

**И.Н. КАРАПЕЙЧИК**, канд. эк. наук, ген. директор ПАО „Азовмаш”, Мариуполь

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕАКЦИИ КОРПУСОВ БРОНЕТРАНСПОРТЕРОВ НА ЛОКАЛЬНОЕ ИМПУЛЬСНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

*Розроблена методика експериментальних досліджень реакції корпусів бронетранспортерів на локальну імпульсну дію. Її метою є визначення власних частот коливань окремих панелей бронекорпусу. Ці дані складають основу для розрахунково-експериментального обґрунтування параметрів числових моделей бронекорпусів бронетранспортерів.*

*Разработана методика экспериментальных исследований реакции корпусов бронетранспортеров на локальное импульсное воздействие. Ее целью является определение собственных частот колебаний отдельных панелей бронекорпуса. Эти данные составляют основу для расчетно-экспериментального обоснования параметров численных моделей бронекорпусов бронетранспортеров.*

*Methodology of experimental researches of armoured troop-carriers hulls reaction on local impulsive influence is worked out. Its aim is determination of vibrations eigenfrequencies of armoured hulls separate panels. These data make basis for the computational and experimental ground of numerical models parameters of armoured troop-carriers hulls.*

**Введение.** Бурное развитие в современном мире интереса к военным колесным и гусеничным машинам легкой категории по массе определяют значительный интерес к исследованию реакции их корпусов как основных силовых, компоновочных, защитных и интегрирующих элементов на воздействие различных поражающих факторов. В частности, решению отдельных частных задач данного типа посвящены работы С.Т. Бруля, А.Ю. Васильева, Г.Д. Гриценко, Е.В. Пелешко, Н.А. Ткачука и др. [1-5]. В этих и в ряде других работах широко применяется метод конечных элементов (МКЭ). Построенные конечно-элементные модели (КЭМ) оснащаются дополнительными возможностями для параметрического их изменения, что придает качественно новые свойства для решения задач синтеза рациональных параметров бронекорпусов по критериям обеспечения подвижности, огневой мощи, защищенности и обитаемости. В частности для ПАО „Азовмаш” эти проблемы привязаны к бронетранспортеру БТР-3Е, изготавливаемому по различным контрактам.

В то же время слабым местом проводимых исследований является недостаточное экспериментальное обоснование адекватности, корректности и точности самих конечно-элементных моделей, получаемых с их помощью результатов и разрабатываемых рекомендаций. Действительно, эти исследования продолжительны, громоздки и затратны. В связи с этим в некоторых случаях исследователи привлекали для этих целей специально изготавливаемые макетные образцы отдельных частей бронекорпуса. Такой подход, построенный на численно-экспериментальной отработке КЭМ бронекорпусов, безусловно, имеет право на использование, разви-

тие и совершенствование. Особенно этот путь полезен на начальных этапах разработки, когда налицо дефицит времени, средств и, собственно, самих объектов исследований. При этом необходимо отметить, что наивысшей степенью достоверности по-прежнему обладают результаты экспериментальных исследований натуральных образцов, в данном случае – корпусов бронетранспортеров. Эти испытания никакими другими исследованиями заменены быть не могут. Таким образом, актуальность и важность данной задачи очень высока.

Еще одним важным обстоятельством, усиливающим потребность в проведении экспериментальных исследований натуральных образцов, является то, что только в этом случае можно отследить влияние на свойства исследуемой конструкции «технологической» компоненты. Речь идет о влиянии условий того или иного производства, особенностей заготовительных и сборочно-сварочных операций, технологических режимов изготовления бронекорпусов на их свойства как изделия. Обычно эти важные обстоятельства не учитываются при формировании физических, математических, геометрических, расчетных и численных моделей исследуемых объектов. Предпочтение отдается их формированию только на основе конструкторской документации. Такой крен может приводить к значительным погрешностям, особенно для бронекорпусов, представляющих собой многокомпонентную пространственную конструкцию, элементы которой соединяются преимущественно сваркой. Наличие большого количества сварных швов не позволяет игнорировать большой пласт технологических факторов, которые напрямую могут оказать влияние на интегральные характеристики бронекорпуса как результат конструктивных, технологических и производственных решений. Данные аргументы еще больше подкрепляют актуальность, необходимость и важность проведения экспериментальных исследований бронекорпусов военных колесных и гусеничных машин легкой категории по массе.

