній рівень захищеності від дії вибуху. Таким чином, виникає гостра проблема з оперативного підвищення протимінної стійкості вітчизняних зразків ББМ.

Відомо, що першим кроком у боротьбі з протитанковими мінами та саморобними вибуховими пристроями (далі – мінно-вибуховими пристроями (МВП)) є проведення інженерної розвідки та активна протидія їм (подавлення, знешкодження та ін.). Однак всі ці заходи не виключають підрив ББМ на МВП. Тому необхідно забезпечення відповідного рівня пасивного протимінного захисту ББМ.

Проведені експертні опитування показують, що головними загрозами для ББМ є можливість підриву їх на МВП та ураження гранатами РПГ (рис. 1) [3]. Як наслідок, з визначених експертами вимоги до ББМ на перспективу до 2023 р., першим і критичним є формування та виконання вимог зі стійкості до уражаючих факторів підриву МВП (рис. 2).

Аналіз досвіду застосування ББМ у АТО, ще раз підтверджує, що забезпечення захисту екіпажу та десанту ББМ від уражаючих факторів підриву МВП є одним з головних питань, що потребують оперативного вирішення.

Досягнення необхідного захисту екіпажу та десанту ББМ від дії вибуху МВП можливе за рахунок застосування різних конструктивних рішень, основні з яких розглянуті в роботі [4]. Прикладом комплексної реалізації різних конструктивних рішень, що дозволяють значно підвищити виживання особового складу при підривах на МВП та обстрілі із стрілецької зброї, є відносно новий клас ББМ MRAP (англ. Mine Resistant Ambush Protected – «захищені від мін та засідок») [5]. Адекватною відповіддю на ведення терористами мінної війни в зоні АТО є забезпечення військ, що виконують завдання із забезпечення миру та порядку на території Донецької та Луганської областей, ББМ подібного класу.

Однією з машин вітчизняного виробництва, що можна віднести до класу MRAP є багатоцільовий тактичний автомобіль (БТА) «Козак-2» (рис. 3). Попередня (теоретична) оцінка рівня протимінної стійкості якого є важливим кроком до прийняття рішення щодо можливості проведення повноцінних натурних випробувань дії вибуху на конструкцію зразка.

Метою статті є розрахункова (теоретична) оцінка стійкості конструкції багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2» до дії фугасного вибухового навантаження з відповідною точністю, виявлення слабких елементів конструкції та надання пропозицій щодо її зміцнення.

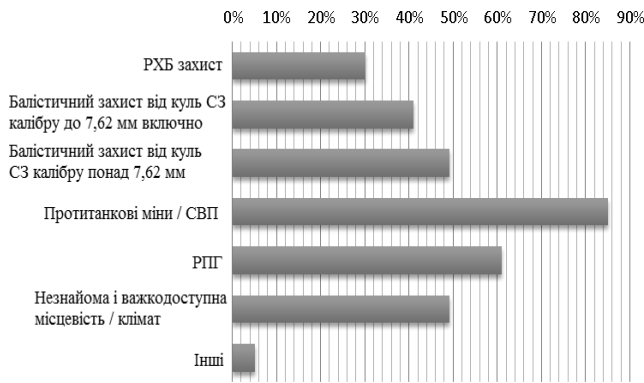


Рис. 1. Загрози для БТР, що визначені експертним опитуванням



Рис. 3. Загальний вигляд багатозадачного тактичного автомобіля «Козак-2»

Рівні протимінного захисту БТР визначено в поєдженні зі стандартизацією НАТО STANAG 4569 [6]. Для оцінки рівня загроз проведений аналіз протитанкових мін (рис. 4). Кількість розглянутих зразків складає 231 [7, 8]. За результатами проведеного розподілу можливо зробити такі висновки:

- БТР уражатимуться з більшою імовірністю мінами фугасної дії в порівнянні з іншими типами протитанкових мін (ПТМ);
- активна система протимінного захисту не виключає імовірності підризу БТР, оскільки 74 % мін обладнанні контактним датчиком цілі.

