

передача в машинах. - Москва: Наука. - 1971. - С. 115-122. 2. *Ефименко А.Б.* Гиперboloидная незвольвентная передача внутреннего зацепления: дис. на соискание ученой степени доктора техн. наук : 05.02.02 / А.Б. Ефименко. - Москва, 1969. - 290 с. 3. *Ерихов М.Л.* К вопросу о синтезе зацеплений с точечным касанием // Теория передач в машинах. - М.: Машиностроение, 1966. 4. Проспект фирмы «*Рейсхауэр*». Экономичная конечная обработка зубьев после закалки в крупносерийном производстве. 5. *Витренко А.Н.* Исследование геометрии и кинематики цилиндрико-гиперboloидных передач: Дисс...канд. техн. наук: 01.02.02.- Ворошиловград., 1975.- 214 с.

*Надійшла до редакції 16. 04.2014*

УДК621.833.002:621.9

Изготовление гиперboloидных зубчатых колес и фрез на однополостных гиперboloидах / **С.Г.Кириченко** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Машинознавство та САПР. - Х. : НТУ «ХПІ», 2014. - № 29 (1072). - С. 63-67. - Бібліогр.: 5 назв. ISSN 2079-0075.

В статті розглядається виготовлення гіперboloидних зубчатих коліс та фрез за допомогою виробляючих інструментів

**Ключові слова:** зубчасте колесо, фреза, однополосний гіперboloїд

The article considers production of hyperboloid gears and cutters using producing tools

**Keywords:** hyperboloid, gear cutter

УДК 539.3:623.438

**А.В. ЛИТВИНЕНКО**, к. т. н., соиск. каф. ТММиСАПР НТУ „ХПИ”

## **ОБЩИЙ ПОДХОД К ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЕННЫХ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН ПУТЕМ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ БРОНЕКОРПУСОВ ПО КРИТЕРИЯМ ПРОЧНОСТИ И ЗАЩИЩЕННОСТИ**

В работе проведено обобщение результатов анализа конструкций, технологии изготовления и условий производства военных гусеничных и колесных машин легкой категории по массе, а также действующих поражающих факторов в условиях боевого применения и методов исследований, что свидетельствует о противоречии между потребностями бронетанкостроения в методах проектно-технологического обеспечения тактико-технических характеристик (ТТХ) объектов бронетанковой техники и возможностями науки. На основе развития метода обобщенного параметрического моделирования и распространения его на проектно-технологические решения предложен новый подход к обеспечению заданных ТТХ легкоробрированных машин за счет взаимодействия и взаимовлияния конструктивных решений, технологических режимов и условий производства. При этом впервые множество технологических факторов привлечено как определяющее в значительной степени уровень ТТХ и как варьируемое, искомое.

**Ключевые слова:** военная гусеничная и колесная машина, тактико-техническая характеристика, бронекорпус, физико-механический процесс, жизненный цикл

**Введение.** Бронетанкостроение Украины сложилось как одна из основных отраслей военно-промышленного комплекса СССР. При этом для обеспечения тактико-технических характеристик военных колесных и гусеничных машин (ВКГМ) действовала стройная система, охватывающая все этапы жизненного цикла изделий – от формирования тактико-технических требований Вооруженными Силами до полигонных испытаний и боевого применения. Важнейшими этапами, на которых закладываются, обеспечиваются и воплощаются тактико-технические характеристики боевых бронированных машин, являются соответственно их кон-

струирование, технологическая подготовка и производство. Все эти этапы нуждаются в соответствующем научном сопровождении.

В то же время, анализируя сегодняшнее состояние всех упомянутых выше звеньев обеспечения тактико-технических характеристик ВГКМ в бронетанкостроении Украины, можно сделать заключение, что на протяжении десятков лет основное внимание уделялось проектным разработкам тяжелой техники и ее изготовлению. Это обусловлено тем, что в Украине действуют флагманы отечественного и бывшего советского бронетанкостроения – ГП "ХКБМ им. А.А. Морозова" и ГП "Завод им. В.А. Малышева". Вместе с тем гораздо меньшее внимание уделялось технологической подготовке производства и научному сопровождению всех этапов разработки новой техники. В результате образовался определенный перекос во всем цикле создания новых объектов бронетанковой техники с высокими тактико-техническими характеристиками (ТТХ). Ниша, занимаемая центральными научно-исследовательскими технологическими учреждениями, в настоящее время функционально не заполнена на необходимом уровне. Отдельные направления исследовательских работ выполняются некоторыми институтами, университетами, а также силами КБ и заводчан, которым они не свойственны.

