

Веретенников А.И., Ткачук Н.А., Грабовский А.В., Климов В.Ф.

## СТРАТЕГИЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СОСТОЯНИЙ БРОНЕКОРПУСОВ ЛЕГКОБРОНИРОВАННЫХ МАШИН

**Введение.** Потребности вооруженных сил (ВС) в боевых бронированных машинах (ББМ) в настоящее время возрастают как в части количества, так и по необходимой номенклатуре объектов бронетанковой техники. Это обусловлено в том числе возросшим объемом боевых задач, выполняемых с задействованием данных машин, в т.ч. в условиях антитеррористических операций, когда множество поражающих факторов существенно расширяется. В этих обстоятельствах необходимы проектирование, изготовление и поставка в войска широкого множества машин с высокими тактико-техническими характеристиками (ТТХ). Одно из эффективных решений – создание серий машин, объединенных в отдельные множества на базе общего шасси.

Однако в этой ситуации возникает гораздо больше проектных критериев и ограничений, чем при создании единичных образцов боевых машин. При этом критерии и ограничения зачастую конфликтуют, конкурируют или исключают друг друга применительно к различным типам машин.

Таким образом, возникает противоречие между потребностями вооруженных сил в поставке целых комплексов боевых бронированных машин с высокими тактико-техническими характеристиками на едином шасси, с одной стороны, и отсутствием единой системной методологии синтеза соответствующих проектных решений, – с другой. В результате формируется актуальная научно-техническая проблема разработки и реализации принципиально новых подходов к обоснованию проектных решений не только для отдельно проектируемой боевой бронированной машины, а для их серии. Разработка данных подходов является содержанием и целью проведенного цикла исследований, описанных далее в работе.

**Анализ состояния вопроса.** Общие подходы к обоснованию проектных решений различных машин, механизмов и конструкций выработаны многовековой практикой их конструирования [1, 2], а также соответствующих научных разработок [3–5]. Применительно к боевым бронированным машинам некоторые проблемные вопросы нашли отражение в обзорных, аналитических, энциклопедических публикациях, а также в работах исследовательского характера [6–9]. В соответствии с общей тенденцией для обоснования заданных тактико-технических характеристик ББМ применяются многочисленные расчетные методики, анализ известных проектных решений, эвристические подходы, системные оценочные прогнозные методики и т.д. Однако в настоящее время отсутствует единый научно обоснованный системный подход к обоснованию проектных решений боевых машин, обеспечивающих те или иные их ТТХ. Это обусловлено целым рядом проблем, связанных с некорректностью возникающих формальных задач синтеза, со сложностями при однозначной идентификации боевой машины как объекта исследований, а также с неадекватностью математических моделей физико-механических процессов и состояний, реализуемых в элементах боевых машин при их эксплуатации и боевом применении. Перечисленные препятствия невозможно преодолеть в рамках существующих традиционных подходов. Однако, обнажив и выявив их, можно в принципиальном плане предложить общую платформу для решения всего комплекса проблем научного и практического характера, стоящих перед отечественным бронетанкостроением.

**Постановка проблемы.** Традиции отечественного бронетанкостроения [10–15], поставленные на системный научный уровень легендарным конструктором А.А. Морозовым, предлагают подход к проектированию боевой машины как единого объекта, все компоненты тактико-технических характеристик которого являются взаимосвязанными и взаимовлияющими. Этот подход в сочетании с отточенными инженерными методиками дал возможность разработать целый ряд тяжелых боевых бронированных машин от танка Т-34 до Т-64 и боевой машины "Оплот" [15]. Данные машины во многом определили облик советского и украинского танкостроения XX–XXI веков и продемонстрировали эффективность научной и конструкторской школы. В то же время наметившиеся в конце XX века тенденции широкого применения в войсковых и антитеррористических операциях легкобронированных боевых машин выдвинуло на передний план проблему проектного обеспечения их ТТХ. При этом преобладающим является создание на базе единого шасси целой линейки машин [16, 17]. Это вызвано стремлением ускорить процессы проектирования, уменьшить стоимость производства и эксплуатации. Однако возникает следующий срез проблемы: как обеспечить требуемый уровень ТТХ каждой боевой машины, вместе с тем сохранив единство проектных решений серии машин в целом?