Результати проведеного аналізу вибраної кількості протитанкових мін за розподілом маси вибухової речовини показано на рис. 5. Сформовані групи кластерів за найбільшим значенням у групі (рис. 5, б) дозволяють зробити висновок, що пріоритетним є захист від протитанкових мін з масою вибухової речовини 8 кг у тритонному еквіваленті.

Ефективним інструментом вирішення проблеми підвищення протимінного захисту БТР є поєднання математичного моделювання із натурними випробуваннями моделей (макетів) корпусів БТР та елементів системи комплексного протимінного захисту.

Для проведення оцінки протимінної стійкості БТР «Козак-2» використана математична модель, апробація якої наведена в роботах [9-11].

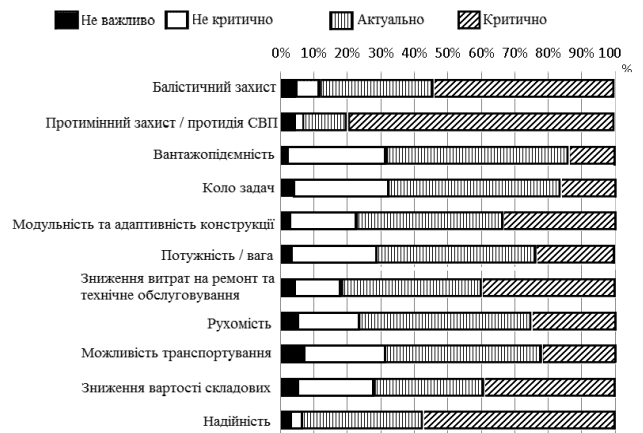


Рис. 2. Основні вимоги до БТР та актуальність їх виконання в конструкції БТР за думкою експертів до 2023 року

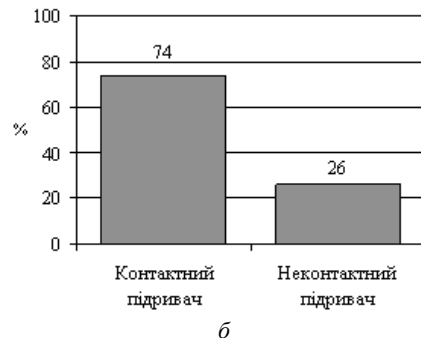
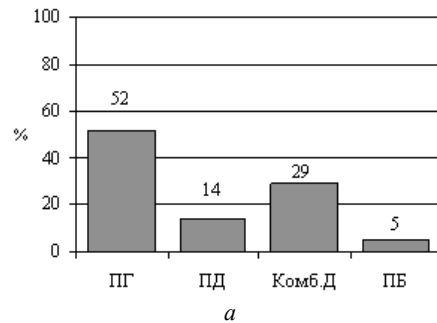


Рис. 4. Аналіз розподілу протитанкових мін: а – за способом завдання збитку, б – за типом датчика цілі, що використовується, в – за уражаючим фактором, яким визначається основна дія; ПГ – протигусенична, ПД – протиднищева, Комб.Д – комбінованої дії, ПБ – протибортова

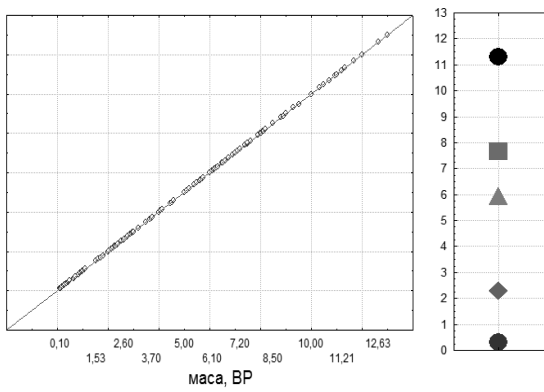


Рис. 5. Розподіл ПТМ за масою ВР у тритиловому еквіваленті:
а – загальний розподіл;

б – групи кластерів за найбільшим значенням у групі

Основні тактико-технічні характеристики зразка наведені в таблиці.