---

© А.В. Литвиненко, 2014

Исходя из того, что ТТХ ВГКМ требуют соблюдения баланса затрат, квалификации и уровня деятельности на проектном этапе, при исследованиях, технологической подготовке производства и непосредственно при их изготовлении, можно сделать вывод о том, что одной из важнейших проблемных компонент является как раз технологическая подготовка и научное сопровождение разработок военных гусеничных и колесных машин.

Также следует принять во внимание, что отечественное бронетанкостроение сравнительно недавно начало развивать разработку и изготовление легкобронированных машин, в частности, колесных, для которых, в отличие от боевых машин тяжелой категории по массе, возникают свойственные только им проблемные вопросы. Во-первых, это связанность многих компонент тактико-технических характеристик, которые для тяжелых машин разделялись. Так, массивная пассивная бронезащита последних принципиально покрывала потребности в жесткости и прочности корпуса как несущего элемента конструкции, замыкающего на себе силовые потоки от усилий подвески, от реактивных усилий при стрельбе из собственных систем вооружения, от действия силовых, весовых и инерционных нагрузок от двигателя, трансмиссии и т. п. Таким образом, составляющие защищенности, деформируемости и точности ведения огня, прочности от динамических и импульсных воздействий и т. п. разнесены для этих машин в последовательности проектного обеспечения конечных ТТХ. Однако для легкобронированных машин эти вопросы в силу тонкостенности конструкции взаимосвязаны непосредственно. Например, защищенность обуславливается распределением бронелистов по проекциям корпуса, тем самым определяя прочностные и жесткостные характеристики, а также объем и конфигурацию забронированного пространства – важные компоненты обитаемости, массу и форму внешних обводов, которые влияют на характеристики подвижности и т. п. Таким образом, все эти компоненты ТТХ следует обеспечивать согласованно. При этом первичной по-прежнему остается проблема защищенности как отправного элемента при разработке легкобронированных машин.

Кроме того, все составляющие ТТХ проявляются на этапе боевого применения при действии комплекса поражающих факторов, что сопровождается различными физико-механическими процессами. Таким образом, еще одной проблемной стороной обеспечения заданных тактико-технических характеристик является их органическая связь с процессами и состояниями, определяемыми режимами боевого применения легкобронированных машин, а также проектно-технологическими решениями, параметрами и условиями производства машин. Соответственно, на этапе разработки получить определенное представление об уровне тактико-технических характеристик ВГКМ можно только расчетным путем. Учитывая, что поражающие факторы имеют тенденцию к росту интенсивности и увеличению разнообразия их типов, применяемые новые материалы бронекорпусов характеризуются послышной неоднородностью свойств, а реализуемые физико-механические процессы характеризуются существенной нелинейностью, то речь может идти о компьютерном моделировании. В то же время отработанные устоявшиеся методики компьютерного моделирования всей совокупности процессов и состояний, в полной мере решающие весь комплекс возникающих задач, в настоящее время отсутствуют. Существующие исследования [1-12] посвящены отдельным аспектам моделирования физико-механических процессов в увязке с достижением тех или иных составляющих ТТХ. Это, например, защищенность от действия кумулятивных боеприпасов, воздействие взрывов мин, динамика движения по пересеченной местности и нагружение элементов подвески и т. п. Однако не нашли своего завершающего решения задачи обоснования комплекса проектно-технологических решений, определяющих уровень защищенности легкобронированных машин.

