

Выводы.

1. Применение ножа разработанной конструкции действительно позволяет существенно снизить величину остаточной деформации листа на 48...60% и тем самым повысить качество готового листа.

2. Величина остаточной деформации существенно зависит от ширины листа и предела прочности разрезаемого материала и может быть описана эмпирической зависимостью, которая позволяет получить количественную оценку величины данного дефекта и может быть полезна при оценке возможности практического применения рассмотренного шевронного ножа.

3. Необходимо проведение дальнейших теоретических и экспериментальных исследований, направленных на разработку рекомендаций относительно применения предложенного шевронного ножа.

Список литературы: 1. *Королев А.А.* Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов: Учебник для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1985. – 376 с. 2. *Боровик П.В.* К вопросу качества резки шевронными ножами // Обробка матеріалів тиском.: Зб. наук. пр. №1(34). – Краматорськ, 2013 р. С. 245-250. 3. Патент 2212986 Российская федерация, МПК В23D35/00. Нож шевронный для резки листового материала / Ю.С. Котелевец, В.А. Арашкевич, Ю.Д. Иванов и др.; Заявитель ОАО «Северсталь». – № 2001120645/02; заявл. 23.07.2001; опубл. 27.09.2003. 4. Декларацийний патент на корисну модель 69331 Україна, МПК В23D35/00, В23D25/00, В23D15/00. Комплект ножів ножиць для різання листового матеріалу / Суков Г. С., Алдохін Д. В., Калашніков А. А. та ін.; Заявник ПАО «Новокраматорський машинобудівний завод». – u201112194; заявлено 18.10.2011, опубл. 25.04.2012, Бюл №8.

Надійшла до редколегії 25.10.13

УДК 669:621.967.1

Повышение качества толстых листов за счёт применения шевронного ножа новой конструкции // Боровик П. В., Селезнёв М. Е. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 43 (1016). – С. 41–46. Бібліогр.:4 назви.

У статті розглянута нова конструкція шевронного ножа для поперечного різання товстих листів. На базі результатів кінцево-елементного моделювання, проведений порівняльний аналіз якості листа для випадків поперечного різання шевронними ножами класичної і запропонованої конструкції. За показник при цьому бралось максимальне відхилення від площинності. Також отримано вираження для визначення цієї величини залежно від ширини листа і межі міцності матеріалу що розділяється, при застосуванні шевронного ножа нової конструкції.

Ключові слова: шевронний ніж, різання, лист, дефект, якість, моделювання.

The article describes a new design of the chevron knife for cross-cutting of thick sheets. On the basis of the results of the finite elements modeling has been performed a comparative analysis of the quality of the sheet for the cases of cross-cutting of chevron knives of classical and the proposed design. As an indicator was taken the maximum deviation from flatness. Also it was received an expression for determining this value, depending on the width of the sheet and the tensile strength of material when the new chevron design knife is using.

Keywords: chevron knife, cutting, sheet, defect, quality, modeling.

УДК 623.438:539.3

С. Т. БРУЛЬ, канд. техн. наук, зам. директора департаменту,
Міністерство оборони України, Київ

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕАКЦИИ КОРПУСОВ ЛЕГКОБРОНИРОВАННЫХ МАШИН НА ДЕЙСТВИЕ УДАРНО-ИМПУЛЬСНЫХ НАГРУЗОК

В статье развит обобщенный подход к численному моделированию напряженно-деформированного состояния корпусов легкобронированных машин. Рассматривается случай действия ударно-

импульсных нагрузок. Приведено описание усовершенствованной математической модели.

Ключевые слова: легкобронированная машина, напряженно-деформированное состояние, ударно-импульсная нагрузка, ударный резонанс.

Введение. При проведении проектно-технологических работ, неизбежно возникающих в процессе разработки новых легкобронированных машин (ЛБМ) или при модернизации существующих, как отмечается в работе [1], требуется определение реакции бронекорпусов этих машин на действие различных поражающих факторов. Один из наиболее ответственных режимов боевого применения современных ЛБМ – ударная нагрузка от действия реактивных усилий отдачи в процессе совершения выстрелов из штатного вооружения боевых модулей. В работе [1] проведен анализ условий возникновения ударных резонансов в динамической системе, каковой является бронекорпус легкобронированной машины, подверженной действию серии импульсов отдачи при стрельбе из скорострельных пушек.

