

УДК 623.438 (001.57)

Дашков Д.Л., Мушинский Ю.М., Толстолуцкий В.А., Афонский П.В., Федоренко Е.В.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ЛБТ К МИННОМУ ПОДРЫВУ

Анализ локальных конфликтов показывает, что наибольшее число боевых повреждений легкой бронированной техники (ЛБТ) приходится на подрывы на минах (57 % от всех поражений). Поэтому, на сегодняшний день к ЛБТ предъявляются требования обеспечения защиты от мин с тротильным эквивалентом (ТЭ) – 6...10 кг. Раньше также требования предъявлялись только к противоминной стойкости танков [1,2]. В данных ситуациях наиважнейшей задачей является защита экипажа машины от поражающих факторов взрыва. Поэтому еще на этапе проектирования ЛБТ является крайне важным заложить комплекс адекватных защитных мер, которые позволят сохранить целостность корпуса и защитят экипаж от воздействия энергии взрыва.

Решить эту задачу на этапе проектирования новой машины или при выборе метода направленного на модернизацию существующей конструкции возможно теоретическим изучением ударно-волнового нагружения сложных конструкций, поскольку применение более достоверного экспериментального метода на этом этапе практически невозможно. Одним из таких теоретических методов является численное моделирование сложных механических процессов с применением метода конечных элементов. Данный метод позволяет в сжатые сроки и с наименьшими затратами решать задачи оптимизации этих конструкций с применением натурального эксперимента в качестве проверочного [2].

В данной работе проводится исследование возможности увеличения стойкости корпуса ЛБТ при воздействии на него взрывной волны, вызванной минным подрывом. Основным элементом боевой машины, который воспринимает основную часть взрывного воздействия от подрыва мины, является днище. Для исследования влияния геометрических параметров днища на его напряженно-деформированное состояние при подрыве заряда было рассмотрено несколько вариантов исполнения днища ЛБТ:

Вариант 1 – толщина листа днища 6 мм.

Вариант 2 - толщина листа днища 8 мм.

Вариант 3 – двойное днище (толщина каждого листа 4 мм, зазор между листами 50 мм).

Во время исследования оценивалась возможность уменьшения напряженно-деформированного состояния днища боевой машины, а также уменьшение уровня вертикальных ускорений как корпуса так и отдельных его узлов.

Для расчета использовалась конечно-элементная модель боевой машины, приведенная на рисунке 1.

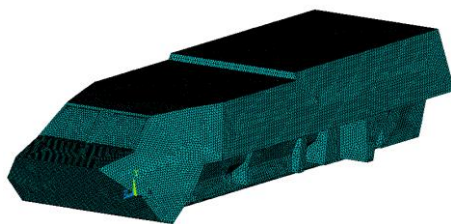


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель боевой машины

На рисунке 2 приведены модели боевой машины, с учетом использования различных вариантов днища.

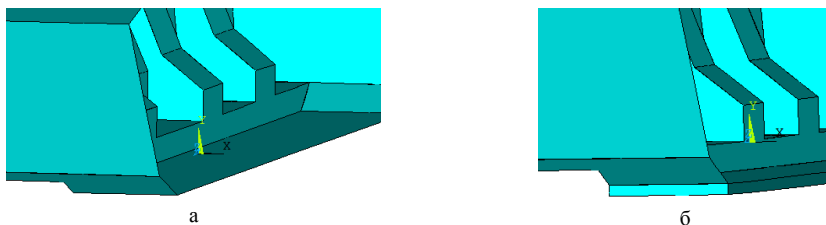


Рисунок 1 – Модели боевой машины с различными вариантами днища

(вид – разрез в продольной плоскости; а – модель с монолитным днищем, б – модель с двойным днищем)

Масса взрывчатого вещества принималась равной 6 кг в тротильном эквиваленте (ТЭ). Расстояние от нижней, крайней точки днища до центра заряда принималось равным 400 мм. Глубина залегания мины

принималась равной 60 мм. Толщина стенок корпуса была принята 10 мм. Расстояние между листами, при использовании двойного днища, равно 50 мм.