Основні ТТХ БТА «Козак-2»

Найменування	Основні параметри
Екіпаж	10 осіб
Захист	Рівень балістичного захисту ПЗСА-V (за ДСТУ-3975)
Озброєння	Башта з НСВ або НСВТ
Колісна формула	4×4
Повна маса, кг	15 000
Довжина, мм	7155
Ширина, мм	2550
Висота, мм	2760
Висота з баштою, мм	3370
Кліренс, мм	392
Колеса	395/85 R20

При проведенні досліджень на основі геометричної тривимірної поверхневої моделі конструкції БТА «Козак-2» (рис. 6) створена скінченно-елементна модель (рис. 7).

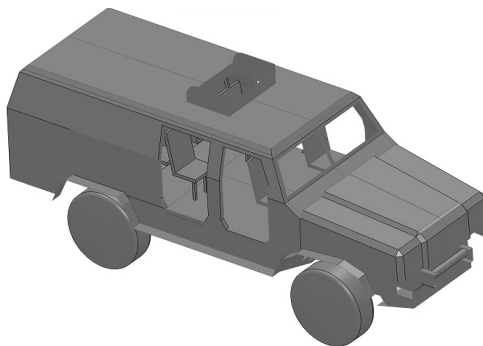


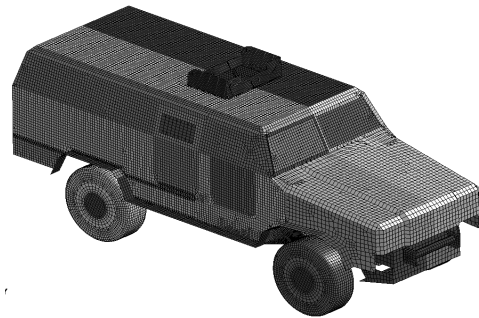
Рис. 6. Геометрична модель корпусу БТА «Козак-2»

Скінченно-елементна модель (СЕ-модель) утворена оболонковими елементами. Для зменшення машинного часу обчислення деталі конструкції, що зазнають значних пружно-пластичних деформацій, поділені на скінченні елементи менших розмірів.

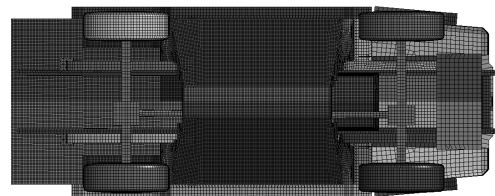
Характеристики СЕ-моделі конструкції зразка:

- кількість деталей корпусу – 157 шт.;
 - кількість вузлів – близько 141000;
 - кількість оболонкових елементів – близько 17000;
 - кількість об'ємних елементів – близько 140000;
- загальна маса конструкції зразка – 15 500 кг.

При проведенні математичного моделювання прийнято спрощення (порівняно з натурним зразком) елементів ходової частини, силової установки, трансмісії та башти, що задавались з низьким ступенем деталізації (збережені основні габаритні розміри та масові характеристики).



а



б

Рис. 7. СЕ-модель зразка:
а – загальний вигляд; б – вигляд знизу

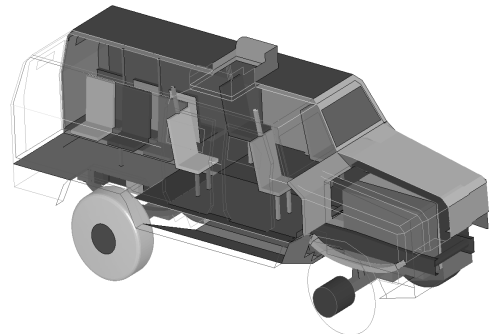
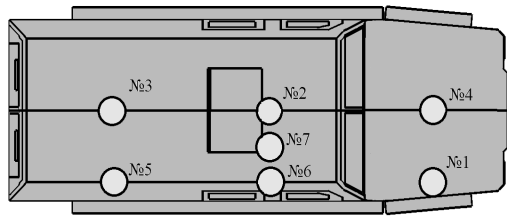
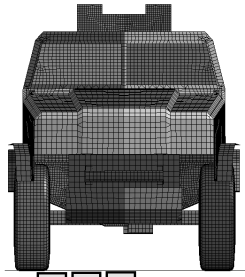


