

УДК 621.983:669.017

Розрахунок технологічних параметрів процесу витягування двошарової заготовки з потоншенням / Борис Р. С., Тітов В. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 42 (1015). – С. 26-32. Бібліогр.:9 назв.

В статье представлены рекомендации по проектированию технологического процесса вытяжки биметаллического элемента, перспективные технические решения и технологические рекомендации по реализации процесса совместной вытяжки с утонением. Для проектирования процесса вытяжки биметаллического элемента предложена структурная схема (алгоритм) расчета технологических параметров процесса вытяжки двухслойной заготовки с утонением, построенная на основных научных результатах исследования.

Ключевые слова: структурная схема, алгоритм, технологические параметры, биметаллический трубчатый элемент, выходные данные, коэффициент механической неоднородности, номограмма, механические свойства материалов.

In article provides guidance on the design process extracts the bimetallic element, advanced technical solutions and technological advice on the implementation of the process of drawing together with thinning. For the design of the drawing process bimetals proposed structural scheme (algorithm) calculation of process parameters blank two-ply hood with thinning, based on the results of basic scientific research.

Keywords: block diagram of the algorithm, process parameters tubular bimetallic element output, a mechanical factor inhomogeneity nomogram mechanical properties of materials.

УДК 623.438:539.3

С. Т. БРУЛЬ, канд. техн. наук, зам. директора департамента,
Министерство обороны Украины, Киев 6

ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ НА КОРПУС БОЕВОЙ МАШИНЫ

В статье предлагается усовершенствованная методика автоматизированного анализа влияния ударных волн различного происхождения на корпуса легкобронированных машин. Приведены результаты тестовых конечно-элементных расчетов влияния ударной волны от мощного взрыва на корпус МТ-ЛБ.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, ударная волна, бронекорпус, метод конечных элементов, параметрическая модель.

Введение. Для решения задач анализа напряженно-деформированного состояния корпусов легкобронированных машин типа МТ-ЛБ, БТР-60 (70,80,90), БТР-3, БТР-4 и др. под действием ударной волны от взрывов различного происхождения во многих работах [1-4] разработаны общие подходы, предложена структура специализированной системы автоматизированного исследования и синтеза параметров корпусов проектируемых машин, а также проведено комплексное расчетно-экспериментальное исследование реакции корпусов множества легкобронированных машин на действие подвижного нагружения. Создана математическая модель напряженно-деформированного состояния на основе метода конечных элементов.

Для построения параметрических моделей элементов корпуса легкобронированных машин использован обобщенный параметрический

подход и интегрированные специализированные системы на основе универсальных программных комплексов и специализированных модулей.

Разработаны модули генерации конечно-элементных моделей корпусов с возможностью варьирования их толщины, свойств материалов, разных характеристик взрыва, а также размеров, типов конечных элементов и зон сгущения – разрежения элементов.

Проведены пробные расчеты с использованием разработанного программного обеспечения для определения прочности и жесткости корпуса МТ-ЛБ при разных вариантах его конструктивного выполнения.

Проведенные расчеты и эксперименты в целом подтвердили работоспособность предложенных методов, алгоритмов и программного обеспечения, а также высокое качество созданных моделей.

Разработанное программное обеспечение, которое включает оригинальные программные модули, программные комплексы Pro/ENGINEER, ANSYS, Pro/Mechanica, КОМПАС, Inventor, ориентировано на использование с аппаратным обеспечением – компьютерным страто-кластером «Политехник-125». Уникальный программно-аппаратный комплекс создан в центре компьютерных методов моделирования сложных механических систем «Тензор» в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» и может быть использован для компьютерного моделирования поведения реальных объектов (корпусов легкобронированных боевых машин, летательных аппаратов, судов, подводных аппаратов, средств индивидуальной защиты) при действии нестационарной нагрузки, в т.ч. ударных волн [1,5].

В то же время одним из узких мест созданных и использованных в упомянутых работах моделей является корректное приложение подвижной ударно-волновой нагрузки на бронекорпусы исследуемых машин. Совершенствование технологии приложения такой нагрузки и является целью данной работы.