Принимая во внимание комплекс перечисленных аспектов, можно сделать вывод, что в настоящее время сложилось глубокое противоречие между потребностями бронетанкостроения в научно обоснованных проектно-технологических решениях по обеспечению ТТХ объектов бронетанковой техники, с одной стороны, и теоретической основой исследований, – с другой. Для разрешения этого противоречия необходим комплекс масштабных разработок, на одну из составляющих которых направлена данная работа.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что разработка методов проектно-технологического обеспечения заданных тактико-технических характеристик ВГКМ путем обоснования технических решений их бронекорпусов по критерию защищенности от действия поражающих факторов является актуальной научной проблемой, имеющей важное значение для бронетанкостроения Украины.

**Постановка задач исследований.** Целью работы является разработка общего подхода к созданию научных основ проектно-технологического обеспечения защищенности ВГКМ на основе результатов математического моделирования физико-механических процессов и состояний бронекорпусов с учетом технологических факторов и обоснования на их основе рациональных проектно-технологических решений. Для достижения заявленной цели в работе поставлены и решены следующие задачи.

1. Совершенствование математических моделей физико-механических процессов и состояний в бронекорпусах легкобронированных машин при действии на них различных поражающих факторов на основе интеграции нелинейных моделей и обобщенного параметрического описания объектов исследований.

2. Программная реализация предложенного подхода и усовершенствованной

математической модели в виде программно-модельного комплекса для компьютерного моделирования реакции бронекорпусов легкобронированных машин на действие поражающих факторов.

3. Решение прикладных задач исследования реакции бронекорпусов ряда боевых бронированных машин на действие различных поражающих факторов и разработка рекомендаций по обоснованию проектно-технологических решений, обеспечивающих заданные ТТХ легкобронированных машин.

4. Совершенствование метода расчетно-экспериментального обоснования параметров численных моделей бронекорпусов легкобронированных машин, адекватно и точно отражающих их реакцию на действие поражающих факторов.

5. Экспериментальные исследования элементов бронекорпусов в лабораторных, заводских и полигонных условиях. Оценка адекватности созданных моделей, точности полученных путем компьютерного моделирования результатов и достоверности рекомендаций, разработанных на их основе. Внедрение результатов исследований в производство.

**Методика исследований.** Для создания теоретических основ проектно-технологического обеспечения защищенности объектов бронетанковой техники был привлечен метод обобщенного параметрического описания сложных механических систем, дополненный множеством проектно-технологических решений как варьируемых обобщенных параметров. Формирование математических моделей физико-механических процессов и состояний осуществляется на базе аппарата механики сплошной среды, в том числе – теории упругости и пластичности, уравнений газодинамики, теории колебаний. Дискретизация разрешающих уравнений производится методом конечных элементов. Компьютерное моделирование осуществляется в среде программных пакетов SolidWorks, Pro/ENGINEER, ANSYS, LS-DYNA.

Экспериментальное исследование фрагментов, макетов и натурных образцов бронекорпусов производилось методами голографической интерферометрии, акселерометрии, динамической тензометрии, а также путем фиксации перемещений прогибомерами, а давлений – датчиками давлений. Анализ полученных результатов осуществлялся на основе предложенного в работе варианта расчетно-экспериментальных исследований с поэтапной верификацией численных моделей на объектах разного уровня сложности. Он дает возможность решать весь комплекс задач обоснования рациональных параметров бронекорпусов на этапах проектирования и технологической подготовки производства легкобронированных боевых машин. Таким образом, в совокупности предложена методологическая основа решения актуальной и важной для отечественного бронетанкостроения задачи.

