



• © О.М. Гребеник, канд. техн. наук (ЦНДІ озброєння та військової техніки ЗС України)

МЕТОДИКА ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЯ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ БАЛІСТИЧНОЇ ЗАХИЩЕНОСТІ

Анотація. Розроблено методику, яка дає змогу проводити вибір раціональної конструкції автомобіля багатоцільового призначення з підвищеним рівнем балістичної захищеності за показниками ймовірності ураження, спорядженої маси та вартості.

Ключові слова: автомобіль, конструкція, захищеність.

Аннотация. Разработано методику, которая позволяет проводить выбор рациональной конструкции автомобиля многоцелевого назначения с повышенным уровнем баллистической защищенности по показателям вероятности поражения, снаряженной массы и стоимости.

Ключевые слова: автомобиль, конструкция, защищенность.

Annotation. The developed methodology allows to provide a choice of a rational design of multi-purpose vehicle with a high level of ballistic protection according to indicators of probability of destruction, the equipped weight and cost.

Key words: vehicle, design, protection.

Вступ

Основну частину парку військових машин за участі у міжнародних миротворчих операціях та збройних конфліктах складають автомобілі багатоцільового призначення (далі – АБП), призначені для перевезення військових вантажів, особового складу, озброєння, буксирування причіпних систем і в якості баз під монтаж різноманітного озброєння та військової техніки [1, 2]. Для ефективного виконання завдань за призначенням виникає потреба підвищення балістичної захищеності АБП, тобто збереження їх рухомості та безпеки екіпажу в умовах впливу уражаючих факторів, основним з яких є стрілецька зброя [3-5]. На сьогодні у 26 країнах світу перебувають на озброєнні АБП з підвищеним рівнем балістичної захищеності та розробляються понад 120 їх типів [6, 7]. Однак застосування захисних (броньованих) елементів і технічних рішень щодо підвищення балістичної захищеності призводить до підвищення спорядженої маси АБП і навантаження на осі, що своєю чергою суттєво знижує експлуатаційні властивості АБП та значно збільшує вартість розроблених захищених зразків. Тому виникає потреба вибору раціональної конструкції АБП із підвищеним рівнем балістичної захищеності

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням щодо підвищення балістичної захищеності

військової автомобільної техніки присвячено багато робіт, в яких пропонуються різноманітні технічні рішення і конструкції захищених АБП, однак методик обґрунтування їх застосування не наводиться [1-11]. Отже, постає актуальне завдання щодо обґрунтування застосування певного технічного рішення задля підвищення балістичної захищеності АБП та взагалі щодо вибору його раціональної конструкції, яке найчастіше вирішується інтуїтивно або методом опитування сумнівних експертів.

Мета статті. Зазначені обставини зумовлюють необхідність розроблення методики вибору раціональної конструкції АБП із підвищеним рівнем балістичної захищеності.

Основна частина

Основою раціонального конструювання є системний підхід, відповідно до якого модель конструкції, що проектується, характеризується множиною можливих структур $S = \{s_1, s_2, \dots, s_i\}$, векторами вхідних впливів $X = \{x_1, x_2, \dots, x_j\}$ і вихідних параметрів $P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ [12, 13].

Відповідно до завдання щодо підвищення рівня балістичної захищеності АБП проєкції вектора вхідних впливів X відображають впливи засобів ураження. А саме: тип і калібр стрілецької зброї, тип кулі, відстань ураження, кількість і місце влучення кулі в елементи конструкції АБП.



Визначимо основні часткові вихідні параметри АБП із підвищеним рівнем балістичної захищеності. Найбільш важливим таким показником визначено його рухомість, яка відображає здатність АБП переміщувати вантажі або змонтоване ОВТ в умовах протидії противника, що впливає з основного його призначення і є головною властивістю. Ймовірність ураження зразка, що призводить до втрати рухомості буде основним вихідним параметром АБП [14]. Споряджена маса АБП, є складовою повної маси, співвідношення між якою і масою корисного навантаження визначає питому вантажопідйомність і характеризує ефективність транспортного засобу. Вартість зразка є параметром, від величини якого залежить можливість прийняття на озброєння (постачання) того чи того варіанту конструкції АБП. Тому основним частковим вихідним параметром p_k при обґрунтуванні раціональних конструкцій АБП із підвищеним рівнем балістичної захищеності доцільно вважати ймовірність ураження зразка, що призводить до втрати рухомості, споряджену масу зразка та його вартість.

Загалом параметри p_k залежать від елементів конструкції та їх зв'язків, що складають вектор впливів.