1. Постановка задачи. Рассматривается, как и в статье [5], корпус боевой машины, подвергающийся действию фронта ударной волны. В ходе работы поставлены для решения следующие задачи:

1) совершенствовать методы формирования конечно-элементной модели, включающие моделирование подвижной нагрузки с более адекватным ее пространственно-временным распределением;

2) разработать специализированную систему с базой данных для хранения результатов многовариантных расчетов.

2. Математическое моделирование исследуемого процесса. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния бронекорпусов военных гусеничных и колесных машин проводится, следуя работе [5], на основе уравнений динамики с последующей дискретизацией по методу конечных элементов (МКЭ). Способ задания ударной нагрузки показан на рис. 1.

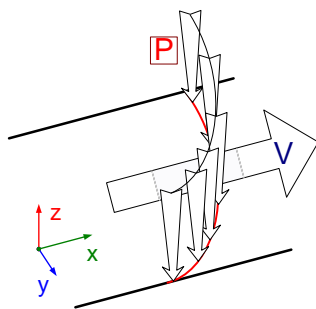


Рис. 1 – Подвижная нагрузка

Расчет динамики поведения корпуса легкобронированной машины (например, МТ-ЛБ) производится в программе ANSYS при помощи МКЭ, реализованного в этом пакете. Метод конечных элементов является численным, приближенным методом, основная идея которого состоит в том, что любую непрерывную величину, определенную на произвольном пространстве, можно аппроксимировать дискретной моделью, которая строится на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей. При этом сами кусочно-непрерывные функции определяются с помощью значений непрерывной величины в конечном числе узловых точек рассматриваемой области.

Точность результатов зависит от размеров и размещения конечных элементов. Метод конечных элементов получил широкое распространение во всем мире. Он успешно заменяет методы сопротивления материалов и строительной механики при расчете тел простой конфигурации, а при расчете деталей сложной геометрии в настоящее время является практически единственным инженерным методом. Главными достоинствами этого метода являются гибкость и универсальность, позволяющие в короткое время выполнять расчеты конструкций большой сложности [6,7]. Основная расчетная формула метода для нахождения напряженно-деформированного состояния при воздействии подвижной нагрузки записана ниже в матричном виде:

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = [F(\{R\} - \{V\}t)], \quad (1)$$

где $[M]$ – глобальная матрица масс;

$[K]$ – глобальная матрица жесткости конечно-элементной модели;

$[C]$ – глобальная матрица демпфирования;

$\{X\}$ – искомый вектор узловых перемещений модели;

$\{R\}$ – радиус вектор произвольной точки модели;

$\{V\}$ – скорость перемещения подвижной нагрузки;

$[F(\{R\} - \{V\}t)]$ – глобальный вектор нагрузок (при учете, что нагрузка зависит и от координат, и от времени).

3. Дискретизация нагрузки. Одним из основных качеств создаваемых моделей является экспериментальное трехэтапное подтверждение их достоверности и точности путем экспериментального определения напряженно-деформированного состояния корпусов легкобронированных машин при

действию ударной волны от подрыва специального заряда. В результате создана основа специализированной среды «Волна» для выполнения численных исследований напряженно-деформированного состояния корпусов легкобронированных боевых машин, которая может служить ядром отечественной системы автоматизированного анализа и синтеза броневых корпусов боевых машин по критериям прочности и жесткости.

Основной особенностью предлагаемого в статье подхода к дискретизации подвижной нагрузки является представление этой нагрузки в виде не отдельных кусочно-постоянных функций по пространственной координате вдоль направления распространения ударной волны, как в работах [1-5], а в виде непрерывных функций. Такая аппроксимация, во-первых, обладает повышенной точностью описания действительного распределения избыточного давления во фронте волны. Во-вторых, при этом меньше возбуждаются неизбежные сопутствующие более грубой аппроксимации давления локальные переходные процессы в бронекорпусах, которые не имеют физической природы. В-третьих, получаемые таким образом конечно-элементные модели в целом обладают и большей адекватностью, и более высокой точностью при одинаковой степени пространственно-временной дискретизации.

4. Решение модельной задачи. Для проверки работоспособности созданной модели были проведены расчеты процессов в корпусах машин типа МТ-ЛБ.

