

Е.В. ПЕЛЕСКО, канд. техн. наук, доц. каф. ТММиСАПР НТУ „ХПИ”,
А.В. ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук, гл. инж. проекта спец. конструкт.
 отдела научн.-техн. комплекса ЗАО “АзовЭлектроСталь”, Мариуполь,
С.Т. БРУЛЬ, канд. техн. наук, зам. директора департамента разработок
 и закупки вооружения и военной техники МО Украины, Киев

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БРОНЕКОРПУСОВ МАШИН ЛЕГКОЙ КАТЕГОРИИ ПО МАССЕ

У статті описані результати розрахунково-експериментального дослідження динамічних характеристик бронекорпусів бойових машин легкої категорії за масою. Для визначення параметрів числових моделей залучаються дані, отримані в ході макетного моделювання. Проведено порівнювальний аналіз результатів.

В статті описані результати розрахунково-експериментального дослідження динамічних характеристик бронекорпусов боевых машин легкой категории по массе. Для определения параметров числовых моделей привлекаются данные, полученные в ходе макетного моделирования. Проведен сравнительный анализ результатов

In the paper results of computational and experimental researches of dynamic characteristics of light mass category fighting vehicle armored hulls are described. Prototype modeling data are attracted for determination of numerical model parameters. The comparing analysis of results is conducted.

Введение и постановка задач исследований. Выбор оптимальной структуры и параметров бронекорпусов легкобронированных боевых машин (ЛБМ) требует проведения многовариантных исследований их напряженно-деформированного состояния (НДС) при воздействии различных нагрузок. Это нагрузки статические (весовые), динамические (в процессе движения по местности), импульсные (в процессе производства выстрелов из боевых модулей), ударно-волновые (при воздействии ударной волны от различных поражающих факторов на боевую машину). Каждый из этих факторов оказывает определенное воздействие на бронекорпус как основной интегрирующий, силовой и защитный элемент ЛБМ. Наибольшими возможностями для моделирования реакции бронекорпусов на эти воздействия обладает метод конечных элементов (МКЭ) [1]. В то же время для автоматизации процесса многовариантных исследований, а также решения задач структурного и параметрического синтеза требуется создание новых подходов, обладающих свойствами вариативности создаваемых моделей, их интеграции в различные CAD/CAE-системы, а также целенаправленного изменения. Данный подход предложен в работах [2-4], развит и апробирован на целом ряде примеров [5-7]. Составным элементом исследований при этом является расчетно-экспериментальное обоснование параметров числовых моделей, которые обеспечивают адекватное, точное моделирование исследуемого процесса, и в то же время – достаточно экономные с точки

зрения размеров (например, количество конечных элементов при конечно-элементном моделировании бронекорпусов).

Одним из наиболее интегральных тестов создаваемой расчетной (конечно-элементной) модели того или иного бронекорпуса является соответствие результатов расчета их динамическим (спектральным) характеристикам, экспериментально зафиксированным. Это объясняется тем, что при решении задачи определения спектра собственных частот и форм колебаний учитывается распределение и массовых, и жесткостных свойств конструкции. В связи с этим степень соответствия экспериментальных и численных результатов отражает и степень точности созданной конечно-элементной модели.

При этом из соображений оперативности и экономии затрат предпочтительным является проведение расчетно-экспериментальных исследований на макетах бронекорпусов. Целью данной работы является проведение экспериментальных и численных исследований собственных частот и форм колебаний на примере макета верхней части корпуса бронетранспортера БТР-80.

Методика экспериментальных исследований. Проведение экспериментальных исследований осуществляется на макете фрагмента корпуса БТР-80, установленном и закрепленном на базовой плите (рис. 1). Возбуждение колебательного процесса осуществляется при помощи ударного воздействия обрезиненным инструментом, а его фиксация – при помощи датчика ускорений ДН-3-М1 и цифровой аппаратуры (рис. 2). В процессе экспериментов варьировались массово-инерционные характеристики боевого модуля путем установки специальных пластин на погонное кольцо (рис. 3).