Возникновение указанной проблемы вызвано тем, что требования к ТТХ различных машин, как указывалось выше, зачастую противоречивы или даже конфликтны, а существенная часть проектных решений при этом должна быть единой.

Сложившиеся обстоятельства порождают следующую актуальную научную задачу: разработать общий подход к системной формулировке проблемы обоснования проектных решений серии боевых машин с целью обеспечения заданного уровня их тактико-технических характеристик.

**Общий подход к решению.** Для обоснования тех или иных характеристик проектируемых боевых машин необходимо рассматривать проектные решения в увязке со многими факторами (рис. 1). Для единого системного описания всех взаимовлияющих величин, представленных на рис. 1, целесообразно привлечь системный инструмент, который предоставляет мощные возможности вариативности каждого фактора. Одним из наиболее функциональных с этой точки зрения является метод обобщенного параметрического моделирования [18]. В соответствии с ним любой фактор, величина, распределение или характеристика трактуются как обобщенный параметр  $p$ . При этом множество параметров, идентифицирующих некоторую конкретную БМ, образует обобщенное параметрическое пространство  $P_i$  ( $i$  – номер БМ в серии). Общая часть этих множеств образует множество  $P_0$ , т.е. совокупность общих для всей серии машин проектных решений (рис. 2). Объединение же этих множеств (за исключением  $P_0$ ) дает множество отличительных проектных решений  $P'_0$  (см. рис. 2).

Уже на этом этапе формально можно сформулировать общие требования к множеству ПРП (см. рис. 1):

- максимальная унификация;
- устойчивость к варьированности общих проектных решений;
- минимизация отличительных проектных решений.

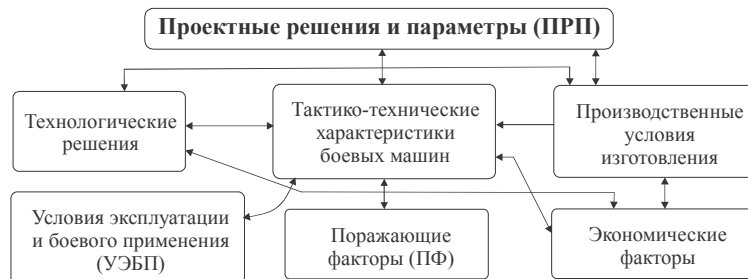


Рисунок 1 – Тактико-технические характеристики боевых бронированных машин как результат взаимодействия отдельных групп факторов

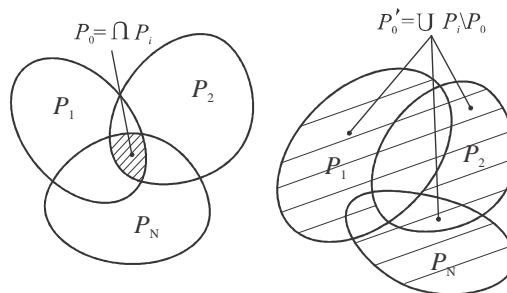


Рисунок 2 – Множества проектных решений серии боевых машин на едином шасси

Данные требования формализуются в виде соотношений:

$$m(P_0) \rightarrow \max, \tag{1}$$

$$\frac{\partial m(P_0)}{\partial P} < \infty, \tag{2}$$

$$m(P'_0) \rightarrow \min, \tag{3}$$

где  $m$  – некоторая мера, построенная на множестве определяющих параметров. В качестве такой меры может быть трудоемкость, стоимость или длительность изготовления БМ, а также иные характеристики.

Кроме того, в области параметров может быть сформулировано множество ограничений (например, по прочности, защищенности, массе и т.д.). Будучи объединены для серии машин, они формируют область проектных ограничений

$$G_0 = \bigcap G_i, \tag{4}$$

в пределах которой, собственно, и должен осуществляться поиск проектных решений (рис. 3). При этом, что важно, область  $G_0$  должна быть непустой, иначе вместо оптимизации возникает проблема компромисса или минимизации ущерба.

