

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 тротиловым 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 натурного 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.

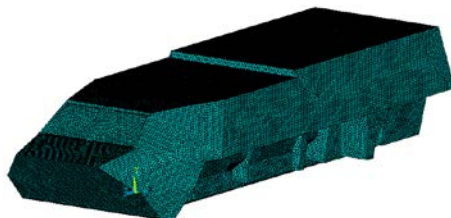


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель боевой машины

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 тротиловом 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.

Маси окремих вузлів і агрегатів, в тому числі екіпажа оказують незначительне впливання на напружено-деформоване станя дна при мінном подрыве ввиду скоротечности данного процесу. Поэтому в процесу аналізу варіантів виконання дна ці маси не учитывались.

При моделюванні корпусу в якості основного матеріалу використовувалась сталь марки 20X2H4A 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 дна 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.

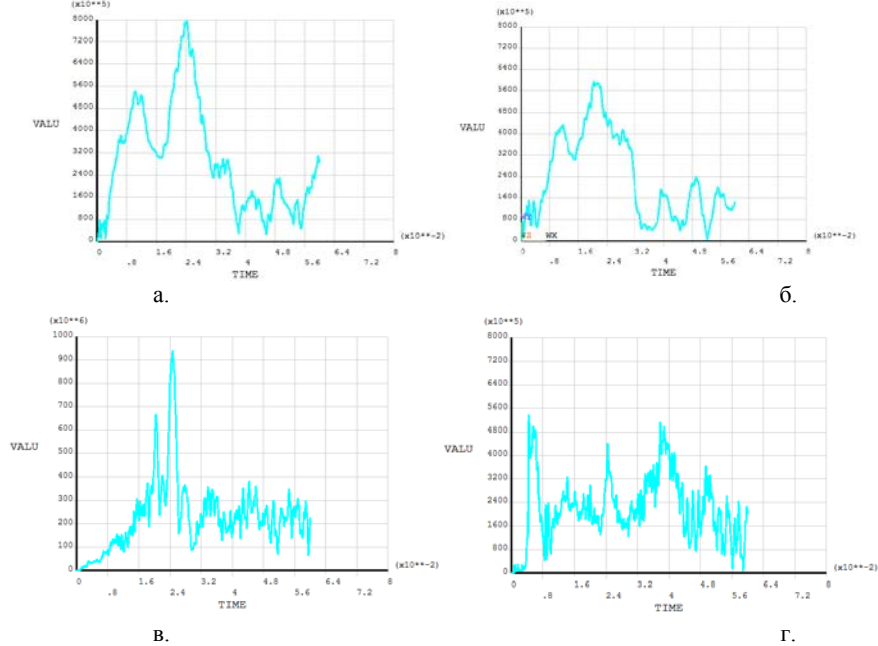


Рисунок 3 – Распределение эквивалентных напряжений в контрольной точке 1 (а. вариант 1, б. вариант 2, в. вариант 3 нижний лист, г. вариант 3 верхний лист), Па, с