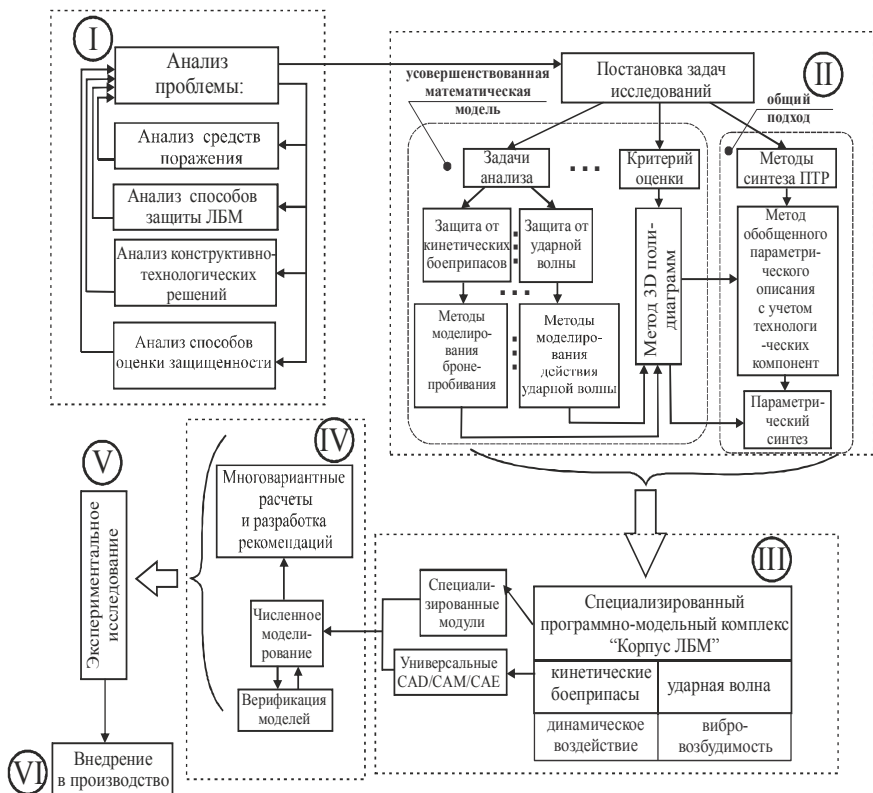


Рисунок 1 – Структура и содержание проведенных исследований

**Результаты работы.** Общие подходы и этапы решения поставленной проблемы представлены на рис. 1. В соответствии с изложенными выше этапами, методами и средствами были реализованы следующие задачи:

- 1) на основе метода обобщенного параметрического моделирования разработана новая усовершенствованная комплексная математическая модель физико-механических процессов и состояний бронекорпусов военных гусеничных и колесных машин с учетом воздействия на тактико-технические характеристики их проектно-технологических параметров;
- 2) разработан специализированный программно-модельный комплекс, реализующий возможности созданного математического обеспечения;
- 3) проведен комплекс численных исследований объектов бронетанковой техники и на этой основе разработаны рекомендации по проектно-технологическому обеспечению защищенности бронекорпусов ВКГМ;
- 4) проведено расчетно-экспериментальное исследование фрагментов, макетов и натуральных образцов бронекорпусов ВКГМ и определена точность полученных численных результатов;
- 5) проведено внедрение результатов исследований в производство.

Для реализации всего комплекса исследований использовалось лицензионное программное обеспечение Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»: системы SolidWorks, Creo, ANSYS, LS-DYNA. Для экспериментальных исследований привлекались вибростенды, голографические установки, акселерометрическая аппаратура, тензометрические датчики и приборы, датчики давлений, прогибомеры и другая аппаратура, имеющаяся в распоряжении НТУ «ХПИ» и предприятий ПАО «Азовмаш». При этом использовалась аттестованная аппаратура для проведения комплекса экспериментальных исследований, которая прошла метрологическую проверку и обладает высокой точностью (погрешность на уровне 2-4%).

В ходе решения поставленной проблемы получены следующие новые научные результаты, освещенные в ряде работ [3-15]. В этих работах описаны следующие результаты.

1. Предложен новый подход к проектно-технологическому обеспечению защищенности ВГКМ на основе представления тактико-технических характеристик легкобронированных машин как результата конструктивных решений, технологической подготовки производства, условий изготовления и режимов боевого применения, причем принципиально новым является учет проектно-технологических решений как составного, важного и варьируемого фактора для достижения требуемого уровня их ТТХ.