На следующем шаге строится некоторая система критериев  $I_k$  для ТТХ машин проектируемой серии, и уже в пределах соответствующих ограничений отыскивается оптимальное решение (рис. 4). Тут важно отметить, что серия задач оптимизации

$$I_k \rightarrow \min \text{ на } G_k \tag{5}$$

даст совокупность решений, в части общего множества обобщенных параметров  $P_0$  не обязательно совпадающих друг с другом. Тогда возникает ситуация, принципиально отличная от проектирования единичной ББМ. Это отличие обусловлено тем, что при проектном синтезе параметров серии машин с неизбежностью возникает проблема согласования частично оптимальных решений (5). Для этого, например, строится некоторый обобщенный функционал качества с весовыми коэффициентами  $\gamma_i$ :

$$I_0 = \sum \gamma_i T_i \rightarrow \min. \tag{6}$$

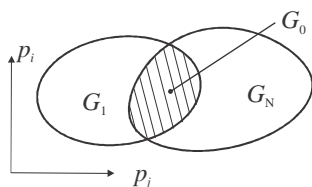


Рисунок 3 – Область проектных ограничений

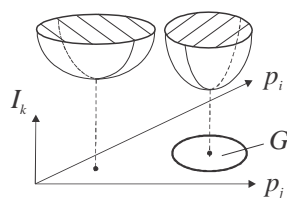


Рисунок 4 – Критериальные величины

Решение задачи (6) приводит к набору параметров, не доставляющих минимум каждому из функционалов  $I_k$ . При этом, что характерно, смещение данных параметров наблюдается не только в зоне  $P_0$ , но и в  $P'_0$ . Другими словами, происходит смещение оптимальных проектных решений относительно частных оптимумов (5) и в области общей части параметров, и в области отличительных параметров каждой отдельной ББМ. Естественно, что степень такого смещения в случае функционала (6) во многом определяется весовыми коэффициентами  $\gamma_i$ . Так, если обнулить все  $\gamma_i$ , кроме  $\gamma_q = 1$ , то одна из машин серии становится в отношении проектных решений ведущей (базовой). Обычно такой вариант наблюдается, если изначально создается одна ББМ, а затем принимается решение на ее основе создать серию машин. Естественно, что в этом случае для отдельных машин серии могут сильно пострадать их ТТХ относительно оптимальных решений (5). С другой стороны, равномерное распределение весов  $\gamma_i$  нерационально, т.к. все равно не получаем в итоге оптимальных частных решений (5), однако может оказаться, что ТТХ наиболее важных ББМ из проектируемой серии будут находиться на низком уровне.

Таким образом, возникает задача более высокого уровня – определение стратегии обоснования приоритетов в увязке, конечно, с решениями (5), (6). Что важно: в этом случае аргументами функционала в (6) являются не только параметры  $p_s$ , но и весовые коэффициенты  $\gamma_r$ :

$$I_0(\gamma, p) \rightarrow \min; \sum \gamma_r = 1; \gamma_r > 0. \tag{7}$$

Формально записи (6), (7) подобны, но содержат важнейшее отличие: в (6)  $\gamma_i$  назначаются, в (7) они являются искомыми.

В результате на базе теоретико-множественного подхода сформулирован подход к стратегии проектного обеспечения ТТХ при создании серии боевых бронированных машин. В этой части он был задекларирован на формальном уровне в обобщенном параметрическом пространстве. Следующий шаг – переход к моделированию физико-механических процессов и состояний, которые и определяют глубинные связи отдельных параметров и характеристик боевых бронированных машин.

**Математическое моделирование физико-механических процессов и состояний бронекорпусов боевых бронированных машин.** Общий подход, задекларированный выше, определяет только способы проектного обоснования ТТХ серии боевых бронированных машин. В то же время связи между обобщенными параметрами, компонентами ТТХ и действующими ограничениями устанавливаются протекающими в элементах ББМ физико-механическими процессами и состояниями. При этом необходимо учитывать все возрастающее многообразие и интенсивность воздействий на элементы ББМ условий эксплуатации, боевого применения и поражающих факторов.

