

Горелишев С.А., к.техн.н., доцент, Баулін Д.С., к.техн.н., с.н.с., Козлов В.Є., к.техн.н., доцент, Сидоренко І.І., к.пед.н., Манжура С.А., докторант

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ВИБОРУ БРОНЕЕЛЕМЕНТУ НА ОСНОВІ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА КРИТЕРІЮ МІНІМУМУ ВАРТОСТІ

*Національна академія Національної гвардії України*

**Ключові слова:** бронееlement, бронестійкість, метод вибору, експертне оцінювання, об'єкт порівняння, шкала порядку, інтегральний показник, критерій мінімуму вартості.

**Постановка проблеми.** Вибір зразку бронееlementу з безліч існуючих різноманітних матеріалів і пропозицій є складним завданням. Необхідність оцінювання величезної кількості не зв'язаних між собою властивостей і характеристик бронематеріалів ускладнює процес прийняття рішення. Доводиться оцінювати їх властивості окремо і потім проводити вибір з урахуванням важливості характеристик. Такий підхід не повною мірою відображає правильність вибору.

В даний час відсутні рекомендації та пропозиції щодо комплексного вибору матеріалів для виготовлення засобів бронезахисту (ЗБ) і значне місце займає суб'єктивний підхід до вирішення цієї проблеми.

Тому, актуальною завдання є розробка науково-методичного апарату, за допомогою якого з'явиться можливість порівняти і оцінити різні властивості і характеристики бронематеріалів і привести їх до єдиного інтегрального показника.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковий підхід до вирішення завдань, пов'язаних із загальним забезпеченням якості в будь-якій предметній області проводиться відповідно до вимог міжнародних стандартів і ґрунтується на застосуванні методів кваліметрії, яка вивчає процеси кількісного оцінювання якості об'єктів порівняння (ОП) [1–3].

Серед властивостей ОП є такі, що характеризуються чисельними показниками і підлягають звичайному вимірюванню, і такі, що є якісними і можуть бути оцінені у чисельному вигляді лише експертним методом [4–7].

Основною процедурою експертного оцінювання є встановлення рис подібності або відмінності [4, 8, 9] з використанням шкал якісних ознак, зазвичай, шкали порядку (ШП). Для упорядкування (ранжирування, класифікації) ОП за певними ознаками, коли мова йде про дані так званої нечислової природи, для яких недостатня узгодженість ОП за одним із вимірів і малий обсяг вихідної вибірки не дає можливості отримати очікуваний результат [10, 11], використовують коефіцієнт кореляції Пірсона для шкал відношень, інтервалів та абсолютної (кількісної) шкали, рангову кореляцію Спірмена або Кендалла та інші – для шкали порядку [12].

Відомо, що вибір одного об'єкта (продукту, виробу, процесу, послуг тощо) із декількох виконується зазвичай шляхом його порівняння зі зразком (базовим об'єктом (БО)) або об'єктів порівняння (ОП) між собою [1,3,13,14].

Різноманітність шкал, що використовують для експертного оцінювання якості

захисних бронеелементів, достатньо широка, як і кількість методів обробки результатів оцінювання. Це утруднює вибір відповідних методологічних засобів для вирішення конкретного завдання вибору, основним з яких можна вважати побудову ранжируваних списків, що використовують для прийняття рішень.

Таким чином, дослідження шляхів оцінювання та порівняння властивостей захисних бронеелементів є актуальною та практично важливою задачею.

**Метою даної статті** є висвітлити можливість використання методу вибору елементів бронезахисту на основі інтегрального показника властивостей та критерію мінімуму вартості.

**Виклад основного матеріалу**

У [15] запропоновано метод вибору бронеелементів для забезпечення бронезахисту особового складу і військової техніки НГ України на основі результатів оцінювання ознак (показників якості) бронеелементів. Модель бронеелемента описується деякими вербальними ознаками, склад яких (вектор ознак) визначає група експертів – висококваліфікованих фахівців у даній галузі – прийнятим для цього методом приписування балів. В якості експертів виступили представники військових частин НГ України, викладачі профілюючих кафедр Національної академії НГ України, фахівці-розробники. Всього приймало участь в оцінюванні 32 експерти.