Рис. 8. Внутрішні елементи зразка

При проведенні розрахунків прийнято, що заряд ВР (тринітротолуол) установлений на жорсткій поверхні. Маса заряду ВР 6 кг. Заряд розташовувався під носовою частиною днища (точка № 4), центром (точка № 2) та кормовою частиною (точка № 3) зразка (рис. 9). У всіх випадках положення заряду змішувалось відносно осі симетрії в сторону для моделювання підриву заряду ВР під внутрішнім краєм колеса (точки № 1 та № 5) (оцінка рівня 1–4а відповідно до [4]). Крім того, додатково оцінено стійкість конструкції при підриві заряду, що відповідає положенню, зміщеному до положення внутрішнього краю колеса під центром зразка (точка № 6) та 1/2 цієї відстані (точка № 7).



a



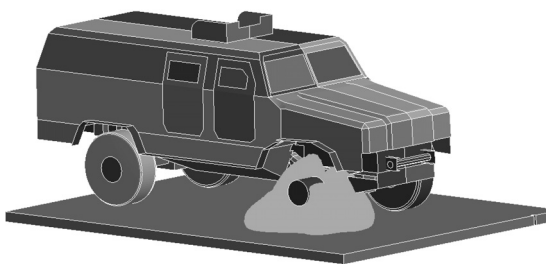
б

Рис. 9. Місця розміщення заряду ВР під зразком при проведенні моделювання:
a – вигляд зверху; *б* – вигляд спереду; № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – місця розміщення заряду ВР при проведенні моделювання

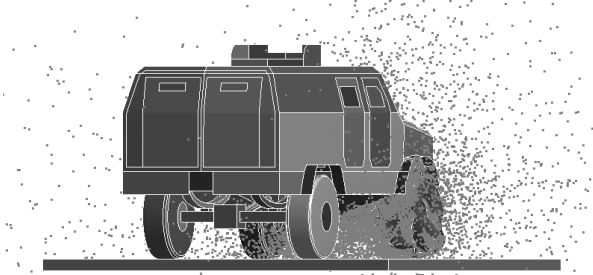
При проведенні досліджень параметрами, що оцінювались, були прогини у контрольних точках на підлозі відділення екіпажу, швидкість та прискорення подушок сидінь членів екіпажу.

Вибухове навантаження на зразок при проведенні дослідження задане із використанням методу, викладеному в роботі [9], методів ALE (англ. Arbitrary Lagrangian Eulerian Method) та SPH (англ. Smoothed Particle Hydrodynamics) (рис. 10).

Отримані результати моделювання для розміщення заряду ВР у точці № 1 наведенні на рис. 10–13.



a



б

Рис. 10. Результати моделювання із застосуванням методу ALE (*a*) та методу SPH (*б*)

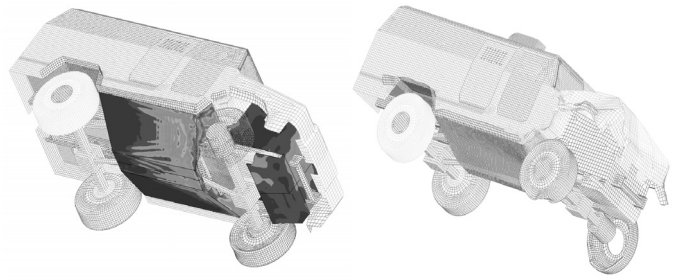
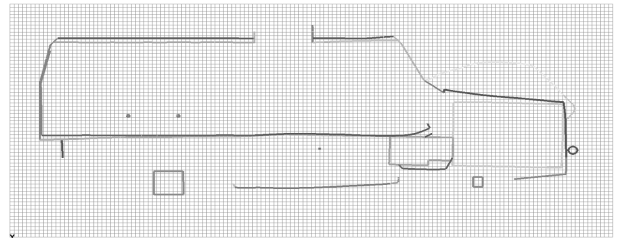
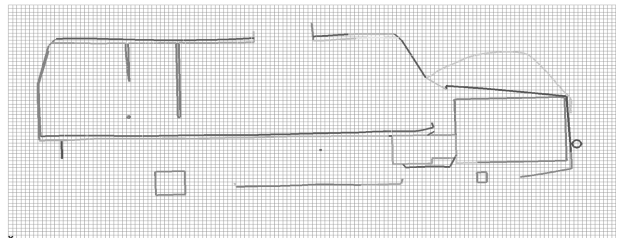