В частности, одним из наиболее ответственных и нагруженных элементов боевых бронированных машин является бронекорпус. Он определяет основные компоновочные решения, защищенность, возможность оснащения БМ теми или иными боевыми модулями, величину заброневоего объема и его распределение между отсеками, в значительной мере – массу и скорость движения машины и ее плавучесть, а также ряд других важнейших характеристик. Соответственно, в качестве основного отправного элемента можно взять бронекорпус, а в качестве основных определяющих процессов – его динамическое напряженно-деформированное состояние (НДС). Основываясь на предложенной выше технологии обобщенного параметрического моделирования, математическую модель динамического НДС можно представить в общем операторном виде:

$$L(u, P, f, t) = 0, \tag{8}$$

где  $L$  – оператор процессов и состояний,  $u$  – массив переменных, определяющих динамическое состояние исследуемого объекта,  $P$  – общий массив обобщенных параметров,  $f$  – внешнее воздействие,  $t$  – время.

По итогам решения задач анализа (8) можно получить параметрические зависимости

$$u = u(P, f, t). \tag{9}$$

Располагая же зависимостями (9), становится возможным определить характеристики, зависящие от  $u$ :

$$H = H(u) = H(P, f). \tag{10}$$

В свою очередь, информация, получаемая на основе зависимостей (9) и (10), служит основой для построения системы ограничений  $G$  и критериальных величин  $I$ :

$$G = G(H, u); I = I(H, u). \tag{11}$$

Данные зависимости, будучи помещенными в соотношения (4–7), обретают конкретность, требуемую для решения той или иной задачи синтеза.

При этом следует подчеркнуть, что в ходе проектного обоснования (7) производится не только расчленение множества  $P$ , но и расщепление исследуемых физико-механических процессов и состояний (рис. 5). Так, например, для обеспечения защищенности исследуется взаимодействие кинетических или кумулятивных боеприпасов с бронепанелями; точность ведения огня в зависимости от упругих деформаций корпуса требует оценки его НДС при действии усилий отдачи и т.д.

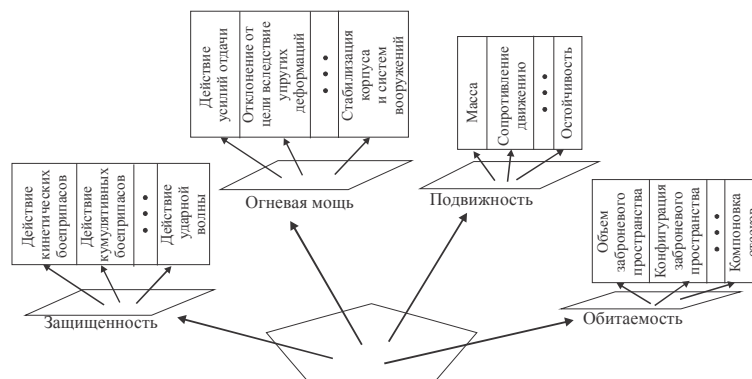


Рисунок 5 – Послойное расщепление физико-механических процессов и состояний по компонентам тактико-технических характеристик боевых бронированных машин

Еще одним важным моментом в процессе математического моделирования динамического напряженно-деформированного состояния бронекорпусов боевых бронированных машин является выбор того или иного инструментария для его реализации. Поскольку большую ценность зависимости (9,10) имеют на начальных этапах проектных разработок, то наиболее подходящим является численное моделирование динамического напряженно-деформированного состояния. В противовес физическому моделированию с привлечением макетов и натуральных образцов в этом случае можно с применением современных численных методов (в первую очередь – метода конечных элементов) и систем CAD/CAM/CAE разрабатывать

компьютерные модели бронекорпусов и получать в ходе многовариантных расчетов напряженно-деформированного состояния зависимости, аппроксимирующие (9,10).