На практиці використовують такі групи ознак, при зміні яких відбувається перехід від однієї структури до другої:

- множина функціональних елементів. Кожен з елементів цієї множини виконує одну або декілька функцій із забезпечення роботи взаємопов'язаних з ним інших елементів або конструкції загалом;

- взаємне розташування елементів у просторі відносно один до одного, що визначає компонувальну схему конструкції;

- взаємозв'язок елементів. Ця група ознак визначає необхідні зв'язки, що забезпечують працездатність конструкції, та паразитні – ті, які необхідно зменшити до допустимого рівня, зазвичай шляхом вводу додаткових елементів;

- геометрична форма елемента;

- матеріал елемента. Вибір матеріалу дає змогу отримати різноманітні властивості як елемента, так і конструкції загалом.

Кожна проекція вектора P характеризує лише один із показників якості конструкції, тобто є її частковим показником. Для того, щоб врахувати одночасно всі компоненти цього вектора та знайти таку раціональну структуру (конструкцію АБП з підвищеним рівнем балістичної захищеності) $s^* \in D$, яка забезпечує оптимальне значення одночасно за всіма введеними частковими показниками при завданому x_j , використовують узагальнений показник якості – цільову функцію, що позначимо через:

$$P(S) = f(p_1(S), p_2(S), p_3(S)). \quad (1)$$

Це призводить до моделі прийняття оптимального рішення – завдання векторної (багатокритеріальної) оптимізації:

$$Z = \min_{S \in D} P(S), \quad (2)$$

де Z – оптимальне рішення завдання.

$$D = \{S \mid g_n(S) \geq 0, n = 1, 2, \dots, m\}, \quad (3)$$

де D – множина працездатних структур АБП, $g_n(S) \geq 0$ – часткова умова працездатності зразка АБП.

Вираз (2) є скороченим записом такої моделі прийняття оптимального рішення: знайти раціональну конструкцію (структуру) АБП з підвищеним рівнем балістичної захищеності s^* , яка забезпечує одночасно мінімальні значення кожного з визначених часткових показників при завданому значенні x_j :

$$Z = \left(\begin{array}{l} \min_{s_i \in D} P_1(s_i) \\ \min_{s_i \in D} P_2(s_i) \\ \min_{s_i \in D} P_3(s_i) \end{array} \right). \quad (4)$$

Змінні p_k та x_j завжди мають обмежений інтервал допустимих значень, що визначається загальними технічними вимогами та іншими нормативними документами, тобто:

$$x_j \min \leq x_j \leq x_j \max, \quad (5)$$

та

$$p_k \min \leq p_k \leq p_k \max. \quad (6)$$

Варто наголосити, що вибір допустимого вектора за деякими вихідними параметрами належить до завдань, що складно формалізувати. Для уникнення цього, використаємо запропонований у роботі [15] підхід, що полягає у використанні як допустимого – вектор ідеального зразка. Ідеальний зразок – це такий, у якого всі параметри мають значення найкращі з усіх відомих. Тобто:

$$p_k \leq p_{k0}, \quad (7)$$

де p_{k0} – допустиме значення k -го вихідного параметра;

$k=1, 2, \dots, m$ – кількість вихідних параметрів.

У результаті використання описаної процедури можуть виникнути три взаємовиключні ситуації [16].

1. У відомій множині структур відсутня жодна, для якої виконуються нерівності (3). Це свідчить про відсутність (у межах відомих структур) такої конструкції АБП, що при заданих обмеженнях мала б зберігати рухомість.

2. У множині структур існує одна, що задовольняє умови (6). Очевидно, ця структура і є оптимальною.

3. Існує множина допустимих структур, що задовольняють умови (6). Якщо б серед них існувала



лише одна, яка за всіма частковими показниками p_k перевищувала інші, то вона й була б оптимальною. Однак, за практикою, це малоймовірний випадок. Зазвичай за одними параметрами краща одна, за іншими – друга. Тобто допустимі структури створюють множину Паретто.

Для вибору оптимального рішення в третьому випадку практичне розповсюдження отримали різні методи. Скористаємося одним із найбільш відомих – методом послідовної оптимізації, який полягає в порівнянні структур за кожним частковим показником p_k у поєднанні з принципом поступок. У результаті відбувається об'єднання часткових критеріїв у єдиний комплексний.

Метод послідовної оптимізації [13, 16] зводиться до такого. Передбачається, що показники можливо ранжувати як низку переваг:

$$p_1 \succ p_2 \succ \dots \succ p_k \succ \dots \succ p_m, \quad (8)$$

де \succ – символ переваги.