На першому етапі, шляхом вивчення інформаційної моделі експертами виділено 8 властивостей бронеелементів, які найбільш повно і якісно описують їх конструкційні та експлуатаційні характеристики. На другому етапі проведено експертне оцінювання цих властивостей та визначення їх ваги. За думкою експертів, частина параметрів пов'язані друг з другом, наприклад, поверхнева щільність, маса і товщина. Тому, при проведенні експертного оцінювання (визначення рангу та ваги властивостей) було прийнято рішення щодо обмеження кількості властивостей  $m$  до 6 [15]. Властивості бронеелементів позначені:  $B_0$  – бронестійкість,  $B_1$  – заперешкодна деформація,  $B_2$  – маса,  $B_3$  – граничне кульове навантаження,  $B_4$  – товщина,  $B_5$  – вартість. Крім того, базуючись на одностайній думці експертів про ступінь важливості властивостей, бронестійкість та вартість не входять у інтегральний показник оцінювання, а розглядаються як окремі критерії. Таким чином, інтегральний показник оцінювання буде складати такі властивості як заперешкодна деформація, маса, граничне кульове навантаження і товщина ( $m = 4$ ).

На рис. 1 наведено номограма переведення шкал вимірювання ознак до універсальної чотирехбальної шкали (УЧШ).

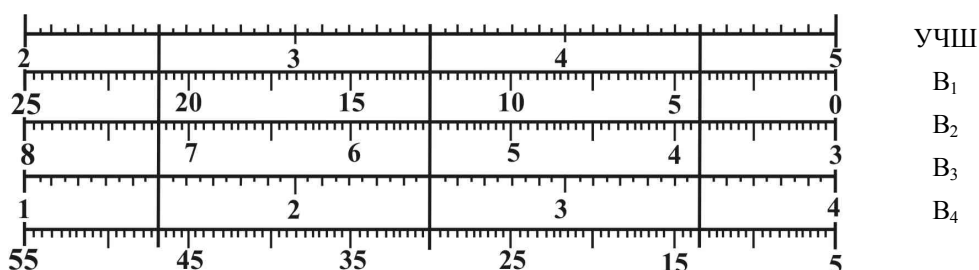


Рисунок 1 – Номограма переведення оцінок шкал складових інтегрального показника в УЧШ

Максимальні та мінімальні значення шкал вимірювань встановлено відповідно до керівних документів. Розроблений метод вибору бронеелементів [15] було застосо-

вано для вибору з наданих досліджуваних зразків елементів захисних структур, придатних для побудови ЗБ [16, 17].

Проаналізувавши дані забезпеченості підрозділів НГ України засобами індивідуального бронезахисту, ЗБ військової техніки та бронезахисними спорудами, а також перспективні розробки елементів бронезахисту, сформований перелік можливих зразків бронеелементів 6-го класу захисту:

Зр1 – бронеелемент (кераміка на основі оксиду алюмінію на НВМПЭ підкладці);

Зр2 – бронеелемент (кераміка на основі карбіду бору на сталевій підкладці);

Зр3 – бронеелемент компанії Ruukki (броневая сталь “Ramog 550”);

Зр4 – бронеелемент Національного наукового центру “ХФТІ” (двошарова металева пластина: перший шар – сталь У12А товщиною 3,6 мм, другий шар – сталь Ст3 товщиною 5,4 мм, спосіб з’єднання шарів – метод вакуумної прокатки за технологією виробника);

Зр5 – бронеелемент Національного наукового центру “ХФТІ”. (двошарова металева пластина: перший шар – сталь У12А товщиною 6,3 мм, другий шар – сталь Ст3 товщиною 2,7 мм, спосіб з’єднання шарів – метод вакуумної прокатки за технологією виробника);

Зр6 – бронеелемент (кераміка на основі карбіду кремнію на сталевій/алюмінієвій підкладці).