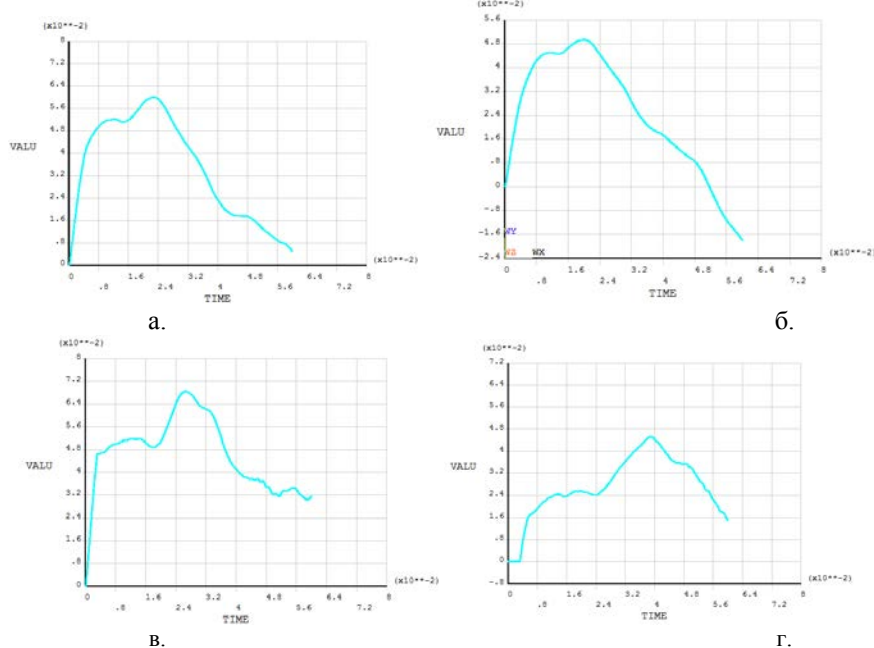


Рисунок 4 – Изменение прогибов в вертикальной плоскости в контрольной точке 1 (а. вариант 1, б. вариант 2, в. вариант 3 нижний лист, г. вариант 3 верхний лист), м, с

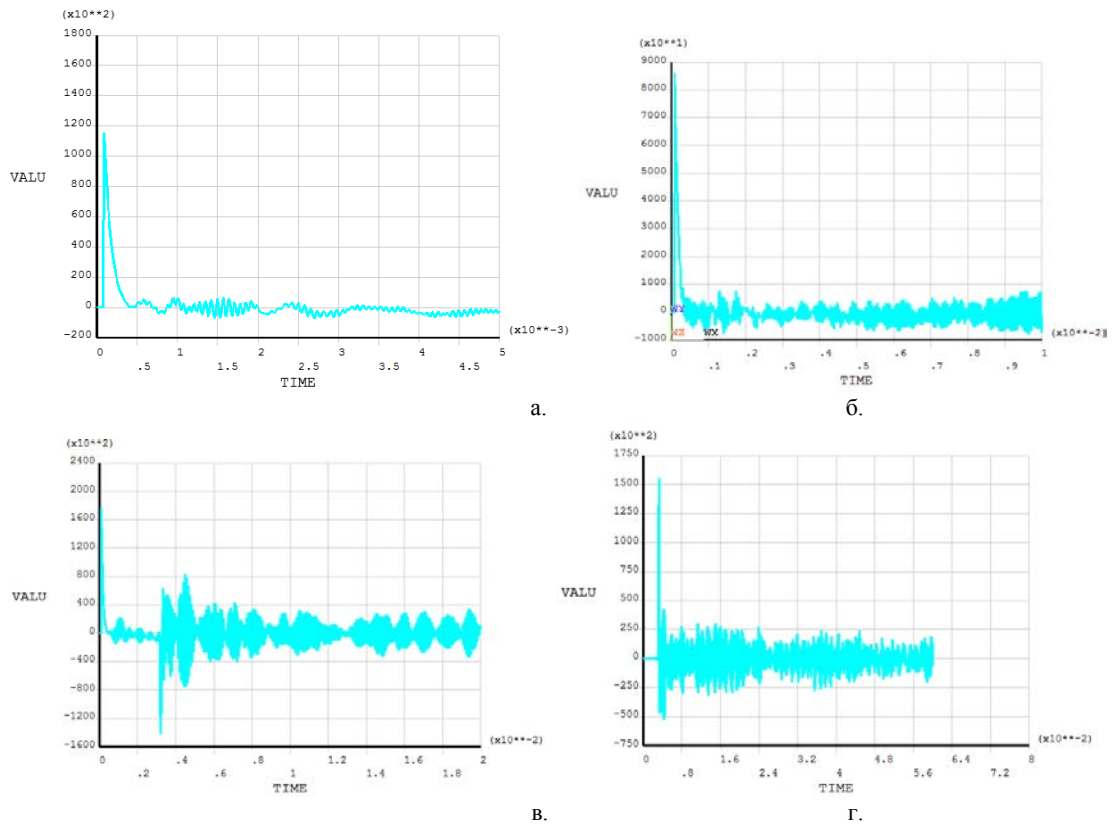


Рисунок 5 – Изменение ускорений в вертикальной плоскости, в контрольной точке 1 (а. вариант 1, б. вариант 2, в. вариант 3 нижний лист, г. вариант 3 верхний лист), м/с<sup>2</sup>, с