Цель данной работы – совершенствование подходов и математической модели для исследования напряженно-деформированного состояния корпусов военных гусеничных и колесных машин при динамическом воздействии усилий отдачи в процессе стрельбы из боевого модуля с целью обоснованного выбора основных конструктивных параметров корпусов при их проектировании.

Общая постановка задачи. В развитие известных методов [1-8] предлагается комплексный подход к решению возникающих задач анализа физико-механических процессов в бронекорпусах легкобронированных боевых машин. Опираясь на опыт предшествующих исследований [1-8], в целом предлагается следующий подход.

Рассмотрим различные варианты нагружения бронекорпуса: дорезонансные, резонансные и зарезонансные по отдельным собственным частотам. Для этих случаев создадим отдельные расчетные модели и применим их.

Рассмотрим отдельные составляющие предлагаемого комплекса исследований.

Разрешающие соотношения численной модели напряженно-деформированного состояния корпусов легкобронированных машин. Разрешающие уравнения для конечно-элементного описания динамического напряженно-деформированного состояния имеют традиционный вид [1, 9-11]:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = Q, \quad (1)$$

где M – матрица масс;

C – матрица демпфирования;

K – матрица жесткости конструкции;

u – вектор узловых перемещений;

\dot{u} – вектор узловых скоростей;

\ddot{u} – вектор узловых ускорений;

Q – вектор узловых нагрузок.

Как установлено в работе [1], в силу возбуждения серией импульсов от усилий отдачи бронекорпус военной гусеничной или колесной машины может

испытывать ударный резонанс на некоторой частоте, находясь по отношению к определенной собственной частоте в дорезонансном или зарезонансном режимах нагружения. В силу этого рассмотрим 3 случая.

1. Околорезонансный режим.

Выделяя этот режим и используя то свойство [12], что нагрузка $Q(t)$ и переменные $u(t)$ при этом будут сдвинуты на угол $\pi/2$, динамическое напряженно-деформированное состояние (1) можно проанализировать, рассматривая ряд квазистатических задач с комбинацией инерционных и внешних нагрузок, соответственно сдвинутых на этот угол. Этот подход эффективен, например, при большом разделении спектра собственных частот (т.е. когда формы колебаний, соответствующие преимущественно деформированию элементов подвески, соответствуют частотам, намного ниже, чем формы колебаний, соответствующие деформированию элементов бронекорпуса).

2, 3. До- и зарезонансный режимы. В этих случаях, особенно при большом удалении частот возбуждения от резонансных, для дорезонансных частот можно рассмотреть квазистатическое приложение внешней нагрузки, а для зарезонансных частот – сдвинутое на фазу π от переменных $u(t)$ (и, соответственно, инерционных нагрузок).

Такой подход позволяет избавиться от достаточно громоздкой и затратной процедуры численного интегрирования уравнений (1) для определения динамического напряженно-деформированного состояния бронекорпусов при сохранении приемлемой точности. Данное свойство очень полезно на первых этапах проектных исследований.

Определение спектра собственных частот бронекорпусов легкобронированных боевых машин. Бронекорпуса современных легкобронированных машин имеют сложную форму и структуру. Обычно геометрические модели бронекорпусов создаются в мощных САД-системах (рис. 1). Затем полученные конечно-элементные модели передаются в САЕ-пакеты для создания конечно-элементных моделей. В результате в этих системах по имеющейся информации о геометрической и конечно-элементной моделях (см. (1)) генерируются матрицы M , C и K . При малом демпфировании собственные частоты и формы колебаний бронекорпусов определяются, как известно [1,9-11], из уравнений

$$(K - p^2 M) \lambda = 0, \quad (2)$$

где p – массив собственных частот колебаний p_i ;

$\lambda = \{\lambda_i\}^T$ – соответствующие собственные формы колебаний.

На рис. 2 представлены спектры частот колебаний бронекорпуса некоторой гусеничной машины, а на рис. 3 – отдельные собственные формы колебаний колесной машины.