**Заключение.** Предложенные в работе подходы составляют основу стратегии проектного обеспечения тактико-технических характеристик серии боевых бронированных машин. Данная стратегия применима к основным и наиболее нагруженным и ответственным элементам БМ. При этом создана теоретическая основа для постановки и решения задач синтеза. В частности, с использованием задекларированных подходов разработаны проектные решения бронекорпусов машин серии БТР-4 [15].

БТР-4 предназначен для транспортировки личного состава мотострелковых подразделений и их огневой поддержки в бою. БТР используется для оснащения подразделений, способных вести боевые действия в различных условиях, в том числе в условиях применения противником оружия массового поражения. БТР может быть базовой машиной для оснащения специальных сил быстрого реагирования и морской пехоты, может выполнять поставленные задачи как днем, так и ночью, в различных климатических условиях, на дорогах с различным покрытием и в условиях полного бездорожья.

Компоновка. БТР-4 имеет три отделения:

- переднее – отделение управления;
- среднее – моторно-трансмиссионное отделение;
- заднее – боевое и десантное отделения.

Подобная компоновка позволяет быстро трансформировать боевое и десантное отделения без изменения компоновочных решений по силовой установке и трансмиссии для создания широкого семейства машин. Грузоподъемность шасси бронетранспортера позволяет создавать не только варианты исполнений и семейства машин, но и устанавливать дополнительную броневую защиту против автоматических малокалиберных пушек.

БТР-4 по итогам проектных разработок состоялся как плавающая боевая бронированная машина с колесной формулой 4x4. Он имеет модульную конструкцию, которая позволила создать на базе общего шасси семейство бронированных машин. В него входят бронетранспортер, боевая машина пехоты, командирская машина, командно-штабная машины, медицинская машина, ремонтно-эвакуационная машина и т.д. (рис. 6). Благодаря применению различных боевых модулей и специального оборудования машина может быть приспособлена к выполнению различных боевых и вспомогательных задач. БТР-4 принят на вооружение украинской армии.

			
БТР-4 с модулем "ГРОМ"	Командно-штабная машина БТР-4КШ	Ремонтно-эвакуационная машина БРЭМ-4К	Санитарно-эвакуационная машина БСЭМ-4К
			
Машина огневой поддержки МОП-4К	Разведывательная машина БРМ-4К	БТР-4 с модулем "ШКВАЛ"	БТР-4 с модулем БАУ 23x2

Рисунок 6 – Машины семейства БТР-4 [15]

При использовании заявленной стратегии применительно к серии машин БТР-4 выявлены следующие, кроме заявленных выше, положительные особенности:

– высокая степень автоматизации проектных исследований, обеспечиваемая корректным применением теоретико-множественного подхода, а также четким разделением отдельных факторов, величин, распределений и характеристик в единой комплексной математической модели, а также численной модели, которая создается на ее основе;

– інтегруємість предложенної технології обосновання проектних рішень в практику роботи КБ посредством разработки дополнительных модулей к универсальным системам CAD/CAM/CAE, при-меняемым в т.ч. в ХКБМ им. А.А. Морозова;

– обеспечение возможности привлечения накопленного конструкторского опыта в виде соответствующих экспертных мета-моделей, которые устанавливают определенные зависимости между факторами, характеристиками и параметрами без проведения части работ по компьютерному моделированию, а напрямую – из накопленных баз данных, знаний и известных решений.

Кроме того, заявленная методология применима к различным типам боевых бронированных машин, а также к разнообразным их элементам. Что важно: предложенная стратегия не является искусственно привнесенной, а, наоборот, реализует естественную технологию проектных разработок отечественного бронетанкостроения, но с опорой на современные научные разработки, средства САПР и возможности информационных технологий.

В дальнейшем планируется применение предложенного в работе подхода к обоснованию проектных решений элементов конструкции ряда боевых бронированных машин с высокими тактико-техническими характеристиками.