Кількісні оцінки властивостей  $B_1$ – $B_5$  приведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Кількісні оцінки властивостей бронеелементів розміром 300×250 мм

	Властивості бронеелементів				
	$B_1$ , мм	$B_2$ , кг	$B_3$ , шт	$B_4$ , мм	$B_5$ , грн
Зр1	3	3,5	3	22,0	3900
Зр2	5	2,65	1	15,0	7500
Зр3	1,8	5,3	4	9,5	5480
Зр4	4,4	4,1	1	9,0	2000
Зр5	2,2	4,1	4	9,0	2000
Зр6	3	4,05	3	35,6	5600

Ці дані є вхідними величинами для методу вибору бронеелементів. В табл. 2 наведено приклад визначення рангу ОП за чотирма ознаками  $B_1$ - $B_4$  приведеними до УЧШ. Відповідно до розробленого методу з розгляду виключено Зр4 як той, що не пройшов тест за ознакою  $B_0$ . Рейтинг зразків розраховано як середнє арифметичне оцінок  $B_1$ - $B_4$ . Ранжований список подано в порядку зниження рейтингу ОП.

Таблиця 2 – Приклад ранжування ОП

ОП	Вимірювані ознаки				Рейтинг	Ранг
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$		
Зр1	4,65	4,7	4,00	3,95	4,325	3
Зр2	4,4	4,62	2,00	4,36	3,845	5
Зр3	4,87	3,6	5,00	4,72	4,547	2
Зр4	4,46	4,42	2,00	4,68		
Зр5	4,8	4,42	5,00	4,68	4,725	1
Зр6	4,65	4,4	4,00	3,2	4,062	4

Ще одним із методів визначення рейтингу кожного з ОП є розрахунок модифікованого коефіцієнта конкордації за формулою (1)

$$R_j = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m |y_i - x_i|}{3m} \quad (1)$$

Результати розрахунків наведено в табл. 3. Цей метод найбільш придатний для експрес-обробки результатів дослідження.

Таблиця 3 – Ранги ОП за модифікованим коефіцієнтом конкордації

ОП	Вимірювані ознаки				R <sub>j</sub>	Ранг
	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>		
Зр1	4,65	4,7	4,00	3,95	0,775	3
Зр2	4,4	4,62	2,00	4,36	0,615	5
Зр3	4,87	3,6	5,00	4,72	0,849	2
Зр5	4,8	4,42	5,00	4,68	0,908	1
Зр6	4,65	4,4	4,00	3,2	0,687	4

За тими ж вихідними даними апробовано інший метод ранжовання, умовно кажучи, за “робочим” зразком [18], що реалізується таким чином: визначають кращий за результатом вимірювання або оцінювання ознаки об’єкт.

Рейтинговий коефіцієнт і-го ОП за вимірюваними та оцінюваними ознаками визначають таким чином:

- фіксують відповідне значення ознаки B<sub>i</sub>;
- вибирають максимальне значення B<sub>макс</sub> = max{B<sub>i</sub>};
- розраховують значення K<sub>i</sub> = B<sub>i</sub>/B<sub>макс</sub>.

Рейтинг і-го ОП K<sub>гi</sub> розраховують як додатак всіх значень K<sub>i</sub> (табл. 4).

Загальний рейтинг і-го ОП K<sub>z<sub>i</sub></sub> розраховують як відношення його рейтингу до максимального із значень рейтингів.

Таблиця 4 – Ранжовання ОП за “робочим” зразком

ОП	Вимірювані ознаки								K <sub>гi</sub>	K <sub>z<sub>i</sub></sub>	Ранг
	B <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	K <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	K <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	K <sub>4</sub>			
Зр1	4,65	0,95	4,7	1	4,00	0,8	3,95	0,836	3,59	0,91	3
Зр2	4,4	0,90	4,62	0,98	2,00	0,4	4,36	0,923	3,21	0,81	5
Зр3	4,87	1	3,6	0,76	5,00	1	4,72	1	3,76	0,96	2
Зр5	4,8	0,98	4,42	0,94	5,00	1	4,68	0,991	3,91	1	1
Зр6	4,65	0,95	4,4	0,93	4,00	0,8	3,2	0,677	3,36	0,86	4

Рейтинг кожного із зразків можна також визначити шляхом розрахунку коефіцієнта відповідності K<sub>в</sub> за формулою (2)

$$K_{vj} = \frac{S_{OP}}{S_E}, \quad (2)$$

де  $S_{OP}$  – площа багатокутника, утвореного шляхом з’єднання сусідніх значень оцінок ознак  $X_i$  та  $X_{i+1}$   $j$ -го ОП, відкладених вздовж радіусів у графічному зображенні;

$S_E$  – площа еталонного правильного багатокутника, вписаного у коло радіусу, який відповідає максимальному значенню оцінки ознаки  $X_{max}$  для вибраної шкали, тобто, фактично, базовий об’єкт.