На рис. 2 показана серия из 6 кадров, которая качественно отражает характерные картины распределения перемещений во время прохождения ударной волны.

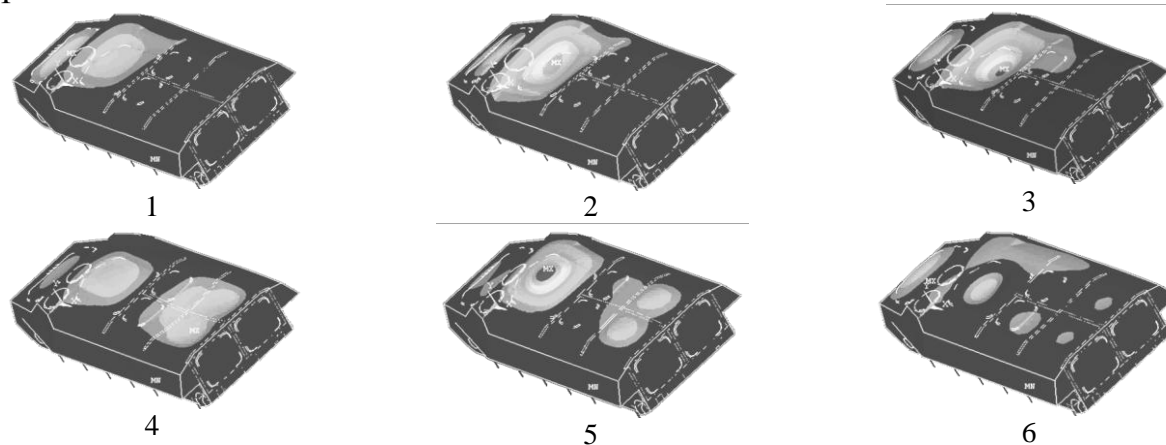


Рис. 2 – Характерные распределения перемещений в корпусе боевой машины при прохождении ударной волны

Несмотря на внешнюю аналогию полученных картин с ранее полученными [5], численно они в некоторой степени отличаются. В то же время основной результат расчетов состоит в подтверждении работоспособности разработанной технологии дискретизации ударно-волновой нагрузки.

Заключение. В статье предложена усовершенствованная технология дискретизации подвижной ударно-волновой нагрузки для конечно-элементного

моделирования реакции бронекорпусов легкобронированных машин на действие ударной волны.

Таким образом, в конечном итоге создан более совершенный инструмент численного моделирования воздействия ударной волны на корпус боевой машины, а также более адекватные математические и точные численные конечно-элементные модели корпусов на основе многовариантных расчетно-экспериментальных исследований корпусов на примере машин типа МТ-ЛБ. Это в конечном счете дает возможность ставить и решать задачи обеспечения защищенности бронекорпусов легкобронированных боевых машин от этого вида нагрузки.

В дальнейшем планируется с использованием данных наработок проведение многовариантных расчетов напряженно-деформированного состояния корпусов боевых легкобронированных машин при действии ударных волн с целью определения обоснованных схем и конструктивных параметров при выборе проектных вариантов модернизации данного типа машин, а также сравнение полученных результатов с данными экспериментальных исследований для оценки точности конечно-элементного моделирования динамического напряженно-деформированного состояния бронекорпусов уже с учетом предложенного подхода к дискретизации ударно-волновой перемещаемой нагрузки.