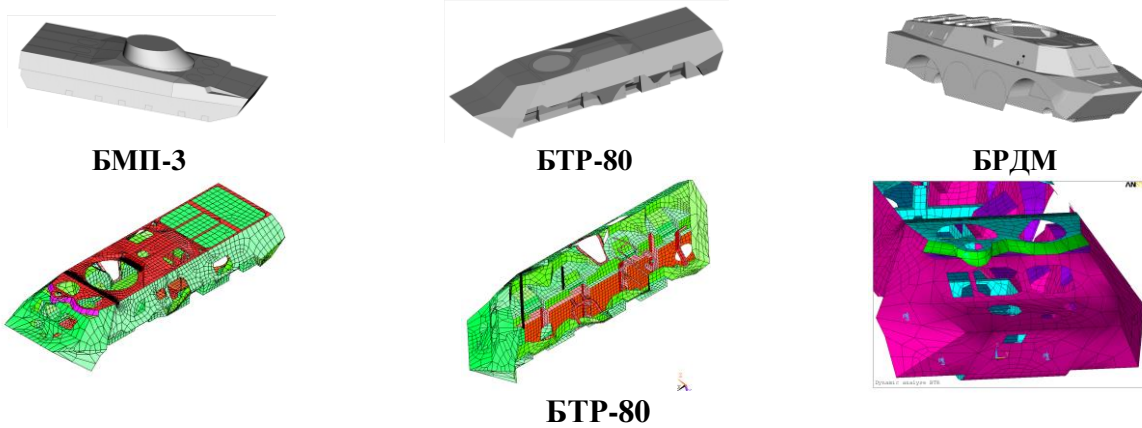


Рис. 1 – Геометрические и конечно-элементные модели бронекорпусов легкобронированных боевых машин

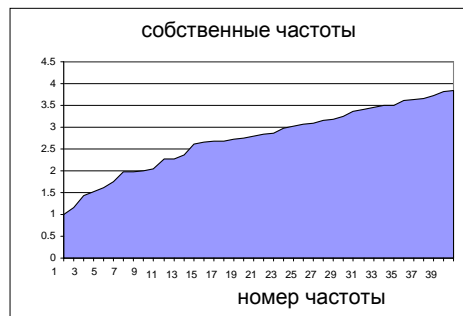


Рис. 2 – Спектр собственных частот колебаний бронекорпуса легкой гусеничной машины

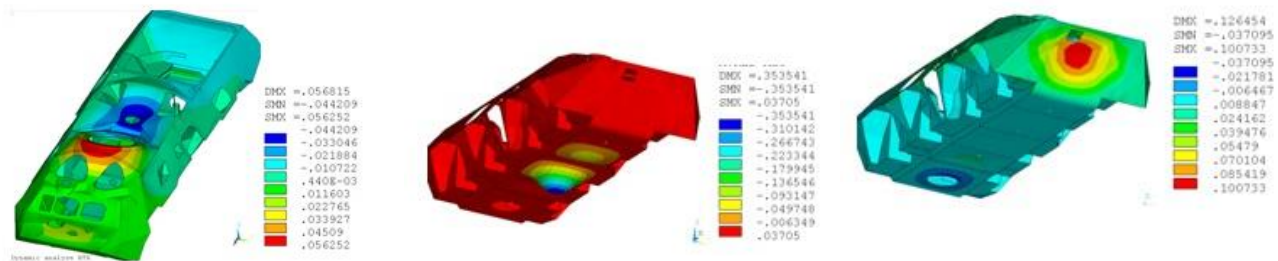


Рис. 3 – Собственные формы колебаний бронетранспортера БТР-80

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что спектр собственных частот колебаний ЛБМ достаточно густой. При этом собственные формы колебаний характеризуются наличием разнообразных локализаций узлов и пучностей. Отсюда следует, что при гармоническом воздействии варьируемой частоты могут возбуждаться колебания нескольких смежных форм, причем зоны с повышенными перемещениями и напряжениями могут располагаться в разных частях бронекорпуса.

Выводы. В работе описана методика оперативного исследования реакции бронекорпуса легкобронированной машины на действие многоимпульсного нагружения.

Предлагаемый в данной статье подход не предусматривает, как в работе [1], прямого численного интегрирования разрешающих уравнений (1) во времени. Путем анализа собственных частот и форм колебаний бронекорпуса, а

также частотных характеристик усилий отдачи, определяется набор квазистатических задач для оценки напряженно-деформированного состояния бронекорпуса и принятия соответствующих проектных решений. Учитывая высокую скорость решения этих задач, получаем осязаемое ускорение этапа численных исследований, особенно в случае учета небольшого количества собственных частот и форм колебаний бронекорпуса.