Массы отдельных узлов и агрегатов, в том числе экипажа оказывают незначительное влияние на напряженно-деформированное состояние днища при минном подрыве ввиду скоротечности данного процесса. Поэтому в процессе анализа вариантов исполнения днища эти массы не учитывались.

При моделировании корпуса в качестве основного материала использовалась сталь марки 20Х2Н4А со свойствами:  $\sigma_T = 11000 \text{ кг/см}^2$ ,  $\sigma_B = 13000 \text{ кг/см}^2$ ,  $\rho = 0,00785 \text{ кг/см}^3$ ,  $E = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$ ,  $\mu = 0,3$ .

Контрольные замеры, для которых поведилась оценка прочности, проводились в следующих точках:

1. Днище (центральная часть днища корпуса, место непосредственно находящееся над миной).
2. Корпус (область близкая к месту взрыва).
3. Область крепления кресла одного из членов экипажа (место наиболее близкое к месту взрыва).

Результаты числового моделирования действия взрывной волны на днище боевой колесной машины приведены на рисунках 3–7.

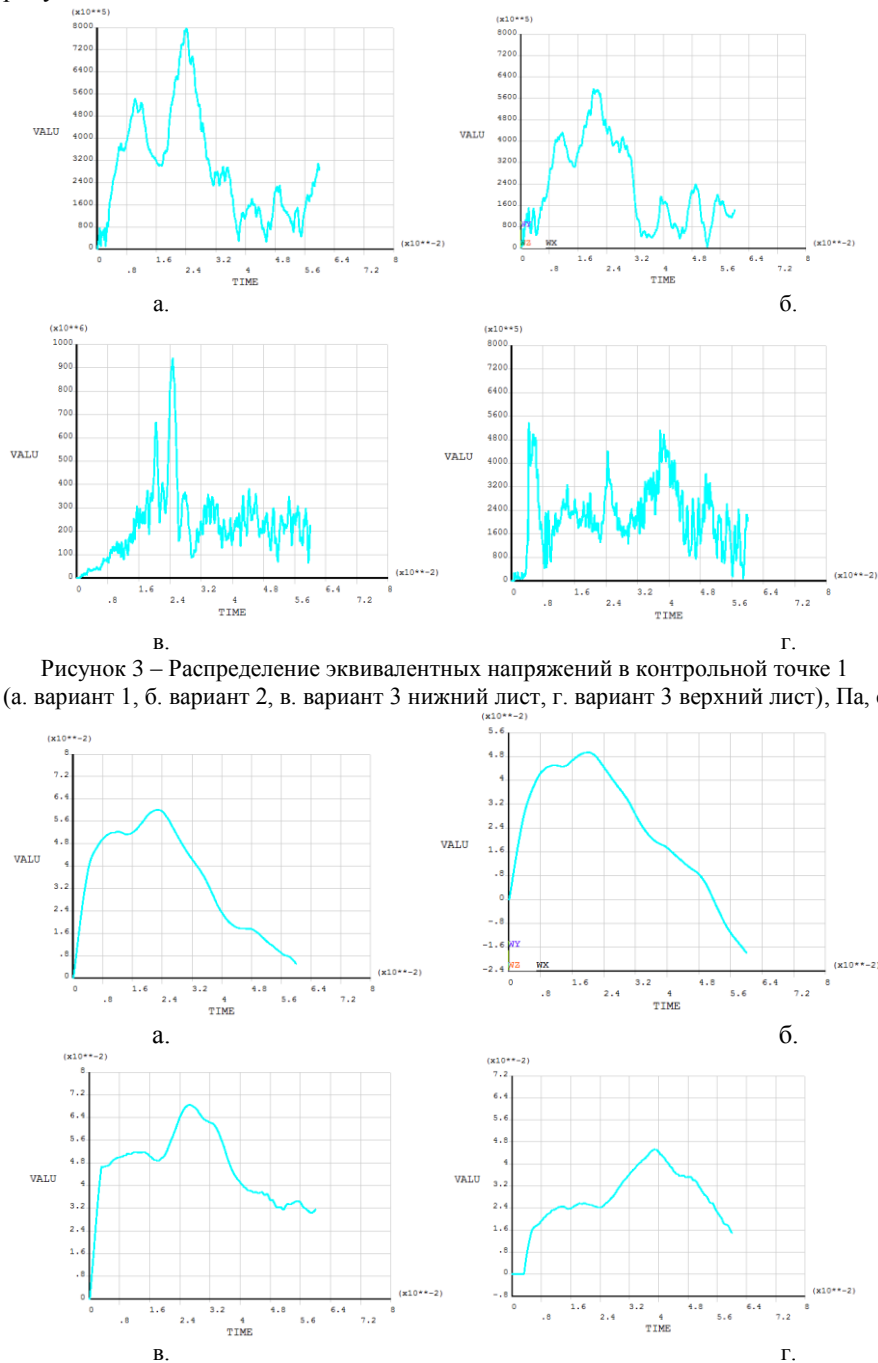


Рисунок 4 – Изменение прогибов в вертикальной плоскости в контрольной точке 1 (а. вариант 1, б. вариант 2, в. вариант 3 нижний лист, г. вариант 3 верхний лист), м, с

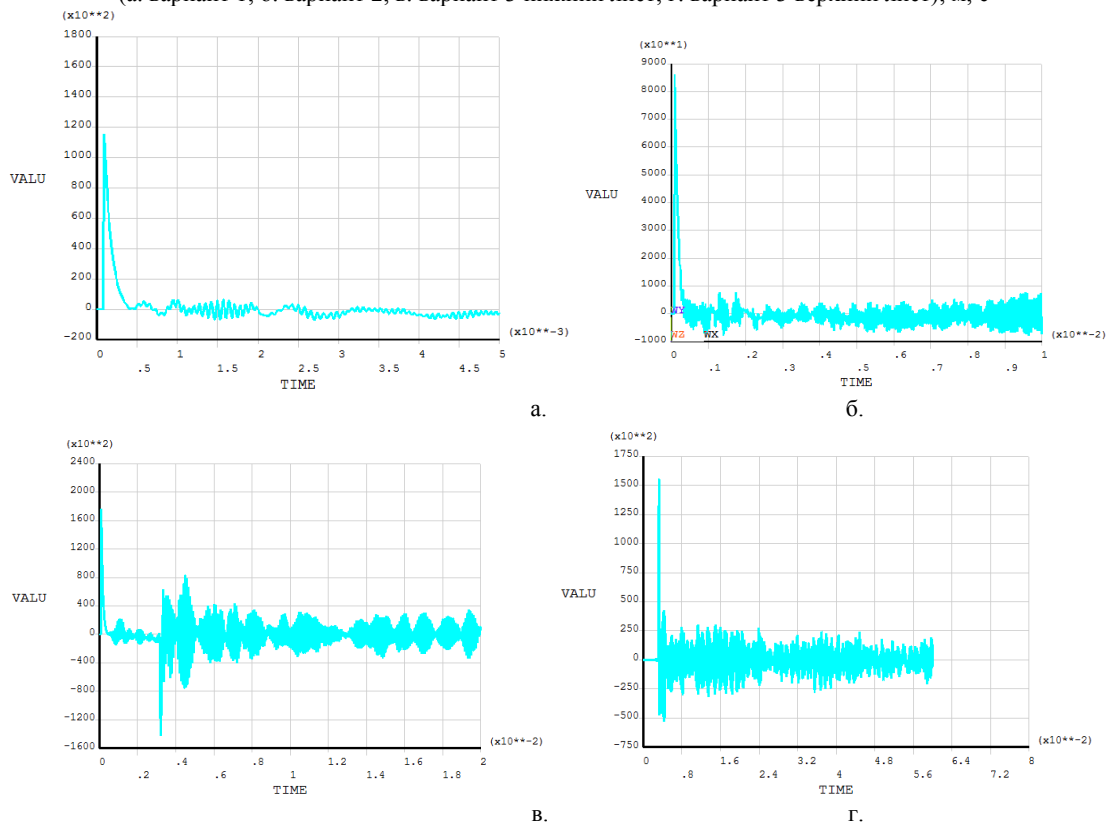


Рисунок 5 – Изменение ускорений в вертикальной плоскости, в контрольной точке 1 (а. вариант 1, б. вариант 2, в. вариант 3 нижний лист, г. вариант 3 верхний лист), м/с<sup>2</sup>, с

