

УДК 623.438:539.3

Ю.Я. МИРГОРОДСКИЙ, гл. инж. ГП „Завод им. Малышева”, Харьков;
Н.Л. БЕЛОВ, канд. техн. наук, ген. директор ГП „Завод им. Малышева”, Харьков;

И.Н. КАРАПЕЙЧИК, канд. эконом. наук, ген. директор
ПАО „Азовмаш”, Мариуполь;

С.Т. БРУЛЬ, канд. техн. наук, директор департамента МО Украины, Киев;
Н.А. ТКАЧУК, докт. техн. наук, проф., зав каф. ТММиСАПР НТУ „ХПИ”, Харьков;

Е.В. ПЕЛЕСКО, канд. техн. наук, доц. каф. ТММиСАПР НТУ „ХПИ”, Харьков

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАКЦИИ БРОНЕКОРПУСОВ ВОЕННЫХ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН НА УДАРНО-ИМПУЛЬСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

У статті описані розрахунково-експериментальні дослідження реакції корпусів бронетранспортерів та тягачів на дію ударно-імпульсного навантаження. Для цього створені фізичні макети верхніх частин бронекорпусів машин типу БТР-80 та МТ-ЛБ, які розміщені на спеціально розробленому стенді. За допомогою портативного вимірювача вібропереміщень проведена фіксація динамічних процесів у макетах бронекорпусів. Паралельно здійснено їх числове моделювання на основі методу скінченних елементів. Співставлення отриманих результатів дало змогу обґрунтувати придатність побудованих скінченно-елементних моделей для аналізу динамічних процесів не тільки у макетах, але й у реальних бронекорпусах.

В статье описаны расчетно-экспериментальные исследования реакции корпусов бронетранспортеров и тягачей на действие ударно-импульсной нагрузки. Для этого созданы физические макеты верхних частей бронекорпусов машин типа БТР-80 и МТ-ЛБ, которые размещены на специально разработанном стенде. С помощью портативного измерителя виброперемещений проведена фиксация динамических процессов в макетах бронекорпусов. Параллельно осуществлено численное моделирование на основе метода конечных элементов. Сопоставление полученных результатов дало возможность обосновать пригодность построенных конечно-элементных моделей для анализа динамических процессов не только в макетах, но и в реальных бронекорпусах.

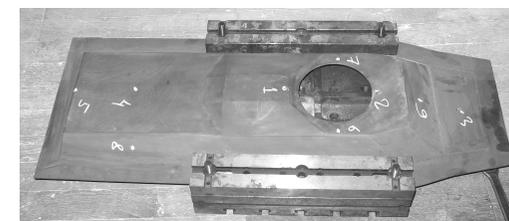
In this paper computational and experimental researches of armoured troop-carriers and tractors hulls reaction on the action of shock-impulse loading are described. The physical prototypes of upper parts of BTR-80 and MT-LB type vehicles armoured hulls are created for this purpose, which are placed on specially developed test benches. By means of vibromoving portable measuring device dynamic processes in armoured hulls prototypes are fixed. In parallel a numerical modeling is carried out on the basis of finite element method. Comparison of got results gave an opportunity to ground the adequacy of built finite-element models for the analysis of dynamic processes not only in prototypes but also in real armoured hulls.

Введение. В ходе комплексных расчетно-экспериментальных исследований бронекорпусов военных колесных и гусеничных машин используются различные виды лабораторных, стендовых и полигонных испытаний. В частности, в статьях [1, 2] обосновывается необходимость взаимосвязанного изменения конечно-элементных моделей (КЭМ) в едином цикле от исследования отдельных элементов конструкции бронекорпуса до анализа состояния процессов и состояний в натурном образце изделия. Там же описано применение этой методики на этапе исследования спектра собственных частот и форм колебаний в лабораторных условиях. Созданную на этом этапе КЭМ было предложено применить для исследований на следующих этапах. В частности, целью и предметом данной статьи является расчетно-экспериментальный анализ реакции бронекорпусов военных колесных и гусеничных машин на ударно-импульсное воздействие с применением специально изготовленного стенда.

Методика испытаний. Изготовленные в масштабе 1:10 физические макеты верхних частей бронекорпусов машин БТР-80 и МТ-ЛБ размещаются на специально изготовленном стенде, который содержит систему базовых и крепежных элементов, при помощи которых выступы макетов жестко фиксируются. На поверхности макетов отмечаются точки, в которых прогнозируются пучности нижних форм колебаний и размещаются датчики ускорений ДН-3-М1, а колебательные процессы возбуждаются обрезиненными ударниками (рис. 1, 2). Реакция макетов на ударно-импульсные воздействия фиксируются в электронном виде в файлах определенного формата.