Результати наведено в табл. 5 та на рис. 2.

Таблиця 5 – Ранги ОП за  $K_v$

	Зр1	Зр2	Зр3	Зр5	Зр6
$K_{vi}$	0,75	0,62	0,83	0,89	0,66
Ранг	3	5	2	1	4

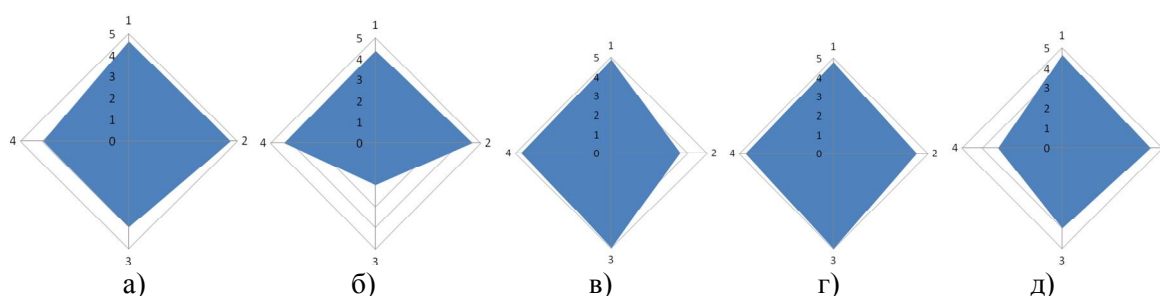


Рисунок 2 – Візуалізований образ зразка бронеелемента:  
а) Зр1, б) Зр2, в) Зр3, г) Зр5, д) Зр6

У цілому, збіг результатів ранжування, які отримані описаними вище методами, відповідають концепції усталеності, згідно якої “результати обробки даних інваріантні відносно методу обробки, відповідають реальності, а результати, які залежать від методу обробки, відображають суб’єктивізм дослідника, а не об’єктивні відношення”.

Підкреслимо, що перелічені процедури припускали рівноважність усіх ознак ОП.

Вибір із наданих досліджуваних зразків елементів захисних структур завершують визначенням ОП за критерієм мінімуму вартості бронеелемента – Зр5.

**Висновки.** Вибір бронеелементів для засобів бронезахисту передбачає наявність:

- вимог до бронеелементів;
- засобів кількісного представлення цих вимог (шкал вимірювання);
- методів (способів) оцінювання відповідності бронеелементів вимогам, що до них пред’являються.

Побудована інформаційна модель бронеелемента, яка базується на деяких вербальних ознаках, склад яких (вектор ознак) визначає група експертів (бронестійкість,

заперешкодна деформація, маса, граничне кульове навантаження, товщина, вартість). Базуючись на одностайній думці експертів про ступень важливості властивостей, бронестійкість та вартість не входять у інтегральний показник оцінювання, а розглядаються як окремі критерії. Таким чином, інтегральний показник оцінювання буде складати такі властивості як заперешкодна деформація, маса, граничне кульове навантаження і товщина. Крім того, визначені їх вагові коефіцієнти.

Встановлено, що в якості універсальної шкали оцінювання у даному дослідженні використовувалася удосконалена чотирибальна шкала.

Показано, що при різних методах ранжування (за допомогою середнє арифметичного, модифікованого коефіцієнта конкордації, коефіцієнта відповідності) у цілому, спостерігається збіг результатів розрахунку. Це відповідає концепції усталеності, згідно якої “результати обробки даних інваріантні відносно методу обробки, відповідають реальності, а результати, які залежать від методу обробки, відображають суб’єктивізм дослідника, а не об’єктивні відношення”.