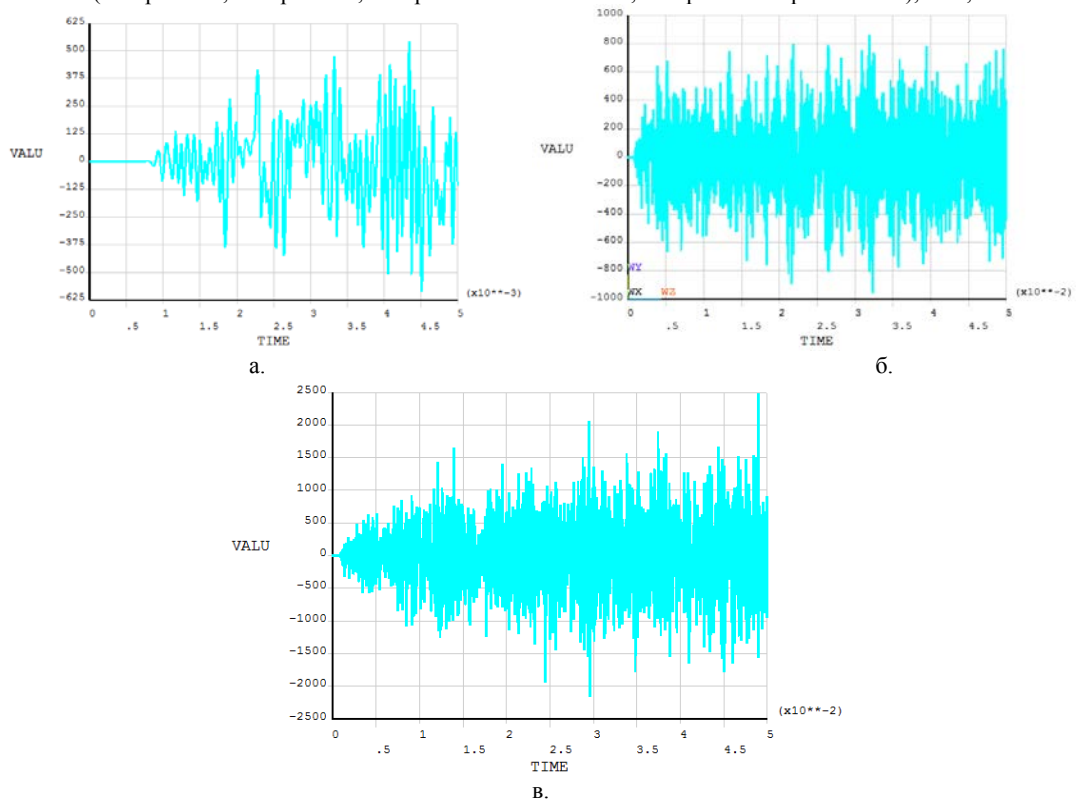


Рисунок 6 – Изменение ускорений в вертикальной плоскости в контрольной точке 2 (а. вариант 1, б. вариант 2, в. вариант 3), м/с<sup>2</sup>, с

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.