Процедура оптимізації багатокрокова. На кожному кроці, починаючи з p_1 , проводиться порівняння структур за одним показником. При цьому вибирають структуру (структури), в якій параметр p_1 найкращий. Варто зазначити, що параметри p_k можуть бути двох типів: нормальні, коли більшим p_k відповідає краща якість структури, та інверсні, коли меншим p_k відповідає більш висока якість структури. При виборі раціональної конструкції АБП із підвищеним рівнем балістичної захищеності всі обрані параметри, а саме: ймовірність ураження зразка, споряджена маса зразка та його вартість, є інверсними. Доцільно зазначити, що на кожному кроці може бути не лише одна, а декілька найкращих структур. На наступному етапі до розгляду включають нові найкращі структури. Така можливість виникає завдяки тому, що робиться деяка поступка за параметром p_1 . У нашому випадку найкращими вважаються структури, у яких

$$p_1 \leq p_{i\min} + \Delta p_1, \quad (9)$$

де Δp_1 – приріст, що і називають поступкою.

Розширена множина структур по тій же логічній схемі порівнюється за параметром p_2 , далі за p_3, \dots, p_m . На кожному наступному кроці за рахунок поступок можливе виключення структур, які визнані найкращими на попередньому кроці. Таким чином у результаті описаної багатокрокової процедури вдається дійти єдиної структури, яка і вважається раціональною.

Початкова величина поступок визначається як абсолютна похибка вимірювання або розрахунків показників p_k , та поступово знижується до величини, коли можна досягти оптимізації загалом і вдається дійти єдиної раціональної структури конструкції АБП із підвищеним рівнем балістичної захищеності.

Висновки

Отже, розроблена методика дає змогу проводити вибір раціональної конструкції АБП із підвищеним рівнем балістичної захищеності або раціонального технічного рішення за окремими елементами і компонентами АБП згідно з показниками ймовірності ураження зразка, спорядженої маси та вартості за допомогою методу послідовної оптимізації у поєднанні з принципом поступок, який вигідно відрізняється алгоритмічною простотою. Крім того при його використанні видно, завдяки чому в кожному частковому показнику вдається досягти оптимізації загалом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сидоров Б. Характеристика парка современной военной автомобильной техники зарубежных стран / Б. Сидоров, В. Яситников // Зарубежное военное обозрение. – 2003. – №1. – С. 20-23.
2. Галушко С.А. Военная техника для миротворческих операций. Время обновления парка / С.А. Галушко // Defense Express. – 2003. – №12. – С.18-24.
3. Гребеник А.Н. Анализ использования и поражения автомобилей многоцелевого назначения в международных миротворческих операциях и вооруженных конфликтах последних десятилетий / А.Н. Гребеник // Артиллерийское и стрелковое вооружения. Международный научно-технический журнал. – К.: НТЦ АСВ. – 2011. – № 1(38). – С. 36-40.
4. Рошин С. Второе пришествие бронемашин / С. Рошин // Армейский сборник. – 2003. – №10. – С. 54-56.
5. Ильин А. Автомобили, для которых нет преград / А. Ильин // Военный парад. – 2002. – №6. – С.38-39.
6. Гринченко С. Броненосцы / С. Гринченко // Defense Express. – 2010. – №12. – С. 44 -58.
7. Мосалев В. Летучие тени войны / В. Мосалев, В. Ушаков // Солдат удачи. – 2006. – №9. – С. 42-48.
8. Рошин С. Три крепких орешка автотехники / С. Рошин // Армейский сборник. – 1998. – №11. – С.44-50.
9. Кудряшов Е. Системный подход, подвижность и безопасность / Е. Кудряшов, И. Лебедев // Военный парад. – 2002. – №5. – С. 78-80.
10. Суворов С. IDEX-2011 в Абу-Даби сохраняет традиции / С. Суворов // Обозрение армии и флота. – 2011. – №2 (33). – С. 70-73.
11. Нестеркин В. Новые боевые бронированные машины армий / В. Нестеркин // Зарубежное военное обозрение. – 2004. – №12. – С. 31-32.
12. Чус А.В. Основы технического творчества / А.В. Чус, Е.Т. Данченко. – К.: Вища шк. Головное изд., 1984. – 207 с.
13. Батищев Д.И. Методы оптимального проектирования: [учеб. пособие для вузов] / Д.И. Батищев. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.
14. Гребеник О.М. Оцінка впливу конструктивних заходів на живучість автомобілів багатоцільового призначення / В.А. Голуб, О.М. Гребеник, О.М. Купріненко // Автошляховик України // Наук.-виробничий журнал. – К.: ДП “ДержавотрансНДПроект”, Укравтодор. – 2009. – №6 (212). – С. 8-10.
15. Полегенько А.Ф. Метод анализа иерархий: некоторые аспекты практического применения: монография / А.Ф. Полегенько, К.Б. Круковский-Синевич, О.П. Коростелев. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2011. – 152 с.
16. Статников Р.Б., Матусов И.Б. Многокритериальное проектирование машин / Р.Б. Статников, И.Б. Матусов. – М.: Знание, 1989. – 48 с.