### Література

1. ДСТУ ISO 9000-1-2001. Системи управління якістю. Основні положення та словник. – К.: Держстандарт України, 2001. – 27 с.
2. ДСТУ ISO 9002-95. Системи якості. Моделі забезпечення якості при проектуванні, розробці, виробництві, монтажі та обслуговуванні. – К.: Держстандарт України, 2015. – 42 с.
3. ДСТУ ISO 9004:2012. Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2013. – 59 с.
4. Городнов В.П. Теоретические основы моделирования микроэкономических и других процессов и систем : монография. – Харьков: Акад. ВВ МВСУ, 2008. – 484 с.
5. Миркин Б.Г. Анализ качественных признаков и структур. – М.: Статистика, 1980. – 319 с.
6. Минин Б.А. Уровень качества. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 184 с.
7. Супес П., Зинес Дж. Основы теории измерений. Психологические измерения. – М.: Мир, 1967. – 110 с.
8. Шабалин С.А. Прикладная метрология в вопросах и ответах. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 192 с.
9. Раушенбах Г.В. Меры близости и сходства. Анализ нечисловой информации в социологических исследованиях. 1985. № 2. С. 169–203.
10. Красильников В.В. Статистика объектов нечисловой природы. – Наб. Челны: Изд-во Камского политехн. института, 2001. – 144 с.
11. Орлов А.И. Нечисловая статистика. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 516 с.
12. Корреляция. URL:<http://ru.wikipedia.org/wiki/Корреляция>. (дата звернення 15.06.2019).
13. Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 343 с.
14. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации и метрологии. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 711 с.

15. Манжура С.А. Метод вибору захисних елементів за допомогою інтегрального показника властивостей та критерію мінімуму вартості. Честь і закон. 2019. № 4. С. 37–43.
16. Манжура С.А. Индивидуальные средства бронезащиты: вопросы требований и классификации. Д.С. Баулин, С.А. Горельшев. Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Хмельницький : НАДПС. 2016. Вип. 3. С. 210–224.
17. Манжура С.А. Вибір матеріалів бронепластин для індивідуальних засобів бронезахисту сил охорони правопорядку. С.А. Манжура. Системи озброєння і військова техніка. Х.: ХНУПС. 2017. №2 (50). С. 89–93.
18. Дубровіна В.В. Встановлення узгодженості результатів при розв'язуванні задач експертного оцінювання. В.Є. Козлов, Ю.В. Козлов, О.О. Новикова. Зб. наук. праць НА НГУ. 2014. Вип. 2(24). С. 92–94.

Bibliography (transliterated)

1. DSTU ISO 9000-1-2001. Systemy upravlinnya yakisty. Osnovni polozhennya ta slovnyk. K.: Derzhstandart Ukrayiny, 2001. 27 p.
2. DSTU ISO 9002-95. Systemy yakosti. Modeli zabezpechennya yakosti pry proektuvanni, rozrobsi, VYROBNYTSTVI, montazhi ta obsluhovuvanni. K.: Derzhstandart Ukrayiny, 2015. 42 p.
3. DSTU ISO 9004: 2012. Upravlinnya Zadlya Dosyahnennya staloho uspiyku orhanyzatsyy. Pidkhid na osnove upravlinnya yakisty. Kyiv: Minekonomrozvytku Ukrayiny, 2013. – 59 p.
4. Gorodnov V.P. Teoreticheskiye osnovy modelirovaniya mikroekonomicheskim dostoynoy protsessov i sistem: monografiya. Khar'kov: Akad. VV MVDU, 2008. 484 p.
5. Mirkin B.G. Analiz kachestvennykh priznakov i struktur. M.: Statistika, 1980. 319 p.
6. Minin B.A. Uroven' kachestva. M.: Izd-vo standartov, 1989. 184 p.
7. Suppes P., Zines Dzh. Osnovy teorii izmereniy. Psikhologicheskkiye izmereniya. M.: Mir, 1967. 110 p.
8. Shabalin S.A. Prikladnaya metrologiya v voprosakh i otvetakh. M.: Izd-vo standartov, 1990. 192 p.
9. Raushenbakh G.V. Mery blizosti i skhodstva. Analiz nechislovoy informatsii v sotsiologicheskikh issledovaniyakh. 1985. № 2. P. 169–203.
10. Krasil'nikov V.V. Statistika ob"yektov nechislovoy prirody. Nab. Chelny: Izd-vo Kamskogo politekhn. instituta, 2001. 144 p.
11. Orlov A.I. Nechislovaya statistika. M.: MZ-Press, 2004. 516 p.
12. Korrelyatsiya. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Korrelyatsiya>. (data zvernennya 15.06.2019).
13. Shishkin I.F. Metrologiya, standartizatsiya i upravleniye kachestvom. M.: Izd-vo standartov, 1990. 343 p.
14. Krylova G.D. Osnovy standartizatsii, sertifikatsii i metrologii. M.: YUNITI-DANA, 2002. 711 p.