2. Для расчетного моделирования тактико-технических характеристик объектов бронетанковой техники разработана усовершенствованная математическая модель, в которую, в отличие от традиционных, интегрированы обобщенные проектно-технологические параметры, действующие в боевых условиях поражающие факторы, а также составляющие тактико-технических характеристик, получаемые как результат моделирования протекающих физико-механических процессов и реализуемых состояний. Этим самым увязываются, с одной стороны, параметры, описывающие объекты бронетанковой техники, а с другой – требуемые тактико-технические характеристики, что дает возможность встраивать создаваемые модели анализа в процедуры синтеза, в частности, бронекорпусов легкобронированных машин по критерию обеспечения защищенности.

3. При решении частных задач о действии на бронекорпус различных поражающих факторов учтены новые параметры. Так, для исследования реакции бронекорпуса на действие ударно-волновой нагрузки в нелинейной упруго-пластической постановке учтена, в отличие от традиционных методик, зависимость напряжений не только от деформаций, но и от скорости деформирования. Кроме того, учтено наличие нескольких участков диаграммы деформирования материалов, что дает возможность прогнозировать момент начала их разрушения, а, соответственно, установить различные уровни защитных свойств. В отличие от прежних постановок, учтен также фактор не только величины избыточного давления во фронте волны, но и направление ее прихода относительно бронекорпуса. Кроме того, промоделировано не только распространение, но и процесс возникновения ударной волны в результате подрыва взрывчатого вещества.

4. При решении задачи о бронезащищенности от действия кинетических боеприпасов учтена, в отличие от традиционных подходов, многослойная, составная и разнесенная структура бронепреграды в единой математической модели. Кроме этих конструктивных решений, учтена также неоднородность свойств по толщине бронепанелей, порождаемая термохимическим воздействием на поверхностные

слои, в результате чего происходит их обезуглероживание, обезлегирование, снижение прочности и твердости.

5. Для анализа динамического напряженно-деформированного состояния бронекорпусов легкобронированных машин обосновано применение на стадии упругого поведения материалов конструкции моделей материалов, в том числе сварных швов, с едиными физико-механическими свойствами. Этим самым резко снижается размерность получаемой задачи. Кроме того, анализ прочности, жесткости и защитных свойств бронекорпуса проводится с учетом существенно отличающихся механических свойств материалов панелей по толщине, сварных соединений – по площади, а элементов силовой структуры – по сечениям в зоне соединений. Это дает возможность более точного моделирования тактико-технических характеристик, в том числе – защищенности бронекорпусов.

6. Для более точного формирования критериальных оценок изменения бронезащищенности в развитие метода 3D диаграмм бронестойкости введена новая характеристика. Она базируется на построении многолепестковых диаграмм, соответствующих различным наборам параметров, а на их основе – формирование объемов, заключенных между "номинальной" поверхностью (соответствующей базовому набору параметров) и "реперными", соответствующими возмущенным наборам параметров. В качестве критерия предлагается минимизировать величину объема внутри "номинальной" поверхности, максимизировать – вне или составить их комбинацию. Таким образом, получим развитие инструмент для решения не только задач анализа, но и синтеза.

7. В дополнение к физической, геометрической и структурной нелинейностям, которые введены в работе для проведения моделирования физико-механических процессов и состояний бронекорпусов легкобронированных машин, в работе также исследованы *параметрически* нелинейные модели. Так, для анализа вибрационной возбудимости бронекорпусов, в частности, усилиями отдачи при производстве выстрелов из скорострельных орудий, осуществлено развитие метода линеаризации отклика собственных частот колебаний конструкции на варьирование проектно-технологических параметров. При этом предложено использовать, в отличие от фиксированного набора так называемых реперных решений, по которым производится линеаризация, плавающий их набор. Таким образом, в отличие от процедур "черного" и "белого ящика", разработана усовершенствованная процедура "серого ящика", то есть для прогноза характеристик при варьировании параметров используется дополнительная информация об объекте исследований, причем степень "прозрачности" этой модели постоянно повышается одновременно с осуществлением процедуры итерационного уточнения решения задач синтеза.

8. В ходе расчетных исследований установлены зависимости отдельных компонент ТТХ от проектно-технологических параметров, на основе чего разработаны рекомендации по их обоснованию.