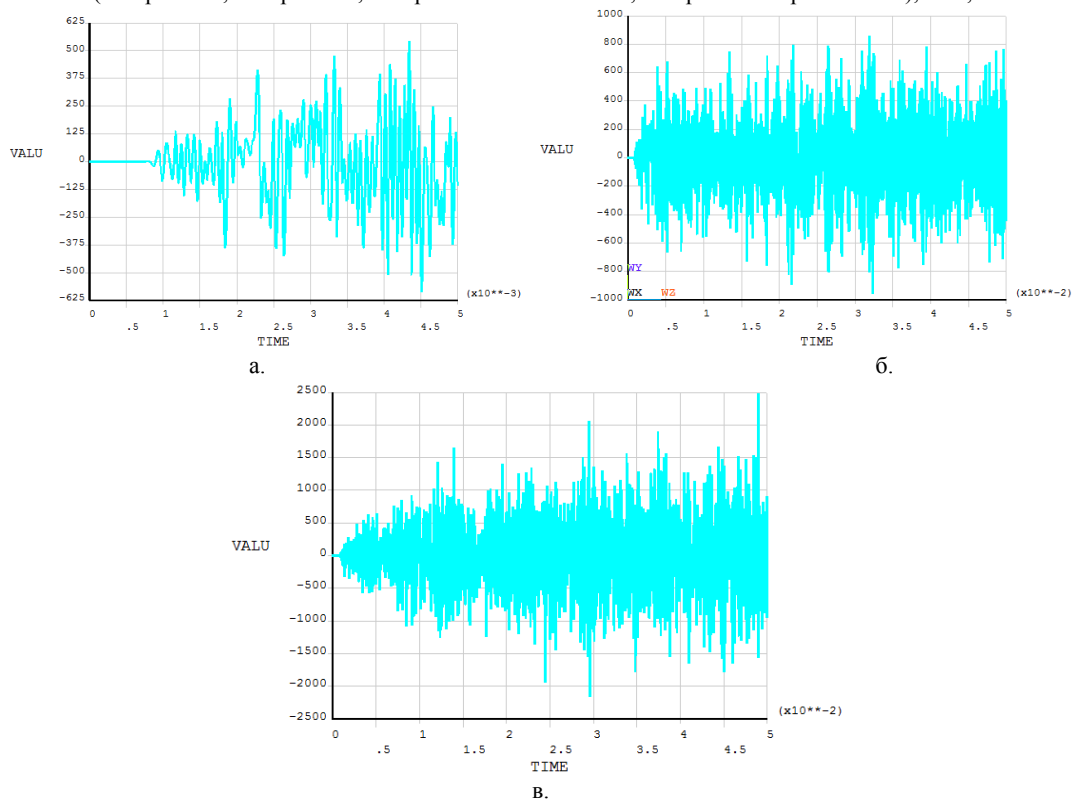


Рисунок 6 – Изменение ускорений в вертикальной плоскости в контрольной точке 2 (а. вариант 1, б. вариант 2, в. вариант 3), м/с<sup>2</sup>, с

Результаты, полученные в процессе расчета, в достаточной степени корреспондируются с результатами, представленными ЦНДИ (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України) приведенными в отчете [3].