В данной работе ставится и решается проблема применительно к определению динамической реакции бронекорпусов бронетранспортеров БТР-3Е, изготавливаемых в производственных условиях предприятий ПАО „Азовмаш”.

*Цель работы* состоит в разработке методики экспериментальных исследований динамических характеристик корпусов бронетранспортеров БТР-3Е для последующего обоснования параметров их конечно-элементных моделей.

**Методика испытаний.** При обосновании методики экспериментальных исследований необходимо в первую очередь принять во внимание конечные их цели. Поскольку корпус бронетранспортера подвергается в ходе эксплуатации и боевого применения значительным динамическим нагрузкам, то целесообразно обосновывать параметры именно его динамической модели. В свою очередь, наиболее информативными в плане описания динамических свойств являются сведения о спектре собственных частот и форм колебаний исследуемого объекта, поскольку в их формировании участвуют и жесткостные, и инерционные свойства последнего. В силу данной аргументации целе-

сообразно произвести экспериментальные измерения именно этих характеристик корпуса бронетранспортера.

Необходимо также принять во внимание особенности конструкции корпуса бронетранспортера. Он представляет собой множество панелей, соединенных между собой при помощи сварки по контурам различной формы и длины. Сами бронелисты имеют различную толщину в разных проекциях, а также разнообразные способы усиления и соединения с элементами внутреннего силового каркаса. Все это обуславливает разнообразие собственных форм колебаний, их локализацию в корпусе, а также разнесенность соответствующих частот собственных колебаний в общем их спектре.

Учитывая отмеченные выше особенности для экспериментальных исследований динамических характеристик корпуса бронетранспортера, было предложено выбрать набор точек, разнесенных по разным панелям. На рис. 1 представлено их расположение, продиктованное стремлением получить максимум информации об объекте.

В указанных на рис. 1 точках предусмотрена установка датчиков – акселерометров. Для фиксации, регистрации и обработки получаемой информации применяется комплекс аппаратуры:

- виброизмерительный комплекс ВИП-50, состоящий из вибропреобразователя ПДУ-50 и усилительного блока с фильтрами нижних частот типа У-ФНЧ-3;
- аналогово-цифровой преобразователь Е-330;
- регистрирующее устройство на базе персонального компьютера.

Основные технические характеристики вибропреобразователя ПДУ-50 и У-ФНЧ-3:

- диапазон измеряемого ускорения,  $m/c^2 - \pm 500,0$ ;
- частотный диапазон измеряемых ускорений,  $кГц - 0...1$ .

Монтаж акселерометра осуществлялся на корпусе бронетранспортеров через деревянную прокладку, приклеенную клеем «Циакрин». Смонтированный датчик проверен на отсутствие зазора и колебаний в месте крепления.

**Планирование исследований.** Разработанную методику испытаний планируется интегрировать в комплекс расчетно-экспериментальных исследований бронекорпусов военных колесных и гусеничных машин легкой кате-

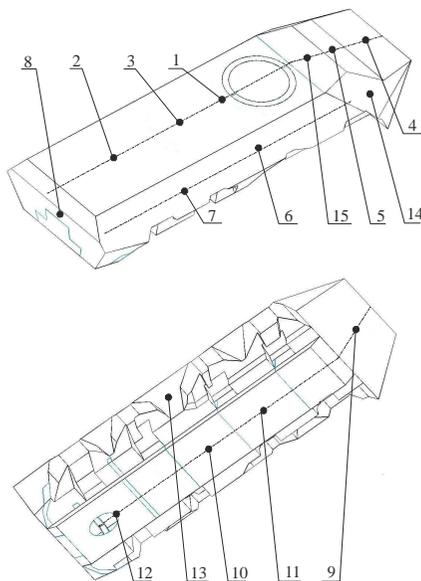


Рис. 1. Схема расположения контрольных точек для установки датчиков на корпусе бронетранспортера БТР-3Е

гории по массе. В частности, для обоснования параметров численных моделей корпусов бронетранспортеров будут привлекаться как результаты макетных испытаний в лабораторных условиях, так и стендовые испытания (см. статьи в этом же сборнике [6, 7]), а также результаты измерений на натуральных образцах по методике, предложенной в данной статье. Такое комплексное обоснование данных моделей (в частности, планируется применение метода конечных элементов) является не избыточным, а вполне соответствующим по логике расчетно-экспериментальных исследований.