Рис. 11. Результати математичного моделювання підриву БТА «Козак-2», отримані при розміщенні заряду в точці № 1 (маса ВР 6 кг)

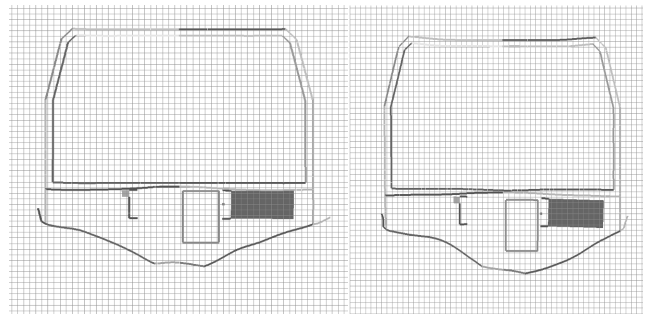


$t = 0,0012 \text{ c}$



$t = 0,045 \text{ c}$

Рис. 12. Епюра величини переміщень, що виникають вздовж поздовжньої осі зразка при підриві заряду ВР (6 кг) у точці № 1 (крок сітки 50 мм)



$t = 0,0044 \text{ c}$

$t = 0,017 \text{ c}$

Рис. 13. Епюра величини переміщень, що виникають вздовж поперечної осі зразка при підриві заряду ВР (6 кг) у точці № 1 (крок сітки 50 мм)

Результати математичного моделювання, отримані при розміщенні заряду в точці № 2 (маса ВР 6 кг), показані на рис. 14–16.