#### Литература

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И. Анурьев // В 3-х томах. – 8-е изд., перераб. и доп. / Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001.
2. Краткий справочник металлиста / под общ. ред. П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 960 с.
3. Дитрих Я. Проектирование и конструирование. Системный подход / Я. Дитрих // Пер. с польск. – М.: Мир, 1981. – 456 с.
4. Реклейтис Г. Оптимизация в технике / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел // В 2-х кн. Пер. с англ. – М.: Мир, 1986.
5. Сеа Ж. Оптимизация. Теория и алгоритмы / Ж. Сеа. – М.: Мир, 1973. – 244 с.
6. Броне-сайт. Режим доступа: <http://armor.kiev.ua/>.
7. Саенко М.В. Основной боевой танк Т-64 / М.В. Саенко, В.В. Чобиток – М.: Экспронт, 2001. – 92 с.
8. Бусяк Ю.М. Перспективы развития трансмиссий военных бронированных машин / Ю.М. Бусяк, А.И. Веретенников, А.М. Завадский // Механіка та машинобудування. – 2004. – №1. – С. 102–106.
9. Волонцевич Д.О. Методика комплексной оценки динамичности военных гусеничных и колесных машин на этапе структурно-параметрического синтеза их трансмиссий / Д.О. Волонцевич, Е.А. Веретенников // Вісник НТУ "ХПІ". Зб. наук. праць. Тем. вип. : Транспортне машинобудування. – Харків: НТУ "ХПІ", –2011. –№18. – С. 102–105.
10. Листровой В., Слободин К. Конструктор Морозов / В. Листровой, К. Слободин – М.: Политиздат, 1983. – 80 с.
11. Танкоград: История. Люди. События: / Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, Е.Е. Александров, Л.М. Бесов, И.Е. Александрова. – Х.: НТУ «ХПИ», 2004. – 236 с.
12. Александров Е.Е. Быстроходные гусеничные и армейские колесные машины: краткая история развития: / Е.Е. Александров, В.В. Епифанов. – Х.: НТУ «ХПИ», 2001. – 375 с.
13. Самородов В.Б. Колесные и гусеничные машины высокой проходимости. Бесступенчатые трансмиссии: Расчет и основы конструирования / В.Б. Самородов, Д.О. Волонцевич, А.С. Палашенко //Учеб. пособие. / Под ред. Александрова Е.Е. – Харьков: ХГПУ, 1997. – 185 с.
14. Харьковское конструкторское бюро по машиностроению имени А.А. Морозова [Текст] / А.И. Веретенников [и др.] – Х. : РА "Ирис", 1997.– 136 с.
15. <http://www.morozov.com.ua>.
16. <http://www.gdels.com/piranha8/>
17. <http://www.otomelara.it/ru/products-services/landsystems/centauro-155-39lw?WT.ac=CENTAURO%20155%2039LW>.
18. 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, Е.А. Орлов, Н.Н. Ткачук // Механіка та машинобудування. Наук.-техн. журн. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. – №1. – С. 57–79.

#### Bibliography (transliterated)

1. Anurev V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitel'ya. V.I. Anurev. V 3-h tomah. – 8-e izd., pererab. i dop. Pod red. I.N. Zhestkovoy. – M.: Mashinostroenie, 2001.