Результаты измерений в виде файлов специальной структуры записывались в соответствующую базу данных (БД). В этих файлах содержатся временные распределения перемещений, скоростей и ускорений в различных точках макета. Специально разработанная программа (рис. 4) осуществляет извлечение полученных результатов из БД для визуализации и последующе-

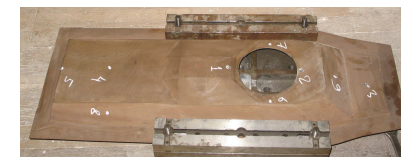


Рис. 1. Макет части бронекорпуса БТР-80 на базовой плите



Рис. 2. Возбуждение и фиксация колебаний



Рис. 3. Моделирование массово-инерционных характеристик боевого модуля на макете

го сравнения с численно полученными результатами.

Результаты экспериментальных исследований. Рабочий момент экспериментальных исследований представлен на рис. 5, временные картины распределений представлены на рис. 6.

Анализ массива представленных картин временных распределений перемещений, скоростей и ускорений позволяет выделить собственные частоты их колебаний, определить зоны минимальных и максимальных амплитуд возбуждаемых колебаний. Кроме того, эти картины можно визуальнo сравнить с аналогичными распределениями, получаемыми численно, а в процессе дальнейших исследований провести более подробное численное сопоставление результатов экспериментальных исследований и конечно-элементного расчета.

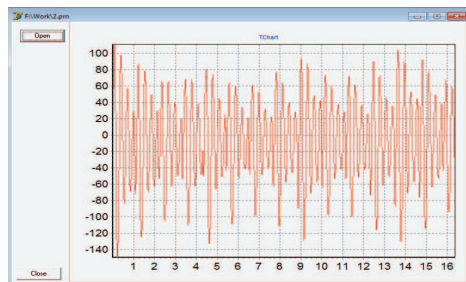


Рис. 4. Интерфейсное окно программы анализатора данных экспериментальных исследований

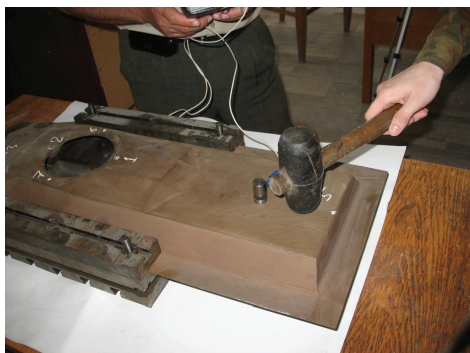


Рис. 5. Рабочие моменты исследований

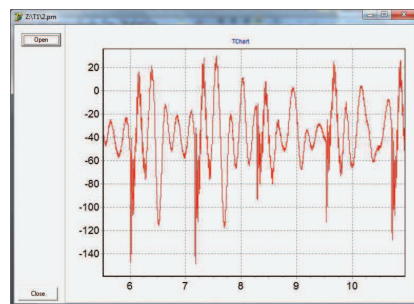
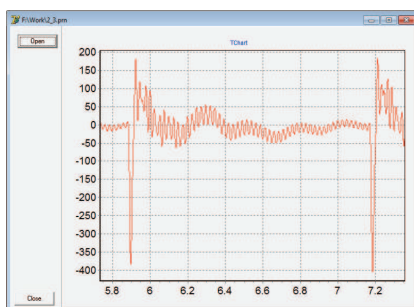


Рис. 6. Визуализация экспериментальных измерений в виде временных распределений

Численное моделирование реакции макета бронекорпуса на ударное воздействие. Параллельно с проведением эксперимента был проведен комплекс численных исследований по моделированию реакции исследуемого макета на серию импульсных воздействий. Для этого были использованы

геометрические и конечно-элементные модели, созданные в среде Pro/ENGINEER – Pro/Mechanica (рис. 7). На рис. 8 – 10 представлены результаты численного моделирования.