Таблица 1 – Результаты расчета

		Варианты исполнения днища ЛБТ		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Контрольная точка 1	Эквивалентные напряжения, $\sigma$ кг/см <sup>2</sup>	8000	6000	5200*
	Прогиб, у м	0,06	0,05	0,046*
	Вертикальные ускорения, а м/с <sup>2</sup>	115000	87500	155000*
Контрольная точка 2	Вертикальные ускорения, а м/с <sup>2</sup>	540	850	2500
Контрольная точка 3	Вертикальные ускорения, а м/с <sup>2</sup>	1800	2000	3600

\* - данные приведены для верхнего листа днища.

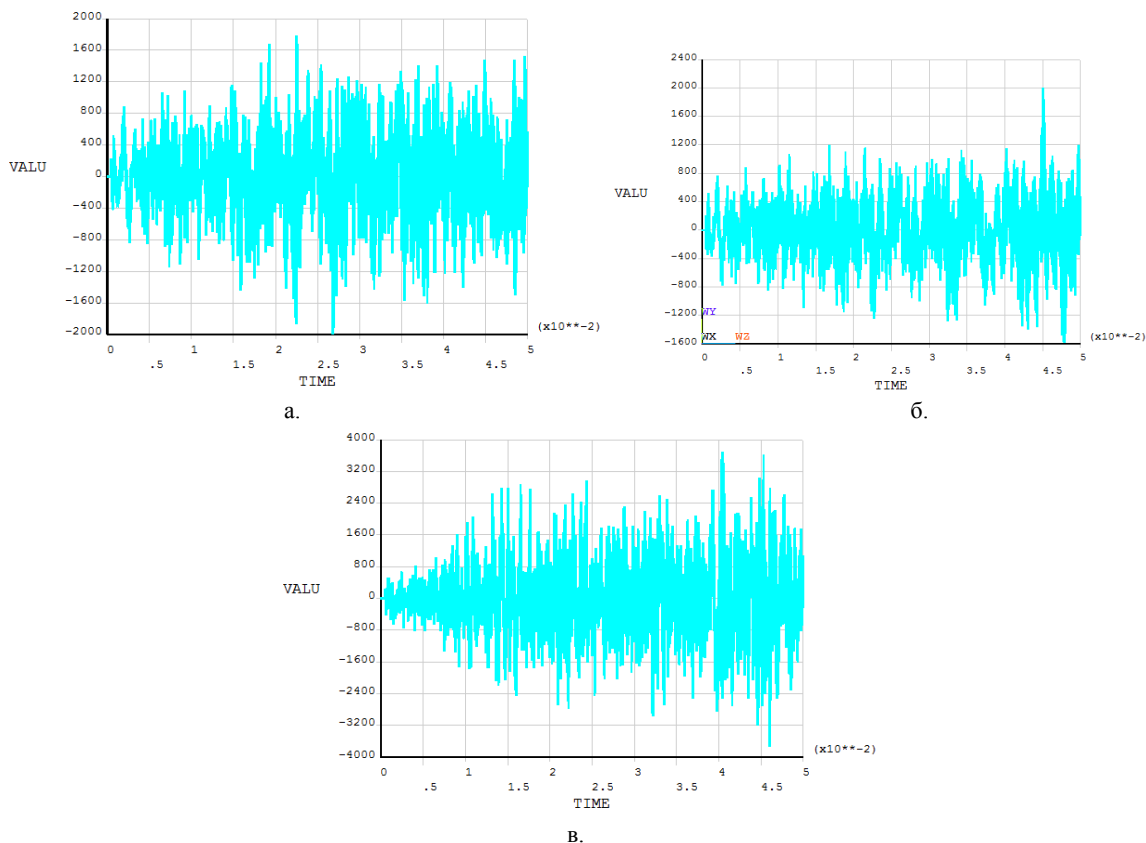


Рисунок 7 – Изменение ускорений в вертикальной плоскости в контрольной точке 3 (а. вариант 1, б. вариант 2, в. вариант 3), м/с<sup>2</sup>, с

### Выводы

В результате анализа были получены значения напряжений, прогибов и ускорений для наиболее нагруженных участков днища исследуемой модели ЛБТ.