Список литературы: 1. Бруль С.Т. Моделирование физико-механических процессов в корпусах легкобронированных машин: подходы, модели, эффекты / С.Т. Бруль, Н.А. Ткачук, А.Ю. Васильев, И.Н. Карапейчик // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – №1. – С. 66–73. 2. Литвиненко А.В. Совершенствование математических и численных моделей напряженно-деформированного состояния элементов бронекорпусов при действии ударной волны / А.В. Литвиненко, Н.А. Ткачук, А.Ю. Васильев [и др.] // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – № 1. – С. 155-161. 3. Карапейчик І.М. Підвищення тактико-технічних характеристик легкоброньованих машин шляхом забезпечення міцності бронекорпусів / І.М. Карапейчик, С.Т. Бруль, М.А. Ткачук, Є.В. Пелешко, О.В. Кохановська // Військово-технічний збірник / Академія сухопутних військ. – Львів: АСВ, 2012. – № 2(7) – С. 33-43. 4. Храмова И.Я. Динамика и напряженно-деформированное состояние корпусов легкобронированных боевых машин / И.Я. Храмова, С.Т. Бруль, Б.Я. Литвин, А.И. Шейко, А.В. Грабовский, Д.С. Мухин // Вісник НТУ «ХПІ». Зб. наук. праць. Серія: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – № 1 (975). – С. 154-160. 5. Бруль С.Т. К вопросу о моделировании воздействия ударной волны на корпус боевой машины / С.Т. Бруль, А.Ю. Васильев // Вестник НТУ «ХПІ». Сб. научн. трудов. Тем. вып.: Машиноведение и САПР. – Харьков: НТУ «ХПІ», 2005. – № 53. –С. 29-34. 6. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 541 с. 7. Васильев А.Ю. К вопросу о деформировании корпусов транспортных средств при действии ударных нагрузок / А.Ю. Васильев // Вісник НТУ «ХПІ». Тем. вип.: Динаміка і міцність машин. Зб. наук. праць.– Харків: НТУ «ХПІ», 2005.– № 47. – С. 42-50.

Надійшла до редакції 31.10.2013

УДК 623.438:539.3

Отдельные аспекты моделирования воздействия ударной волны на корпус боевой машины / Бруль С.Т. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 42 (1015). – С. 32-37. Бібліогр.: 7 назв.

У статті пропонується удосконалена методика автоматизованого аналізу впливу ударних хвиль різного походження на корпуси легкоброньованих машин. Наведено результати тестових скінченно-елементних розрахунків впливу ударної хвилі від потужного вибуху на корпус МТ-ЛБ.

Ключові слова: напружено-деформований стан, ударна хвиля, бронекорпус, метод скінченних елементів, параметрична модель

In the paper the improved method is offered for automated analysis of different origin shocks waves influencing on lightweight vehicles hulls. Possible objects damages are described and similar phenomena analysis necessity is grounded. The results of test finite-elements computation of influencing of shock wave on the MT-LB hull are given.

Keywords: stress-strain state, shock wave, armored hull, finite element method, parametric model.

УДК. 621.7.044

Т. В. ГАЙКОВА, ст. преподаватель, КрНУ, Кременчуг;

Р. Г. ПУЗЫРЬ, канд. техн. наук, доц., КрНУ, Кременчуг;

Е. А. НАУМОВА, ассистент, КрНУ, Кременчуг.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ДЕФОРМИРОВАНИЮ СЛОИСТЫХ ЗАГОТОВОК

Особая роль среди новых материалов принадлежит слоистым металлическим композициям, обладающим новыми качествами, отличными от качеств исходных металлов. Поэтому при деформировании многослойной металлической композиции возникают трудности с построением технологических переходов, обеспечивающих заданное качество готового изделия. В статье освещены некоторые вопросы холодной пластической деформации биметалла алюминий-медь, построены экспериментальным путем зависимости усилие-деформация композиции алюминий-медь.

Ключевые слова: деформирование, образец, биметалл, медь, алюминий.

Введение. В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам совершенствования конструкционных материалов и высокоэффективных методов их обработки при создании новых образцов техники и технических систем. Прогресс в этой области сдерживается не только отсутствием необходимых материалов с требуемым комплексом физико-механических свойств, но и эффективных методов их обработки. Особая роль среди новых материалов принадлежит слоистым металлическим композициям, применение которых повышает надежность и долговечность деталей машин и агрегатов, позволяет экономить дефицитные материалы и стимулирует появление самих новых технологий.

Анализ последних исследований и литературы. При пластической деформации в слоях композиции возникают зоны с разнозначными внутренними напряжениями, которые могут привести к образованию складок, разрывов и расслоений материала готового изделия [1, 2, 3]. Слоистые металлы, полученные сваркой взрывом, обладают существенной анизотропией механических свойств [1, 4]. Поэтому при создании технологических процессов обработки слоистых металлов давлением необходимо знать их механические свойства, а также влияние термомеханических параметров подготовки и обработки. Построение экспериментальных зависимостей для определения механических свойств позволит упростить и ускорить технологический процесс производства.