

УДК 519.233.6:65.012.16



С. А. Манжура

## МЕТОД ВИБОРУ ЗАХИСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА КРИТЕРІЮ МІНІМУМУ ВАРТОСТІ

Запропоновано метод вибору захисних елементів за допомогою інтегрального показника його властивостей та критерію мінімуму вартості. Цей метод включає: розроблення інформаційної моделі предметної галузі; розроблення інформаційної моделі об'єкта у вигляді вектора властивостей (ознак); визначення уніфікованих шкал, використовуваних для вимірювання цих властивостей; формування множини результатів вимірювань; експрес-обробку результатів вимірювань за допомогою розрахунку інтегрального показника його властивостей, який охоплює такі властивості, як заперешкодна травма, маса, граничне кульове навантаження і товщина. Розроблений метод вибору бронеелементів складається з двох етапів. На першому етапі вибору відбраковуються всі зразки, які не відповідають критерію непробиття. Другим етапом є вибір за критерієм мінімуму вартості із ранжированого переліку зразків, який побудований за допомогою інтегрального показника властивостей бронеелемента. Перевагами цього методу можна вважати єдиний методологічний підхід до вирішення завдань вибору захисних елементів та простоту реалізації.

**Ключові слова:** інтегральний показник, об'єкт порівняння, шкала оцінювання, мінімум вартості, метод вибору.

**Постановка проблеми.** Вибір захисних бронеелементів для створення ефективних засобів захисту з усього різноманіття усуючих зразків є складним завданням через велику кількість тактико-технічних вимог, які суперечать одна одній. Тому під час вибору зразка бронеелементів доводиться оцінювати їх властивості окремо і потім з огляду на їх значення здійснювати відбір.

Відсутність на сьогодні систематизованих рекомендацій з комплексного вибору зразків бронеелементів та забезпечення їх якості не дає змоги розв'язувати цю проблему в повному обсязі. У процесі вибору на цей час значну роль відіграє суб'єктивний підхід до вирішення зазначеної проблеми.

Тому розроблення методу вибору захисних бронеелементів за допомогою інтегрального показника властивостей та критерію мінімуму вартості є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Загальне забезпечення якості у будь-якій предметній галузі здійснюється відповідно до вимог стандартів Міжнародної організації зі стандартизації ISO [1, 2, 3]. Науковий підхід

до вирішення цієї проблеми ґрунтується на застосуванні методів кваліметрії, яка вивчає і реалізує процедури кількісного оцінювання якості продукції (виробу, процесу, послуги тощо) [4, 5]. Серед властивостей, які описують об'єкт порівняння (ОП) – захисні бронееlementи, можуть бути як такі, що характеризуються чисельними показниками і підлягають вимірюванню у прямому сенсі, так і ті, що є якісними і можуть бути оцінені у чисельному вираженні лише експертним методом [6–9]. Для вимірювання властивостей ОП використовують шкали кількісних ознак – шкали інтервалів, різниць, відношень, абсолютну шкалу.

Основною процедурою експертного оцінювання є порівняння (зіставлення) – встановлення рис подібності або відмінності [6, 10, 11] з використанням шкал якісних ознак, зазвичай, шкали порядку (ШП). Вона найчастіше характеризує чисельне значення об'єкта у балах, наприклад, бали (оцінки) 2, 3, 4 і 5, які застосовуються у педагогічній кваліметрії. Для впорядкування (ранжировання, класифікації) об'єктів

порівняння за певними ознаками, коли мова йде про дані так званої “нечислової природи”, для яких недостатня узгодженість об’єктів порівняння за одним із вимірів і малий обсяг вихідної вибірки не дають можливості отримати очікуваний результат [12, 13], використовують коефіцієнт кореляції Пірсона для шкал відношень, інтервалів та абсолютної (кількісної) шкали, рангову кореляцію Спірмена або Кендалла та інші – для ШПІ [14].

Різноманітність шкал безіменних і пойменованих, що використовують для експертного оцінювання якості захисних бронеелементів, доволі широка, як і кількість методів оброблення результатів оцінювання. Це утруднює вибір відповідних методологічних засобів для вирішення конкретного завдання вибору, основним серед яких можна вважати побудову ранжированих списків, що використовують для прийняття рішень.