15. Manzhura S.A. Metod vybora zashchitnykh elementov s pomoshch'yu integral'nogo pokazatelya svoystv i kriteriya minimuma stoimosti. Chest' i zakon. 2019. № 4. P. 37–43.

16. Manzhura S.A. Individual'nyye sredstva bronzashchity: voprosy trebovaniy i klassifikatsii. D.S. Baulin, S.A. Gorelyshev. Zbirnyk naukovykh prats' Natsyonal'noy akademyy Derzhavnoyi prykordonnoyi sluzhby Ukrayiny. Khmel'nyts'kyu: NADPSU. 2016. Vyp. 3. P. 210–224.

17. Manzhura S.A. Vybir materialiv broneplastyn dlya individual'nykh zasobiv bronezakhistu syl okhorony pravoporyadku. S.A. Manzhura. Systemy Ozbroyennya y viys'kova tekhnika. Kh.: KHNUPS. 2017. №2 (50). P. 89–93.

18. Dubrovina V.V. Vstanovlennya uz'hodzhenosti rezul'tativ pry rozv'yazuvanni zadach ekspertnoho otsynuyannya. V.YE. Kozlov, YU.V. Kozlov, O.O. Novykova. Zb. nauk. prats' NA NHU. 2014. Vyp. 2 (24). P. 92–94.

УДК 519.233.6:65.012.16

Горелишев С.А., к.техн.н., доцент, Баулін Д.С., к.техн.н., с.н.с.,  
Козлов В.Є., к.техн.н., доцент, Сидоренко І.І., к.пед.н., Манжура С.А., докторант

### **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ВИБОРУ БРОНЕЕЛЕМЕНТУ НА ОСНОВІ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА КРИТЕРІЮ МІНІМУМУ ВАРТОСТІ**

У статті побудована інформаційна модель бронеелемента, яка базується на деяких вербальних ознаках (вектор ознак), склад яких визначає група експертів – бронестійкість, заперешкодна деформація, маса, граничне кульове навантаження, товщина, вартість. Базуючись на односпайній думці експертів про ступень важливості властивостей, бронестійкість та вартість не входять у інтегральний показник оцінювання, а розглядаються як окремі критерії. Інтегральний показник оцінювання буде складати такі властивості як заперешкодна деформація, маса, граничне кульове навантаження і товщина. Визначені їх вагові коефіцієнти.

Встановлено, що в якості універсальної шкали оцінювання у даному дослідженні використовувалася удосконалена чотирибальна шкала. Максимальні та мінімальні значення шкал вимірювань встановлено відповідно до керівних документів.

Розроблено метод вибору бронеелементів, що складається з двох етапів. На першому етапі вибору відбраковуються всі зразки, які не відповідають критерію непробиття (бронестійкість). Другим етапом являється вибір за критерієм мінімуму вартості із ранжируваного переліку зразків, який побудований за допомогою інтегрального показника властивостей бронеелементу.

Показано використання методу вирішення задачі вибору захисних елементів за допомогою інтегрального показника його властивостей та критерію мінімуму вартості на прикладі визначених шості захисних структур різних виробників.



Приведено для даних зразків кількісні оцінки властивостей, які є вхідними величинами для методу вибору бронееlementів. Наведено приклад визначення рангу об'єкта порівняння за чотирма ознаками приведеними до універсальної чотирехбальної шкали.

Показано, що при різних методах ранжування (за допомогою середнє арифметичного, модифікованого коефіцієнта конкордації, коефіцієнта відповідності) у цілому, спостерігається збіг результатів розрахунку. Це відповідає концепції усталеності.

**Ключові слова:** бронееlement, бронестійкість, метод вибору, експертне оцінювання, об'єкт порівняння, шкала порядку, інтегральний показник, критерій мінімуму вартості.