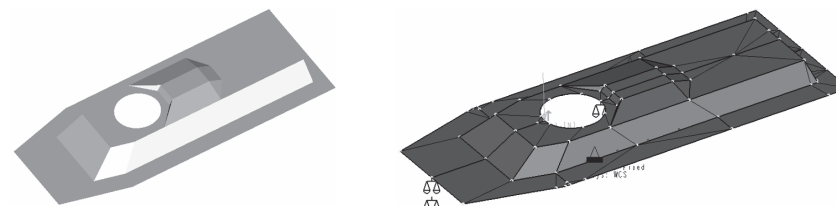


Рис. 7. Геометрическая и конечно-элементная модель исследуемого макета в среде Pro/ENGINEER – Pro/Mechanica

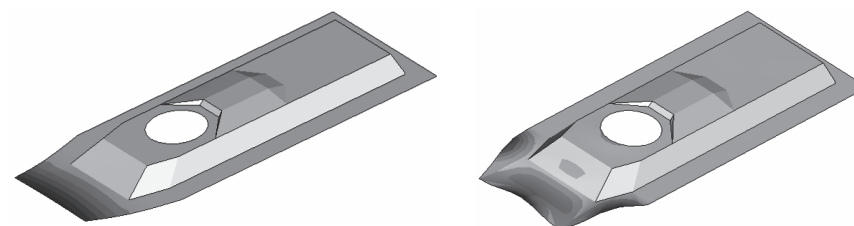
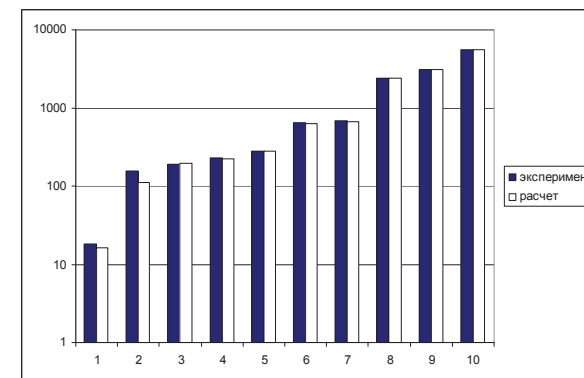


Рис. 8. Распределение перемещений точек макета, полученные при помощи МКЭ в среде Pro/ENGINEER – Pro/Mechanica

Рис. 9. Соответствие спектров собственных частот колебаний макета БТР-80:
1 – определенный экспериментально,
2 – численно определенный)



Сравнение результатов экспериментальных и численных исследований. Сравнительный анализ показывает удовлетворительное качественное соответствие результатов экспериментальных (см. рис. 6, 9) и численных (см. рис. 8-10) исследований. Колебательный процесс происходит с ощутимым затуханием амплитуды. При этом на временных распределениях перемещений доминируют составляющие с нижними частотами, а на распределениях скоростей и ускорений – с высшими. Наблюдается также соответствие зон

максимальных и минимальных возбуждений на макете, а также, что особенно важно, тенденций изменения фиксируемого динамического процесса при изменении инерционно-жесткостных характеристик путем установки различного количества пластин, имитирующих боевой модуль.

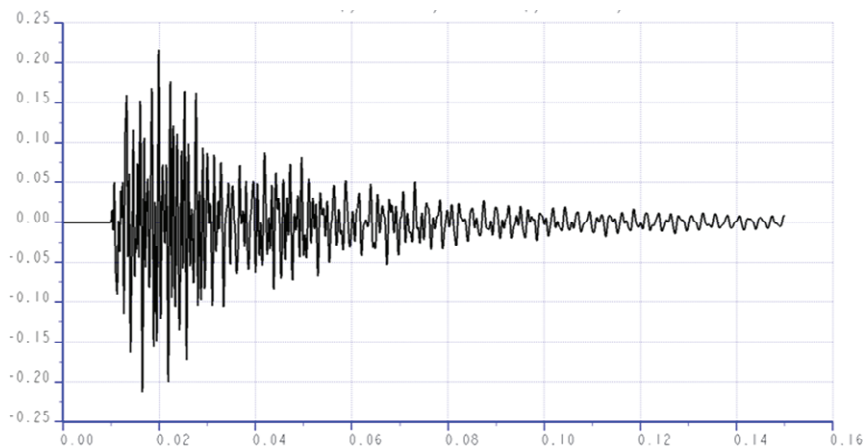


Рис. 10. Перемещения точки конструкции, полученные при решении задачи динамики в Pro/ENGINEER – Pro/Mechanica

Что касается численных оценок соответствия результатов конечно-элементных и экспериментальных исследований, то они представлены на рис. 9. Видно, что даже сравнительно экономная конечно-элементная модель, содержащая 111 Shell-элементов, позволяет промоделировать динамические характеристики макета с погрешностью, не большей 12 %.