2. Kratkiy spravochnik metallista. pod obsch. red. P.N. Orlova, E.A. Skorohodova. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 960 p.
3. Ditrh Ya. Proektirovanie i konstruirovaniye. Sistemnyiy podhod. Ya. Ditrh. Per. s polsk.– M. : Mir, 1981. – 456 p.
4. Rekleytis G. Optimizatsiya v tehnikе. G. Rekleytis, A. Reyvindran, K. Regsdel. V 2-h kn. Per. s angl. – M.: Mir, 1986.
5. Sea Zh. Optimizatsiya. Teoriya i algoritmyi. Zh. Sea. – M.: Mir, 1973. – 244 p.
6. Brone-sayt. Rezhim dostupa: <http://armor.kiev.ua/>.
7. Saenko M.V. Osnovnoy boevoy tank T-64. M.V. Saenko, V.V. Chobitok – M.: EksPrint, 2001. – 92 p.
8. Busyak Yu.M. Perspektivyi razvitiya transmissiy voennyih bronirovannyih mashin. Yu.M. Busyak, A.I. Veretennikov, A.M. Zavadskiy. Mehanika ta mashinobuduvannya. – 2004. – #1. – P. 102–106.
9. Volontsevich D.O. Metodika kompleksnoy otsenki dinamichnosti voennyih gusenichnyih i kolesnyih mashin na etape strukturno-parametricheskogo sinteza ih transmissiy. D.O. Volontsevich, E.A. Veretennikov. *VIIsnik NTU "HPI". Zb. nauk. prats. Tem. vip. : Tranportne mashinobuduvannya. – Harkiv: NTU "HPI", –2011. –#18. – P. 102–105.*
10. Listrovoy V., Slobodin K. Konstruktor Morozov. V. Listrovoy, K. Slobodin – M.: Politizdat, 1983.– 80 p.
11. Tankograd: Istoriya. Lyudi. Sobyitiya: L.L. Tovazhnyanskiy, E.E. Aleksandrov, L.M. Besov, I.E. Aleksandrova. – H.: NTU «HPI», 2004. – 236 p.
12. Aleksandrov E.E. Byistrohodnyie gusenichnyie i armeyskie kolesnyie mashiny: kratkaya istoriya razvitiya: E.E. Aleksandrov, V.V. Epifanov. – H.: NTU «HPI», 2001. – 375 p.
13. Samorodov V.B. Kolesnyie i gusenichnyie mashinyi vyisokoy prohodimosti. Besstupenchatyie transmissii: Raschet i osnovyi konstruirovaniya. V.B. Samorodov, D.O. Volontsevich, A.S. Palashenko. Ucheb. posobie. Pod red. Aleksandrova E.E. – Harkov: HGPU, 1997. – 185 p.
14. Harkovskoe konstruktorskoe byuro po mashinostroeniyu imeni A.A. Morozova [Tekst]. A.I. Veretennikov [i dr.] – H. : RA "Iris", 1997.– 136 p.
15. <http://www.morozov.com.ua>.
16. <http://www.gdels.com/piranha8/>
17. <http://www.otomelara.it/ru/products-services/landsystems/centauro-155-39lw?WT.ac=CENTAURO15539LW>.
18. Tkachuk N.A. Konechno-elementnyie modeli elementov slozhnyih mehanicheskikh sistem: tehnologiya avtomatizirovannoy generatsii i parametrizovannogo opisaniya. N.A. Tkachuk, G.D. Gritsenko, A.D. Chepurnoy, E.A. Orlov, N.N. Tkachuk. Mehanika ta mashinobuduvannya. Nauk.-tehn. zhurn. – Harkiv: NTU «HPI». – 2006. – #1. – P. 57–79.

УДК 623.438: 539.3

Веретенников О.І., Ткачук М.А., Грабовський А.В., Климов В.Ф.

### **СТРАТЕГІЯ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І СТАНІВ БРОНЕКОРПУСІВ ЛЕГКОБРОНЬОВАНИХ МАШИН**

У статті запропоновано новий системний підхід до синтезу проєктних рішень, що дають змогу забезпечити тактико-технічні характеристики не тільки окремої бойової машини, але цілої їх множини. Ці машини проєктуються на спільному шасі. При цьому критерії та обмеження формуються для кожної окремої машини, а потім створюється множина, яка їх об'єднує. Рішення відшуковуються на множині, яка задовольняє усьому комплексу вимог. Для ідентифікації множини проєктних рішень застосовано та розвинено метод узагальненого параметричного моделювання.

Veretennikov A.I., Tkachuk M.A., Grabovskyi A.V., Klimov V.F.

### **THE STRATEGY OF DESIGN SOLUTIONS JUSTIFICATION ON THE BASE OF RESEARCH OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROCESSES AND STATES OF LIGHTLY ARMORED VEHICLES HULLS**

In this paper a new systematic approach is proposed to synthesis of design solutions for providing of performance characteristics not only separate combat vehicle, but their whole set. These vehicles are designed on the common chassis. At the same time criteria and restrictions are formed for each single vehicle, and then the unifying set is creating. The solution is sought on the set that satisfies the entire range of requirements. To identify the set of design solutions, the method of generalized parametric modelling is applied and developed.