МТ-ЛБ



БТР-80

Рис. 1. Макеты для исследования бронекорпусов военных колесных и гусеничных машин на ударно-импульсное воздействие

С использованием специальной программы данные файлы считываются в различные программные среды (Excel, MathLab, MathCAD), в которых осуществ-

ляется обработка этих сигналов, а полученные распределения используются для сравнения с результатами численного моделирования при помощи метода конечных элементов (МКЭ).

Результаты испытаний. В качестве иллюстрации на рис. 3-7 приведены осциллограммы динамических процессов в макете верхней части БТР-80. Представлены временные распределения перемещений, скоростей и ускорений в некоторых точках (по оси абсцисс отложено время в миллисекундах, по осям ординат – соответственно перемещения (мкм), скорость (мм/с) и ускорения (м/с²)).

Анализ представленных результатов позволяет сделать выводы о том, что осциллограммы ускорений содержат больше высокочастотных составляющих, на распределениях скоростей их меньше, а виброграммы перемещений содержат в основном низкочастотные компоненты. В связи с этим из них можно извлечь прямым визуальным анализом как минимум 2-3 частоты. Так, в точке 9 четко прослеживаются колебания с частотами 500 и 400 Гц, а в точке 2 – 200 и 16 Гц. Кроме того, можно оценить коэффициент затухания колебаний. Так, за 50-80 мс амплитуда колебаний в точке 3 уменьшается примерно в 2 раза. Это дает возможность определить коэффициент



Рис. 2. Анализатор спектра частот и датчик ДН-3-М1

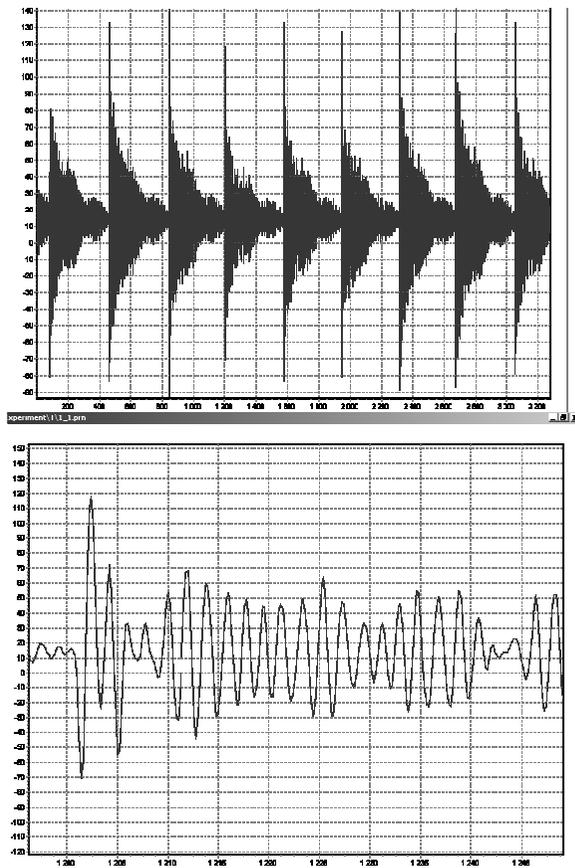


Рис. 3. Динамические процессы при ударно-импульсном воздействии (графики распределения ускорений в точке 1)

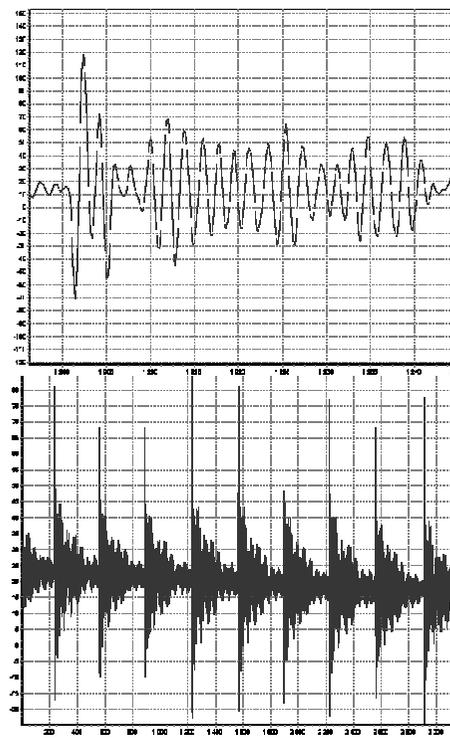


Рис. 4. Динамические процессы при ударно-импульсном воздействии (графики распределения скоростей в точке 1)