9. Проведено развитие методов расчетно-экспериментального обоснования параметров численных моделей, обеспечивающих точность моделирования процессов, состояний и определения характеристик исследуемых объектов; в отличие от традиционных одностадийных, предложен многостадийный метод, предполагающий многоуровневый процесс расчетно-экспериментальной верификации, начинающая с фрагментов, продолжая макетами и заканчивая – натурными образцами объектов ВГКМ. В частности, применительно к бронекорпусам легкобронированных машин предложено исследовать фрагменты бронепанелей, макеты бронекорпусов

и сами бронекорпуса на действие различных факторов. В результате получаемые численные модели обеспечивают более высокую точность результатов, а, значит, и достоверность разрабатываемых на их основе рекомендаций.

Перечисленные результаты получены в ходе выполнения ряда НИР и частично изложены в публикациях [1-15].

**Анализ результатов и выводы.** Анализ результатов решения описанных задач [1-15] позволяет сделать вывод, что в итоге получила решение актуальная научно-техническая проблема разработки теоретических основ обеспечения ТТХ легкобронированных машин путем обоснования проектно-технологических решений бронекорпусов по критерию защищенности от действия комплекса поражающих факторов, и дает основание сделать следующие выводы.

1. Предложенный новый подход интегрирован в комплекс математических моделей, которые, в отличие от известных, являются нелинейными, в них отражены все варьируемые, в том числе технологические, параметры. Также в этих моделях отражены не только физические, геометрические, структурные нелинейности, но и параметрические, что отличает их от известных. При этом новыми качествами созданных моделей является то, что составляющие ТТХ могут определяться в ходе анализа физико-механических процессов и состояний как их результат или характеристики.

2. Комплекс математических моделей на основе заявленного подхода реализован в виде специализированного программно-модельного комплекса, который, в отличие от известных, построен на соединении преимуществ универсальных программных продуктов и специализированных модулей, учитывающих особенности того или иного конкретного объекта исследований и переводящих их в предметную область. На этой основе созданы модели газодинамического обтекания бронекорпусов ряда машин, а также их упруго-пластического деформирования и разрушения под действием ударной волны и кинетических боеприпасов, модели динамического напряженно-динамического состояния и вибровозбудимости бронекорпусов при действии усилий отдачи и других факторов. Созданный специализированный программно-модельный комплекс, в отличие от других инструментов компьютерного моделирования, никоим образом не сужает возможности, заложенные в математических моделях исследуемых процессов и состояний, но при этом дает возможность увязать проектно-технические параметры и отдельные составляющие ТТХ. Это позволяет интегрировать его в системы автоматизированного проектирования, технологической подготовки производства и исследований, эксплуатируемые в КБ, НИИ, университетах, на предприятиях, причем в режиме их штатного функционирования. При этом достигается значительная экономия ресурсов, повышается оперативность исследований при сохранении приемлемого уровня точности.

3. Проведенный и описанный в ряде работ комплекс численных исследований реакции бронекорпусов легкобронированных машин на действие ударной волны, кинетических снарядов, усилий отдачи при стрельбе дал возможность установить закономерности их влияния на защищенность и разработать рекомендации по обоснованию проектно-технологических параметров.

4. Для обоснования адекватности математических моделей, точности результатов численных исследований, достоверности и обоснованности разрабатываемых на их основе рекомендаций в работе создан новый метод расчетно-экспериментальной верификации численных моделей. В отличие от традиционной одностадийной, в этом варианте метода расчетно-экспериментальных иссле-



дований передбачена їх багатоуровнева система: від рівня фрагментів через макетне моделювання до випробувань натурних зразків. При цьому досягається значно вища точність результатів досліджень і, що особливо важливо, верифікована таким чином розрахункова (наприклад, скінченно-елементна) модель набуває відносно самостійного значення і цінності як научної, практичної і комерційної продукції, з використанням якої можна розв'язувати задачі проектно-технологічного забезпечення ТТХ нових машин з економією ресурсів, часу і з високою точністю.

5. В ході експериментальних досліджень ряду фрагментів, макетів і натурних зразків бронекорпусів прогнозовані розрахунком закономірності, ефекти і характеристики знайшли своє підтвердження [12-15]. При цьому рівень похибки результатів не перевищує  $15 \div 20\%$ , а по окремих характеристиках – до  $4 \div 8\%$ .