**Метою статті** є розробка методу вибору захисних елементів на основі інтегрального показника властивостей і критерію мінімуму

вартості. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі дослідницькі завдання:

- розробити інформаційну модель об’єкта порівняння – бронеелемента як переліку його основних властивостей;
- проаналізувати шкали, що використовуються для вирішення завдання вибору бронеелементів, і методи оброблення результатів оцінювання;
- розробити алгоритм методу вибору бронеелементів.

**Виклад основного матеріалу.** Процес досягнення поставленої мети подано контекстною діаграмою потоків даних у нотації Гейна-Серсона (рис. 1) і деталізовано у довільній послідовності за допомогою специфікації (табл. 1), яка формулює його основні функції, містить номер та ім’я підпроцесу, списки відповідних вхідних та вихідних потоків, опис процесу як цільової дії [15].

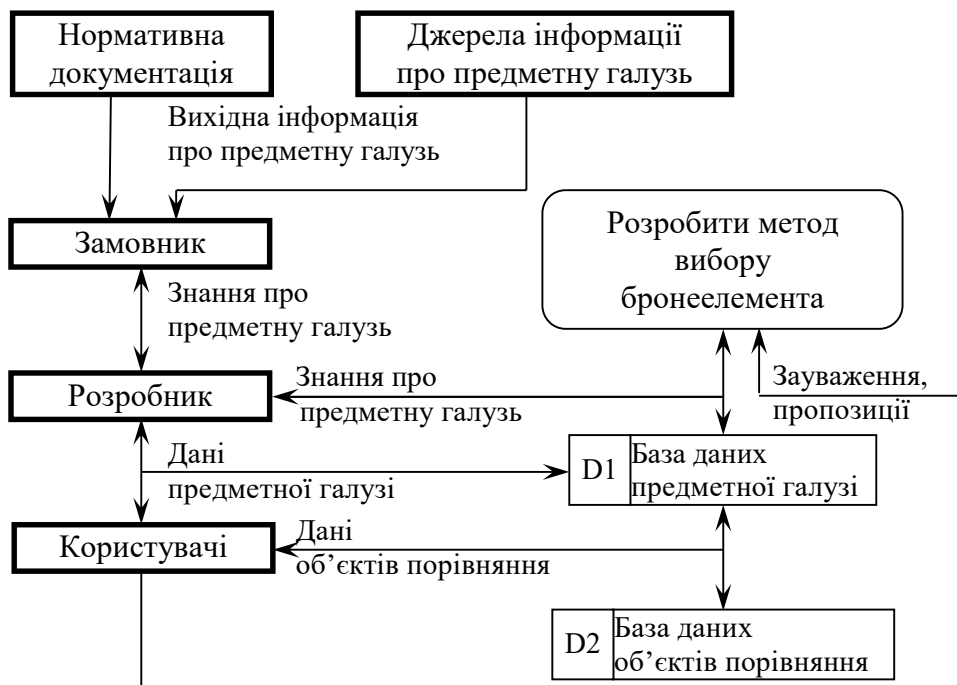


Рис. 1. Контекстна діаграма потоків даних процесу розроблення методу вибору бронеелементів