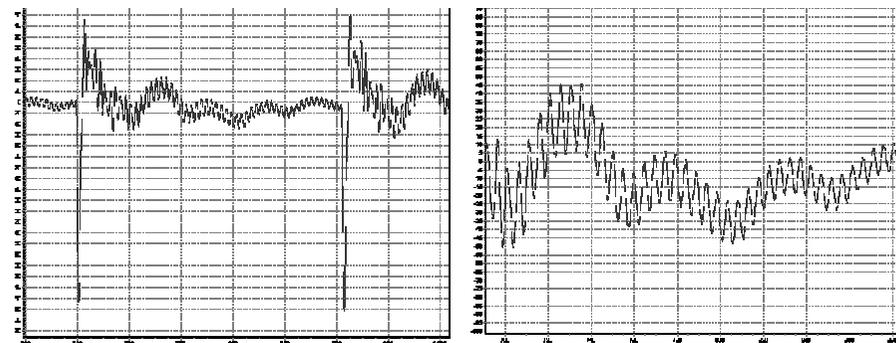


Рис. 5. Динамические процессы при ударно-импульсном воздействии (графики распределения перемещений в точке 2)

демпфирования, что важно при моделировании нестационарных процессов в динамических системах.

Для сравнения на рис. 8-10 представлена численно определенная виброграмма для точки 2 (см. рис. 1) макета верхней части бронетранспортера БТР-80.

Анализ представленных осциллограмм позволяет сделать вывод об удовлетворительном качестве соответствия характера распределения процесса во времени – отличие по частотам не превышает 10-12%. Характеристики затухания в эксперименте и в расчете соответствуют друг другу, отличаясь не более чем на 15-20%. Абсолютные значения скоростей, ускорений и перемещений при этом принимать в расчет не следует, т.к. сила ударного воздействия задается вручную).

Заключение. Проведенные расчетно-экспериментальные исследования дают достаточный массив данных для обоснования параметров конечно-элементных моделей бронекорпусов боевых колесных и гусеничных машин. Так, при этом следует принимать во внимание, что спектральные характеристики макета

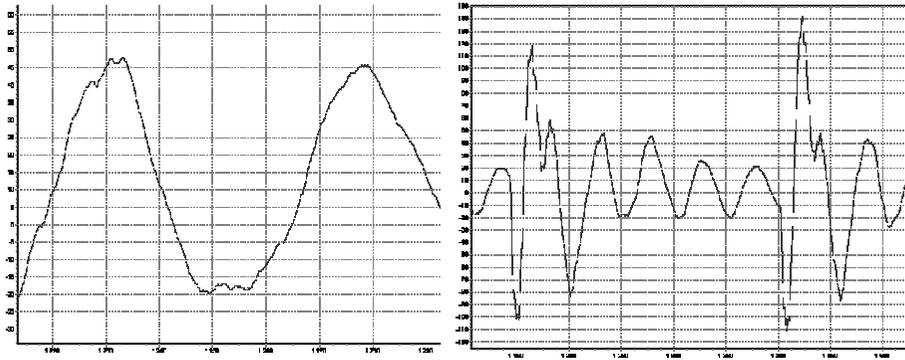


Рис. 6. Динамические процессы при ударно-импульсном воздействии (графики распределения перемещений в точке 5)

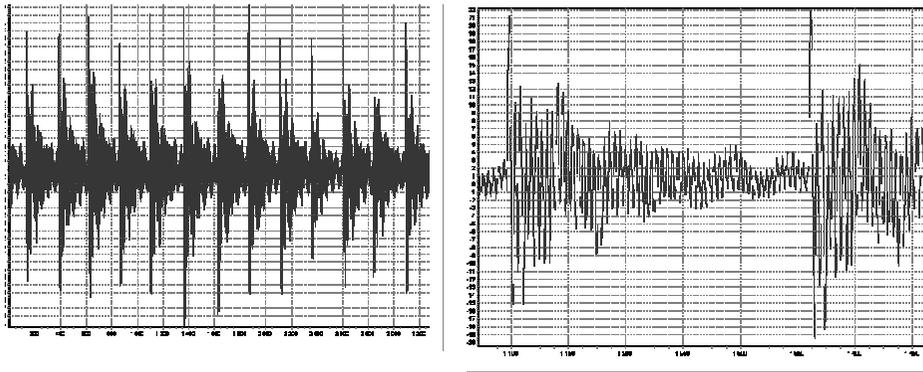


Рис. 7. Динамические процессы при ударно-импульсном воздействии (графики распределения скоростей в точке 8)