В результаті впровадження рекомендацій, розроблених на основі результатів проведених досліджень, виконаних з залученням запропонованого в роботі підходу, вдалося забезпечити захищеність, міцність, жорсткість, відстройку від резонансних частот бронекорпусів ряду легкоброньованих машин. Цим самим створена база методологічного, алгоритмічного і програмно-моделювального забезпечення для розв'язання поставленої задачі забезпечення заданих тактико-технічних характеристик знову проектуваних машин.

В подальшому планується застосувати розроблений підхід до дослідження фізико-механічних процесів і складових бронекорпусів транспортних засобів спеціального призначення і обґрунтування проектно-технологічних рішень.

**Список літератури:** 1. *Чепурної А.Д.* Автоматизоване проектування карт розкрою, підготовки і випуску управляючих програм для машин термічної різки в виробстві бронедеталей корпусів і башен БТР / *А.Д. Чепурної, А.В. Литвиненко, І.В. Артемов* // Вісник НТУ "ХПІ". Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – №23. – С. 121-127. 2. *Гриценко Г.Д.* Застосування спеціалізованих систем автоматизованого аналізу і синтезу складних механічних конструкцій: визначення напружено-деформованого стану і обґрунтування параметрів / *Г.Д. Гриценко, А.В. Ткачук, Н.А. Ткачук, Е.В. Пелешко, С.Т. Бруль, А.В. Литвиненко* // Вісник НТУ «ХПІ». Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – №14. – С. 17-25. 3. *Гриценко Г.Д.* Експериментальні дослідження динамічних процесів в макетах бронекорпусів транспортних засобів спеціального призначення / *Г.Д. Гриценко, Н.А. Ткачук, Е.В. Пелешко, А.В. Литвиненко* // Вісник НТУ «ХПІ». Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – №28. – С. 16-20. 4. *Пелешко Є.В.* Комплексне дослідження міцності та жорсткості корпусів транспортних засобів спеціального призначення / *Є.В. Пелешко, М.А. Ткачук, С.Т. Бруль, О.В. Литвиненко, І.М. Карапейчик* // Вісник НТУ «ХПІ». Тем. вип.: Транспортне машиностроєння. – Харків: НТУ 2010, «ХПІ». – №39. – С. 116–131. 5. *Пелешко Є.В.* Розрахунково-експериментальні дослідження динамічних характеристик бронекорпусів машин легкої категорії за масою / *Є.В. Пелешко, А.В. Литвиненко, С.Т. Бруль* // Вісник НТУ «ХПІ». Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – №22. – С. 81-86. 6. *Карапейчик І.Н.* Чисельне моделювання реакції тонкостінної конструкції на вплив ударно-вільнової навантаження / *І.Н. Карапейчик, С.Т. Бруль, В.М. Мазин, А.В. Литвиненко, А.Ю. Васильєв* // Вісник НТУ "ХПІ". Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – 2011. – № 51. – 2011. – С. 59–65. 7. *Карапейчик І.Н.* Розширена розрахунково-експериментальна ідентифікація параметрів чисельних моделей корпусних елементів транспортних засобів спеціального призначення / *І.Н. Карапейчик, А.В. Литвиненко, С.Т. Бруль, Н.А. Ткачук, А.Ю. Васильєв* // Вісник НТУ «ХПІ». Тем. вип.: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – №22. – С. 69-77. 8. *Ткачук Н.А.* Експериментальні дослідження корпусів легкоброньованих машин / *Н.А. Ткачук, І.Н. Карапейчик, А.В. Литвиненко* // Вісник СевНТУ. Серія: Механіка, енергетика, екологія. – Севастополь: СевНТУ, 2012. – № 133/2012. – С. 37-43. 9. *Литвиненко А.В.* Совершенствование математических и численных моделей напряженно-деформированного состояния элементов бронекорпусов при действии ударной волны / *А.В. Лит-*