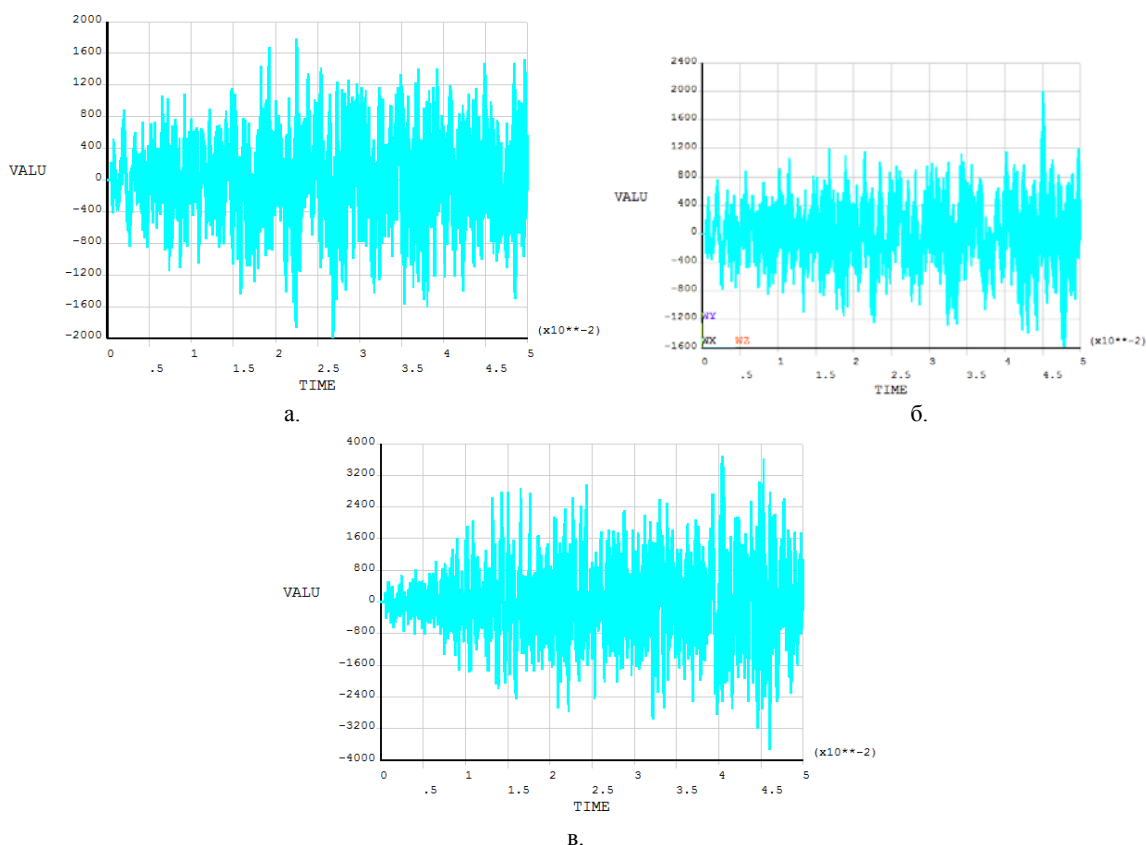


Рисунок 7 – Изменение ускорений в вертикальной плоскости в контрольной точке 3 (а. вариант 1, б. вариант 2, в. вариант 3), м/с<sup>2</sup>, с

### 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 снижению деформации верхнего листа, однако уровень напряжений нижнего листа в этом случае стремится к пре-

делу текучести материала. В случае применения заряда большей мощности такое поведение нижнего листа приведет к его пластическому деформированию или разрушению, что приведет к снижению стойкости ЛБТ при повторном подрыве. Днище, выполненное из гомогенного броневое листа, лишено данного недостатка.

Применение многослойного днища привело к увеличению ускорений в контрольных точках, что может отрицательно сказаться на оборудовании и экипаже внутри машины. Таким образом, применение гомогенной броневой стали при проектировании днища военной машины является предпочтительным по отношению к многослойному исполнению.

#### Литература

1. Денисенко А.М. Методика оценки защищающей способности системы активной противоминной защиты легких бронированных машин // Артиллерийское и стрелковое вооружение. Международный научно-технический сборник. – К.: НТЦ АСВ. – 2007. – Вып. №2. – С. 3–8.
2. Чепков И.Б. Численное моделирование ударно-волнового нагружения днища транспортного средства / Чепков И.Б., Бисык С.П., Корбач В.Г., Голуб В.А. // Механіка та машинобудування, 2011, № 1. С. 149–154.
3. Отчет о проведении теоретических исследований “Оценка направления повышения противоминной стойкости боевых колесных машин”/ В.В. Твердохлебов, М.И. Васюковский, С.П. Бисык, В.А. Голуб, В.Г. Корбач.– Киев ЦНДИ ВВТ – 2013. – 36 с.

#### Bibliography (transliterated)

1. Denisenko A.M. Metodika otsenki zaschischayuschey sposobnosti sistemyi aktivnoy protivominnoy zaschityi legkih bronirovannyih mashin. Artilleriyskoe i strelkovoe vooruzhenie. Mezhdunarodnyiy nauchno-tekhnicheskiiy sbornik. – K.: NTTs ASV. – 2007. – Vyip. #2. – P. 3–8.
2. Chepkov I.B. Chislennoe modelirovanie udarno-volnovogo nagruzheniya dnischa 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 boevyih kolesnyih 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 багатошарового днища призвело до збільшення прискорень в контрольних точках, тому гомогенна броньована сталь при проектуванні днища військової машини є більш кращою по відношенню до багатошарового 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.