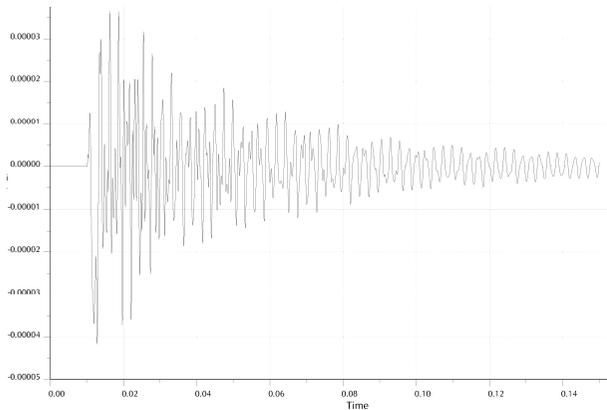


Рис. 8. Перемещения точки 2 при импульсном воздействии (расчет)

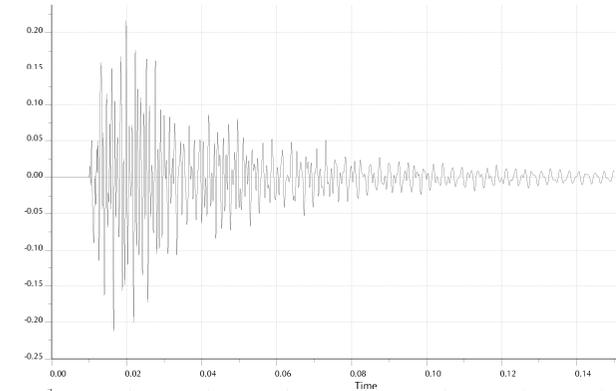


Рис. 9. Скорости точки 2 при импульсном воздействии (расчет)

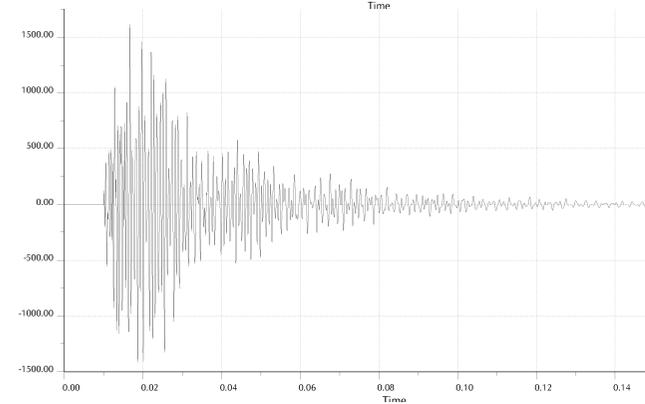


Рис. 10. Ускорения точки 2 при импульсном воздействии (расчет)

определяются достаточно точно. Это видно из результатов исследования собственных частот и форм колебаний, описанных в [1, 2]. Важным выводом из расчетно-экспериментальных исследований макета бронекорпуса на стенде с приложением ударно-импульсной нагрузки является как раз соответствие переходных нестационарных режимов, определяемых параллельно расчетным и экспериментальным путем. Отсюда можно сделать дополнительный вывод о работоспособности предложенной в [1, 2] методики исследований с использованием многоэтапных последовательных уточнений КЭМ бронекорпусов военных колесных и гусеничных машин.

Кроме того, это дает возможность использовать в дальнейшем построенные КЭМ для анализа динамического напряженно-деформированного состояния натурных образцов боевых машин легкой категории по массе.

Список литературы: 1. *Карапейчик И.Н.* Методика экспериментальных исследований реакции корпусов бронетранспортеров на локальное импульсное воздействие / И.Н. Карапейчик // Вісник НТУ «ХПІ». Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – 2012. – № 22. – С.65-69. 2. Расширенная расчетно-экспериментальная идентификация параметров численных моделей корпусных элементов транспортных средств специального назначения // *И.Н. Карапейчик, А.В. Литвиненко, С.Т. Бруль и др.* // Вісник НТУ «ХПІ». Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – 2012. – № 22. – С.69-77.

Поступила в редколлегию 02.02.12