Выводы. Анализ результатов исследований дает основание для следующих выводов.

1. Проведенный комплекс расчетно-экспериментальных исследований продемонстрировал работоспособность и эффективность предложенного авторами подхода к расчетно-экспериментальному обоснованию параметров конечно-элементных моделей для исследования реакции бронекорпусов легкой категории по массе на различные виды воздействий.

2. В ходе исследований макета части бронекорпуса БТР-80 установлено удовлетворительное качественное и количественное соответствие результатов численных и экспериментальных исследований. Погрешность оценивается в 12 %.

3. Полученные результаты позволяют использовать конечно-элементную модель с аналогичными размерами для моделирования процессов в реальной конструкции корпуса БТР-80.

В качестве направлений дальнейших исследований планируется применение созданных моделей и разработанных подходов для исследования физико-механических процессов и состояний с целью обоснования рациональной

структуры и параметров конструкций бронекорпусов проектируемых легкобронированных машин.

Литература: 1. *Зенкевич О.* Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 541 с. 2. *Ткачук Н.А.* Параметрические модели элементов сложных систем как основа построения специализированных расчетных схем / Н.А. Ткачук, Ю.В. Веретельник, Ю.Я. Миргородский, Е.В. Пелешко // *Механіка та машинобудування*. – Харків: НТУ «ХПИ», 2004. – № 2, т. 2. – С.79-84. 3. *Ткачук Н.А.* Решение задач расчетно-экспериментального исследования элементов сложных механических систем / Н.А. Ткачук, Г.Д. Гриценко, Э.В. Глушенко, А.В. Ткачук // *Механіка та машинобудування*. – Харків: НТУ «ХПИ», 2004. – № 2, т. 2. – С.85-96. 4. *Ткачук Н.А.* Конечно-элементные модели элементов сложных механических систем: технология автоматизированной генерации и параметризованного описания / Н.А. Ткачук, Г.Д. Гриценко, А.Д. Чепурной [и др.] // *Механіка та машинобудування*. – Харків: НТУ «ХПИ», 2006. – №1. – С. 57-79. 5. *Комплексне дослідження міцності та жорсткості корпусів транспортних засобів спеціального призначення* / Є.В. Пелешко, М.А. Ткачук, С.Т. Бруль, О.В. Литвиненко, І.М. Карпейчик // *Вестник НТУ «ХПИ»*. Тем. вип.: Транспортное машиностроение. – 2010. – № 39. – С. 116-131. 6. *Основы обобщенного параметрического описания сложных механических систем* / Н.А. Ткачук, А.Д. Чепурной, Г.Д. Гриценко и др. // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*, 2007, №9(115), част. 1. – С.196-205. 7. *Экспериментальные исследования динамических процессов в макетах бронекорпусов транспортных средств специального назначения* / Г.Д. Гриценко, Н.А. Ткачук, Е.В. Пелешко, А.В. Литвиненко // *Вісник НТУ «ХПИ»*. Тем. вип.: *Машинознавство та САПР*. – Харків: НТУ «ХПИ», 2009. – №28. – С.16-19.

Поступила в редколлегию 21.05.11

УДК 621.01

Т.В. ПОЛИЩУК, зам. генерального директора, ОАО „Азовобщемаш”, г. Мариуполь,
Н.А. ТКАЧУК, докт. техн. наук, проф., зав. каф. ТММ и САПР НТУ „ХПИ”,
Н.Б. НЕГРОБОВА, студентка гр. ТМ-85Б, НТУ „ХПИ”,
В.И. ГОЛОВЧЕНКО, канд. техн. наук, нач. расчетного бюро, Головной специализированный конструкторско-технологический институт, г. Мариуполь

КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМОВ НАКЛОНА КРУПНОГАБАРИТНЫХ МАШИН: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Запропонована удосконалена методика розрахунково-експериментальних досліджень кінематики на прикладі механізму нахилу дугової сталеплавильної печі. Наведені результати комп'ютерного моделювання та експериментальних вимірювань.

Предложена усовершенствованная методика расчетно-экспериментальных исследований кинематики на примере механизма наклона дуговой сталеплавильной печи. Приведены результаты компьютерного моделирования и экспериментальных измерений.