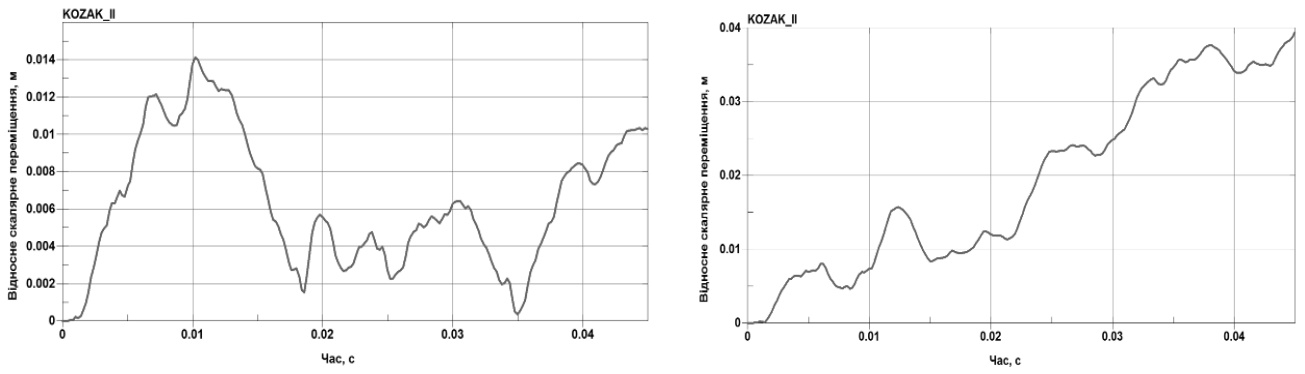


Рис. 14. Характерні значення прогинів у деяких контрольних точках

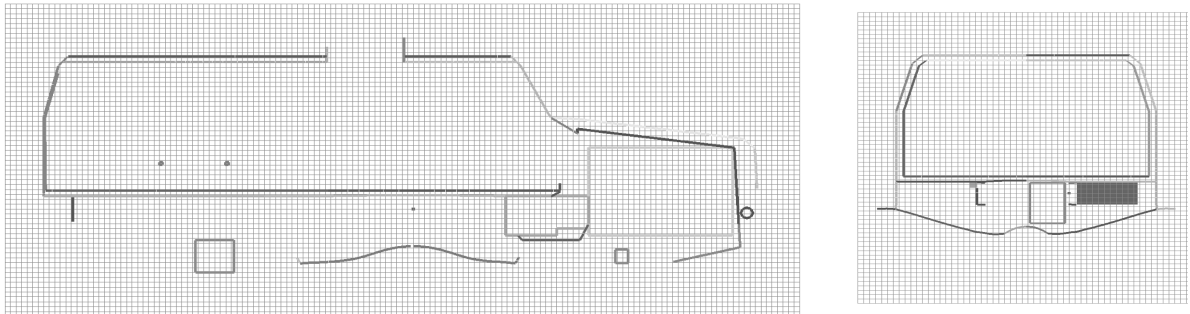


Рис. 15. Епюра величини переміщень, що виникають вздовж поздовжньої та поперечної осей зразка при підриві заряду ВР (6 кг) у точці №2 (крок сітки 50 мм)

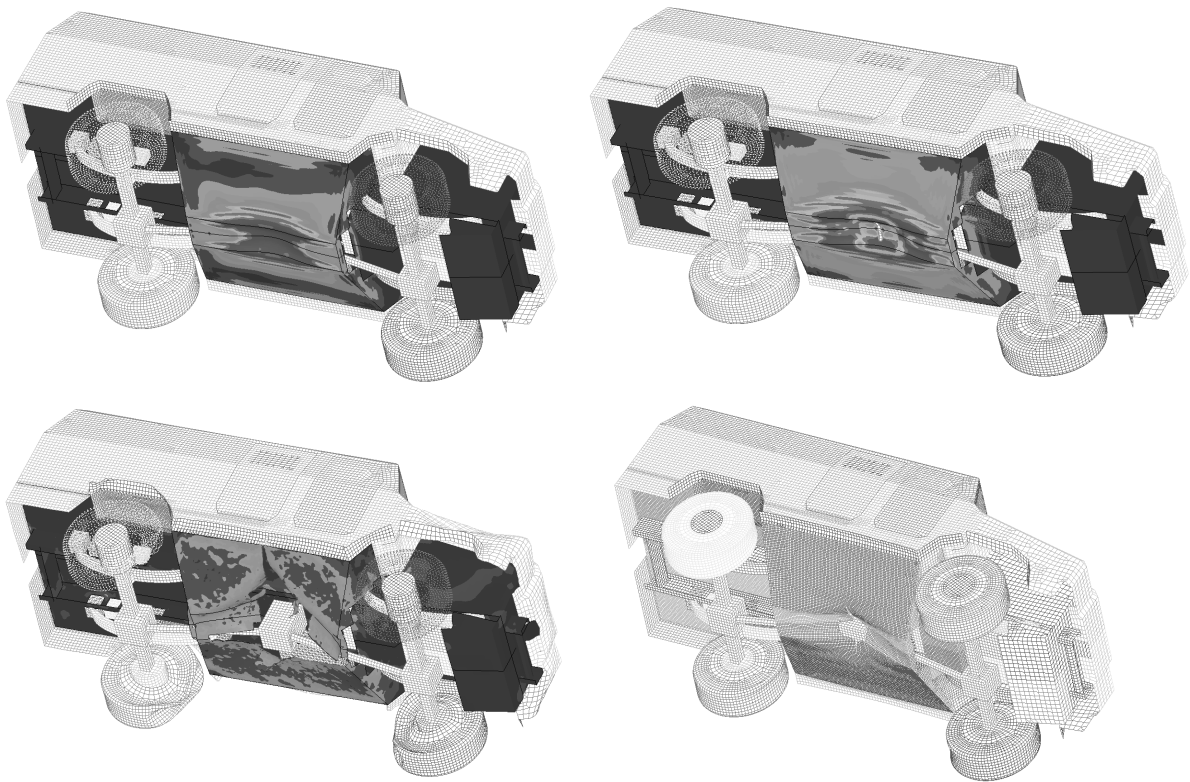


Рис. 16. Результати математичного моделювання підриву БТА «Козак-2», отримані при розміщенні заряду в точці № 2 (маса ВР 6 кг)

Висновки

1. У результаті проведених досліджень отримані значення прогинів у контрольних точках, швидкості та прискорень сидінь екіпажу та десанту багатоцільового тактичного автомобіля «Козак-2».