Кроме того, следует учитывать, что сам исследуемый объект является достаточно сложной механической системой, при построении модели которой следует учесть множество факторов. Это обстоятельство требует именно формальной избыточности информации, целью которой будет вычленение действительно важных и определяющих факторов в процессе создания интегрированных достоверных и обоснованных их моделей.

В последующих исследованиях уже с привлечением обоснованных конечно-элементных моделей бронетранспортеров БТР-3Е и других машин будет исследована их реакция на действие усилий отдачи при стрельбе. Получаемые таким образом результаты будут положены в основу проектно-конструкторских решений корпусов легкобронированных машин.

**Заключение.** На рис. 2 представлена в качестве иллюстрации пробная осциллограмма, полученная в ходе предварительных испытаний с целью тестирования измерительной аппаратуры.

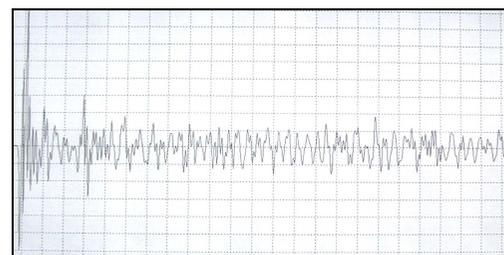


Рис. 2. Рабочий момент испытаний корпуса бронетранспортера БТР-3Е и пример фрагмента зафиксированной виброграммы

Динамический процесс возбуждался путем воздействия ударника в зоне, примыкающей к датчику. Видно, что процесс фиксируется четко. Повторение испытаний несколько раз (не менее трех) продемонстрировало соответствие их результатов.

Таким образом, можно сделать вывод о работоспособности созданного измерительного комплекса и применимости предложенного в работе подхода к расчетно-экспериментальному обоснованию параметров численных моделей бронекорпусов.

В ходе дальнейших исследований планируется провести анализ получаемых в

ходе эксперимента результатов, их сравнение с результатами численных исследований, и на основе полученного комплекса информации обосновать адекватную, достоверную и точную модель для анализа динамики и напряженно-деформированного состояния бронекорпусов с учетом влияния всего множества конструктивных и технологических факторов.

**Список литературы:** 1. Общий подход к обоснованию параметров проектируемых машин на основе гибридных расчетно-экспериментальных моделей / *А.Д. Чепурной, Г.П. Глинин, А.В. Литвиненко и др.* // *Механіка та машинобудування.* – 2004. – № 1. – С. 103-109. 2. Решение задач расчетно-экспериментального исследования элементов сложных механических систем / *Н.А. Ткачук, Г.Д. Гриценко, Э.В. Глуценко и др.* // *Механіка та машинобудування.* – 2004. – № 2. – С. 85–96. 3. Расчетно-экспериментальная идентификация параметров численных моделей корпусных элементов транспортных средств / *Е.В. Пелешко, А.Ю. Васильев, Г.Д. Гриценко и др.* // *Механіка та машинобудування.* – 2007. – № 1. – С. 95–100. 4. *Ткачук Н.А.* Интенсивная схема экспериментальных исследований элементов технологических систем / *Н.А. Ткачук* // Сб. научн. тр. “Динамика и прочность машин”. – Харьков: ХГПУ. – 1998. – Вып.56.– С. 175 –181. 5. *Ткачук Н.А.* Расчетно-экспериментальный метод исследования деформаций элементов механических систем. / *Н.А. Ткачук, А.А. Капустин* // *Вестник ХГПУ.* Тем. вып: Динамика и прочность машин. – 1999. – Вып.57. – С. 148–155. 6. Расчетно-экспериментальные исследования реакции бронекорпусов военных колесных и гусеничных машин на ударно-импульсное воздействие / *Миргородский Ю.Я., Белов Н.Л., Карапейчик И.Н. и др.* // *Вісник НТУ «ХП».* Тем. вип.: *Машинознавство та САПР.* – 2012. – № 22. – С.87-92. 8. Расширенная расчетно-экспериментальная идентификация параметров численных моделей корпусных элементов транспортных средств специального назначения // *И.Н. Карапейчик, А.В. Литвиненко, С.Т. Бруль* // *Вісник НТУ «ХП».* Тем. вип.: *Машинознавство та САПР.* – 2012. – № 22. – С.69-77.

*Поступила в редколлегию 30.01.12*