Горельшев С.А., к.техн.н., доцент, Баулин Д.С., к.техн.н., с.н.с., Козлов В.Е., к.техн.н., доцент, Сидоренко И.И., к.пед.н., Манжура С.А., докторант

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ВЫБОРА БРОНЕЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СВОЙСТВ И КРИТЕРИЯ МИНИМУМА СТОИМОСТИ

В статье построена информационная модель бронееlementа, основанная на некоторых вербальных признаках (вектор признаков), состав которых определяет группа экспертов – бронестойкость, запреградная деформация, масса, предельная пулевая нагрузка, толщина, стоимость. Основываясь на единодушном мнении экспертов о степени важности свойств, бронестойкость и стоимость не входят в интегральный показатель оценки, а рассматриваются как отдельные критерии. Интегральный показатель оценки будут составлять такие свойства как запреградная деформация, масса, предельная пулевая нагрузка и толщина. Определены их весовые коэффициенты.

Установлено, что в качестве универсальной шкалы оценивания в данном исследовании использовалась усовершенствованная четырехбальная шкала. Максимальные и минимальные значения шкал измерений установлены в соответствии с руководящими документами.

Разработан метод выбора бронееlementа, состоящий из двух этапов. На первом этапе выбора отбраковываются все образцы, которые не соответствуют критерию непробития (бронестойкость). Вторым этапом является выбор по критерию минимума стоимости из ранжированного перечня образцов, который был построенный с помощью интегрального показателя свойств бронееlementа.

Показано использование метода решения задачи выбора защитных элементов с помощью интегрального показателя его свойств и критерия минимума стоимости на примере заданных шести защитных структур различных производителей.

Приведены для данных образцов количественные оценки свойств, которые являются входными данными для метода выбора бронееlementа. Приведен пример определения ранга объекта сравнения по четырем признакам, значения которых переведены к универсальной чотирехбальной шкале.

Показано, что при различных методах ранжирования (с помощью среднего арифметического, модифицированного коэффициента конкордации, коэффициента соот-

ветствия) в целом, наблюдается совпадение результатов расчета. Это соответствует концепции устойчивости.

**Ключевые слова:** бронезащитный элемент, бронестойкость, метод выбора, экспертная оценка, объект сравнения, шкала порядка, интегральный показатель, критерий минимума стоимости.

Horielyshev S.A., Baulin D.S., Kozlov V.E., Sydorenko I.I., Manzhura S.A.

### **USE OF THE METHOD OF CHOOSING AN ARMOR ELEMENT BASED ON AN INTEGRAL INDICATOR OF PROPERTIES AND CRITERION OF MINIMUM VALUE**

The article builds an information model of an armored element based on some verbal signs (vector of signs), the composition of which is determined by a group of experts – armor protection, backward deformation, weight, ultimate bullet load, thickness, cost. Based on the unanimous opinion of experts about the degree of importance of properties, armor protection and cost are not included in the integral indicator and are considered as separate criteria. The integral indicator of assessment will include such properties as backward deformation, mass, ultimate bullet load and thickness. Their weight coefficients are determined

It was found that an improved four-point scale was used as a universal assessment scale in this study. The maximum and minimum values of the measurement scales are set in accordance with the guidelines.

A method for the selection of armored elements, consisting of two stages. At the first stage of selection, all samples that do not meet the criterion of not breaking are rejected. The second step is to build a ranked list of armored elements with the help of an integral indicator of properties and select the minimum cost from them according to the criterion..

The use of the method for solving the problem of choosing protective elements using the integral indicator of its properties and the criterion of minimum cost is shown on the example of certain six protective structures of various manufacturers.

Quantitative estimates of the properties, which are input data for the method of choosing an armor element, are given for these samples. An example is given of determining the rank of a comparison object by four criteria, the values of which are translated to a universal four-point scale.

It is shown that with different ranking methods (using the arithmetic mean, modified coefficient of concordance, coefficient of correspondence) in general, the coincidence of the calculation results is observed. This is consistent with the concept of sustainability.

**Keywords:** armor element, armor protection, selection method, expert assessment, comparison object, order scale, integral indicator, minimum cost criterion.