виненко, Н.А. Ткачук, А.Ю. Васильев, Б.Я. Литвин, А.И. Шейко // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ «ХП», 2012. – №1. – С. 155-161. **10.** Литвиненко А.В. Общий подход к проектно-технологическому обеспечению защищенности бронекорпусов транспортных средств специального назначения / А.В. Литвиненко, Н.А. Ткачук, Б.Я. Литвин, А.И. Шейко // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ «ХП», 2012. – №2. – С. 221-229. **11.** Ткачук Н.А. Решение задач расчетно-экспериментального исследования элементов сложных механических систем / Н.А. Ткачук, Г.Д. Гриценко, Э.В. Глуценко и др. // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ «ХП», 2004. – № 2. – С. 85-96. **12.** Литвиненко А.В. Проектно-технологическое обеспечение тактико-технических характеристик легкобронированных машин на основе исследования прочностных характеристик корпусов // №14 (1057). – С. 50-56. **13.** Чепурной А.Д. Общий подход к обоснованию параметров проектируемых машин на основе гибридных расчетно-экспериментальных моделей / А.Д. Чепурной, Г.П. Глинин, А.В. Литвиненко, Н.А. Ткачук // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ «ХП», 2009. – №2. – С. 103-108. **14.** Литвиненко А.В. Комплексные экспериментальные исследования динамических характеристик фрагментов, макетов и натуральных образцов элементов бронекорпусов транспортных средств специального назначения / А.В. Литвиненко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ «ХП», 2013. – № 1(975). – С. 85-93. **15.** Литвиненко А.В. Обоснование проектно-технологических решений при производстве бронекорпусов ВГКМ: теория, методы, модели, алгоритмы / А.В. Литвиненко, Н.А. Ткачук, А.В. Грабовский, В.Е. Федосов, Н.М. Степанов // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ «ХП», 2013. – №2. – С. 188-198.

*Поступила в редколлегию 16.04.2014*

УДК 539.3:623.438

Общий подход к проектно-технологическому обеспечению тактико-технических характеристик военных колесных и гусеничных машин путем обоснования параметров бронекорпусов по критериям прочности и защищенности / **А.В. Литвиненко** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Машинознавство та САПР. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 29 (1072). – С. 68-77. – Бібліогр.: 15 назв. ISSN 2079-0075.

У роботі проведено узагальнення результатів аналізу конструкцій, технології виготовлення і умовий виробництва військових гусеничних і колісних машин легкої категорії по масі, а також діючих вражаючих факторів в умовах бойового застосування і методів досліджень, що свідчать про суперечність між потребами бронетанкобудування в методах проектно-технологічного забезпечення тактико-технічних характеристик (ТТХ) об'єктів бронетанкової техніки і можливостями науки. На основі розвитку методу узагальненого параметричного моделювання та поширення його на проектно-технологічні рішення запропоновано новий підхід до забезпечення заданих ТТХ легкоброньованих машин за рахунок взаємодії і взаємовпливу конструктивних рішень, технологічних режимів і умов виробництва. При цьому вперше безліч технологічних факторів залучено як таке, що визначає в значній мірі рівень ТТХ і як варійоване, шукане.

**Ключові слова:** військова гусенична і колісна машина, тактико-технічна характеристика, бронекорпус, фізико-механічний процес, життєвий цикл

The paper generalizes the results of analysis of constructions, manufacturing technology and production conditions of military caterpillar and wheeled vehicles of light weight category and damaging factors in conditions of combat use. This testifies to contradiction between the needs of tank-building and science potential in methods of design and technological support of performance characteristics of armored vehicles. A new approach is proposed to providing adjusted performance characteristics of lightly armored vehicles. This approach creates interaction and interference of constructive solutions, technological regimes and production conditions on generalized method of parametric modeling. For the first time the technological factor's set is involved as largely determined of performance characteristics level and as varying desired value.

**Keywords:** military caterpillar and wheeled vehicle, performance characteristic, armored hull, physical and mechanical process, life cycle

УДК 621.83

**М. В. МАРГУЛИС**, д.т.н., проф. каф. ТМ ГВУЗ "Приазовский гос. технический ун-т", Мариуполь;

**Я. О. ГОРДИЕНКО**, асп. каф. ТМ, "Приазовский гос. технический ун-т", Мариуполь