2. За результатами проведеного математичного моделювання, з урахуванням обмежень математичної моделі та скінченно-елементної моделі порівняно із натурним зразком, виявлені особливості зміни напружено-деформованого стану його конструкції та вжиті заходи щодо покращення протимінної стійкості зразка за рахунок незначних змін конструкції.

3. За результатами проведених досліджень встановлено, що зразок має запас міцності до дії вибухового навантаження. Необхідно провести роботу щодо можливості підвищення рівня протимінної стійкості до підриву вибухової речовини масою 8–10 кг у тротиловому еквіваленті. Підвищення рівня протимінного захисну можливо забезпечити встановленням в конструкції сидінь зразка підставок для ніг для уникнення контакту ніг членів екіпажу та десанту із внутрішньою підлогою броньової капсули і, як наслідок, зменшення імовірності травмування ніг членів екіпажу та десанту внаслідок вібрування підлоги капсули та встановленням в конструкції сидіння енергопоглинаючих елементів для зменшення дії перевантажень на організм людини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Внаслідок підриву військового автомобіля на міні загинули 7 українських військових [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mil.gov.ua>.
2. Військові ЗС України та Національної гвардії на трасі неподалік Ізюма виявили та знешкодили закладений терористами саморобний вибуховий пристрій загальною потужністю 6–7 кг у тротиловому еквіваленті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mil.gov.ua/>.
3. Summary of global armoured vehicle market report 2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.defenceiq.com/armoured-vehicles/articles/summary-of-global-armoured-vehicle-market-report-2>.
4. Бісик, С. П. Аналіз пріоритетних напрямів вдосконалення протимінного захисту бойових броньованих машин [Текст] / Бісик С. П. // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. – Вип. 19(41). – К.: ЦНДІ ОБТ ЗСУ, 2011. – С. 77–81.
5. Guardia M. US Army and Marine Corps MRAPs. Mine Resistant Ambush Protected Vehicles [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ospreypublishing.com.
6. STANAG 4569 edition 1. Protection levels for occupants of logistic and light armored vehicles, NSA/0533-LAND/4569.
7. Противотанковые мины [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.saper.etel.ru/>.
8. Основні типи мін, їх тактико-технічні характеристики та застосування в збройних (локальних) конфліктах [Текст] / Ю. І. Радковець [та ін.] // Інформаційно-тематичне зведення / Головне управління розвідки. – 2001. – № 2 (8). – 106 с.
9. Бісик, С. П. Числове вирішення задачі ударно-хвильового навантаження пластини [Текст] / С. П. Бісик, В. А. Голуб, В. Г. Корбач // Військово-технічний збірник / Академія Сухопутних військ. – Вип. 2 (5). – Львів : АСВ, 2011. – С. 3–6.
10. Бісик, С. П. Дослідження вибухового навантаження V-подібної моделі днища бойової машини [Текст] / С. П. Бісик, І. Б. Чепков, В. А. Голуб, О. Ю. Ларін // Збірник наук. праць / ЦНДІ ОБТ ЗСУ. – Вип. 1 (22). – К. : ЦНДІ ОБТ, 2012. – С. 232–240.
11. Дослідження навантаження вибухом макетів днищ бойових машин [Текст] / С. П. Бісик, К. Б. Круковський-Сіневич, І. Б. Чепков [та ін.] // Механіка та машинобудування : наук.-техн. журн. / НТУ «ХПІ». – 2012. – № 2. – С. 110–118.

Рецензент А. В. Гурнович, д-р техн. наук, старший наук. співробітник, Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