Сравнение различных вариантов исполнения днища показало, что при незначительном увеличении толщины листа днища (с 6 мм до 8 мм), его стойкость к воздействию ударной волны существенно увеличивается. Применение многослойного бронирования днища ЛБТ приводит к незначительному

сниженню деформації верхнього листа, однак рівень напружень нижнього листа в цьому випадку прагне до межі текучості матеріалу. В разі застосування заряду більшої потужності таке поведіння нижнього листа призведе до його пластичного деформування або руйнування, що призведе до зниження стійкості ЛБТ при повторному підриві. Днище, виконане з однорідного броньового листа, позбавлено цього недоліку.

Застосування багатоварштового днища призвело до збільшення прискорень в контрольних точках, що може негативно сказатися на обладданні та екіпажі всередині машини. Таким чином, застосування однорідної броньової сталі при проектуванні днища військової машини є переважним по відношенню до багатоварштового виконання.

#### Література

1. Денисенко А.М. Методика оцінки захисної здатності системи активної противоміної захисту легких броньованих машин // Артилерійське і стрілецьке озброєння. Міжнародний науково-технічний збірник. – К.: НТЦ АСВ. – 2007. – Вип. №2. – С. 3–8.
2. Чепков І.Б. Численне моделювання ударно-хвильового навантаження днища транспортного засобу / Чепков І.Б., Бисік С.П., Корбач В.Г., Голуб В.А. // Механіка та машинобудування, 2011, № 1. С. 149–154.
3. Отчет о проведені теоретических досліджень “Оцінка напрямлення підвищення противоміної стійкості боєвих колесних машин”/ В.В. Твердохлебов, М.І. Васильовський, С.П. Бисік, В.А. Голуб, В.Г. Корбач.– Київ ЦНДІ ВВТ – 2013. – 36 с.

#### Bibliography (transliterated)

1. Denisenko A.M. Metodika otsenki zaschischayushey sposobnosti sistemy aktivnoy protivominnoy zaschity legkih bronirovannykh mashin. Artilleriyskoye i strelkovoye vooruzhenie. Mezhdunarodnyiy nauchno-tekhnicheskyy sbornik. – K.: NTTs ASV. – 2007. – Vyip. #2. – P. 3–8.
2. Chepkov I.B. Chislennoye modelirovaniye udarno-volnovogo nagruzheniya dnishcha transportnogo sredstva. Chepkov I.B., Bisyik S.P., Korbach V.G., Golub V.A. Mehanika ta mashinobuduvannya, 2011, # 1. P. 149–154.
3. Otchet o provedenii teoreticheskikh issledovaniy “Otsenka napravleniya povyisheniya protivominnoy stoykosti boevykh kolesnykh mashin”. V.V. Tverdohlebov, M.I. Vaskovskiy, S.P. Bisyik, V.A. Golub, V.G. Korbach.– Kiev TsNDI VVT – 2013. – 36 p.

УДК 623.438 (001.57)

Дашков Д.Л., Мушинский Ю.М., Толстолуцкий В.О., Афонский П.В., Федоренко С.В.

#### ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ЛБТ ДО МІННОГО ПІДРИВУ

Проведено порівняння різних варіантів виконання днища легкоброньованої техніки. Визначено вплив товщини днища і його конструкції на стійкість машини до впливу ударної хвилі при дистанційному підриві заряду під днищем ЛБТ. Показано, що застосування багат шарового днища призвело до збільшення прискорень в контрольних точках, тому однорідна броньована сталь при проектуванні днища військової машини є більш кращою по відношенню до багат шарового виконання.

Dashkov D.L., Mushinski, Y.M., Tolstolutsky V.A., Afonsky P.V., Fedorenko E.V.

#### STUDY OF THE POSSIBILITIES OF LAV RESISTANCE INCREASING TO MINE BLAST

Comparison of different variants of the bottom lightly armored vehicles was prepared. The influence of the vehicle bottom thickness and its structure were determined for case when shock waves of remote detonation effects the LAV bottom. It is shown that the multilayer bottom has led to an increase in acceleration at the test points. And so usage of monolithic armor for designing bottoms of war vehicles is more preferable than multilayered construction.