В дальнейшем представленная методика будет использована для анализа реакции бронекорпусов легкобронированных боевых машин на серию ударно-импульсных воздействий и обоснования их рациональных проектных решений.

Список литературы. 1. Бруль С.Т. Моделирование реакции корпусов легкобронированных машин на действие ударно-импульсных нагрузок / С.Т. Бруль, И.Н. Каранейчик, В.М. Мазин, Н.А. Ткачук // Вісник НТУ «ХПІ». Зб. наук. праць. Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – № 22. – С. 12–19. 2. Гриценко Г.Д. Определение характера реакции динамической системы на импульсное воздействие на примере корпуса бронетранспортера / Г.Д. Гриценко // Вестник НТУ «ХПІ». Сб. научн. трудов. Тем. вып.: Машиноведение и САПР. – Харьков: НТУ «ХПІ», 2005. – № 53. – С. 66–79. 3. Грабовский А.В. Моделирование динамики корпуса транспортного средства специального назначения / А.В. Грабовский, Г.Д. Гриценко, А.Ю. Танченко, Н.А. Ткачук // Вісник НТУ «ХПІ». Зб. наук. праць. Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ «ХПІ», 2006. – № 24. – С. 54–70. 4. Бруль С.Т. Моделирование легкобронированных машин при боевому застосуванні як складних динамічних систем / С.Т. Бруль, М.А. Ткачук, А.Ю. Васильев, Є.В. Пелешко // Тези доп. на 4-й Всеукр. наук.-техн. конф. «Перспективи розвитку озброєння і військової техніки сухопутних військ», м. Львів, 12–13 квітня 2011 р. – С. 35. 5. Васильев А.Ю. Числовые значения зон в пространстве относительно бронекорпуса, небезпечних з точки зору ураження кінетичними боеприпасами / А.Ю. Васильев, М.А. Ткачук, О.Є. Шаталов // Перспективи розвитку озброєння і військової техніки сухопутних військ. Збірка тез доповідей Четвертої Всеукр. наук.-техн. конф. – Львів: Друкарня АСВ ім. гетьмана П. Сагайдачного, 2011. – С. 40–41. 6. Пелешко Є.В. Динаміка корпусу бойової машини при здійсненні стрільби із скорострільних гармат / Є.В. Пелешко, О.В. Мартиненко, А.В. Грабовський, С.Т. Бруль // Перспективи розвитку озброєння і військової техніки сухопутних військ. Збірка тез доповідей Четвертої Всеукр. наук.-техн. конф. – Львів: Друкарня АСВ ім. гетьмана П. Сагайдачного, 2011. – С. 153. 7. Пелешко Є.В. Комплексне дослідження міцності та жорсткості корпусів транспортних засобів спеціального призначення / Є.В. Пелешко, М.А. Ткачук, С.Т. Бруль [та інш.] // Вестник НТУ «ХПІ». Сб. научн. трудов. Тем. вып.: Транспортное машиностроение. – 2010. – №39. – С. 116–131. 8. 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. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ «ХПІ», 2006. – Т. 1. – С. 57–79. 9. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 541 с. 10. Стренг Г. Теория метода конечных элементов / Г. Стренг, Дж. Фикс. – М.: Мир, 1977. – 349 с. 11. Норри Д. Введение в метод конечных элементов / Д. Норри. – М.: Мир, 1981. – 304 с. 12. Бабаков И.М. Теория колебаний / И.М. Бабаков. – М.: Дрофа, 2004. – 591 с.

Надійшла до редколегії 31.10.2013

УДК 623.438:539.3

К вопросу моделирования реакции корпусов легкобронированных машин на действие ударно-импульсных нагрузок / Бруль С. Т. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 43 (1016). – С. 46–50. Бібліогр.:12 назв.

У статті розвинено узагальнений підхід до числового моделювання напружено-деформованого стану корпусів легкоброньованих машин. Досліджується випадок дії ударно-імпульсних навантажень. Наведено опис удосконаленої математичної моделі.

Ключові слова: легкоброньована машина, напружено-деформований стан, ударно-імпульсне навантаження, ударний резонанс.

In the paper the generalized approach to numerical modeling of stress-strained state of lightly armoured vehicles hulls is developed. The case of shock impulsive loadings action is considered. The description of improved mathematical model is given.

Keywords: lightly armored vehicle, stress-strain state, shock-pulse loading, shock resonance.