Специфікація процесу розроблення методу вибору бронеелементів

<p>1. Вибір шкал експертного оцінювання.                  Вхідні дані: шкали, застосовувані під час вирішення завдань експертного оцінювання, та методи оброблення результатів оцінювання.                  Вихідні дані: шкали, прийнятні для вирішення завдань вибору експертним методом.                  Проаналізувати шкали, використовувані для вирішення завдань вибору, і методи оброблення результатів оцінювання, вибрати шкали, прийнятні для вирішення завдання побудови ранжируваних списків об'єктів порівняння</p>
<p>2. Створення моделі ОП як переліку його основних властивостей захисних елементів.                  Вхідні дані: ознаки (властивості) об'єктів порівняння з нормативної документації та джерел інформації про предметну галузь.                  Вихідні дані: модель ОП як перелік його основних властивостей.                  Розробити інформаційну модель ОП з використанням експертного методу приписування балів</p>
<p>3. Розробка методу оброблення результатів експертного оцінювання об'єктів порівняння.                  Вхідні дані: методи вирішення завдання оцінювання об'єктів порівняння.                  Вихідні дані: методи оброблення результатів вимірювань характеристик ознак ОП, зокрема й даних нечислової природи.                  Вибрати науково-методичний підхід і запропонувати метод оброблення результатів експертного оцінювання об'єктів порівняння</p>
<p>4. Практичне застосування методу вибору багатошарових бронеелементів.                  Вхідні дані: результати оцінювання ознак об'єктів порівняння.                  Вихідні дані: результати обробки вхідних даних і рейтинговий список об'єктів порівняння.                  Перевірити можливість практичного застосування методу вибору багатошарових бронеелементів.                  Визначити перелік можливих застосувань</p>

Вибір бронеелементів для засобів бронезахисту передбачає наявність:

- вимог до бронеелементів;
- засобів кількісного зображення цих вимог (шкал вимірювання);
- методів (способів, методик, алгоритмів) оцінювання відповідності бронеелементів вимогам до них.

Для цього завчасно розроблено інформаційну модель предметної галузі бронеелемента як ОП у складі тезауруса й абеткового покажчика понять, термінів та визначень, яка являє собою перелік характеристик і властивостей. Тезаурус має такі складники:

- загальні поняття: об'єкт і предмет дослідження, об'єкт захисту, об'єкт порівняння (об'єкт оцінювання, об'єкт випробування, перешкода), показник якості ОП, базовий об'єкт тощо;
- властивості ОП;
- інформаційна модель ОП як сукупність пов'язаних між собою властивостей, що підлягають оцінюванню.

У процесі аналізу інформаційної моделі предметної галузі ОП виділено властивості бронеелементів, які найбільш повно і якісно описують їх конструкційні та експлуатаційні характеристики, та визначено вагу цих властивостей шляхом експертного оцінювання. Експертами були представники військових частин НГУ, викладачі профілюючих кафедр Національної академії НГУ, фахівці-розробники. За результатами експертного оцінювання властивостей бронеелементів визначені шість таких властивостей ( $m = 6$ ): бронестійкість, заперешкодна травма, маса, граничне кульове навантаження, товщина та вартість. З огляду на однаковість думки експертів про ступінь важливості властивостей в інтегральний показник оцінювання бронестійкість та вартість не входять,

а розглядаються як окремі критерії. Отже, інтегральний показник оцінювання складатиме такі властивості, як заперешкодна травма, маса, граничне кульове навантаження і товщина ( $m = 4$ ).

Для порівняння цих різноманітних даних необхідно розробити універсальну шкалу оцінювання. За однією з аксіом теорії множин [16–20] дві упорядковані множини подібні, якщо між ними можна встановити однозначну відповідність, яка зберігає порядок. У цьому дослідженні як універсальну шкалу оцінювання використано удосконалену чотирибальну шкалу (УЧШ), яка змінюється в інтервалі від 2,00 до 5,00. Під час вимірювань за кількісними шкалами використовують прямий порядок діапазону шкали, якщо характер ознаки висхідний, і зворотний, якщо характер ознаки низхідний.

Узагальнені показники у балах УЧШ визначають як середнє арифметичне всіх часткових показників, що не суперечить теорії для вузьких шкал [13, 21] і підтверджено розрахунками [22].

Викладене вище дає змогу запропонувати такий удосконалений метод вибору бронеелемента, в якому використовуються як основні чотирибальні шкали порядку (загальноприйнята й удосконалена), а також шкали кількісних ознак (інтервалів, різниць, відношень). Загальну схему методу вибору бронеелементів для засобів захисту особового складу і військової техніки Національної гвардії України наведено на рис. 2.

Запропоновано метод вибору бронеелементів, що містить низку процедур, зокрема:

- розроблення інформаційної моделі предметної галузі у складі тезауруса (вербального опису множини станів предметної галузі) та абеткового покажчика понять, термінів і визначень (мовного засобу маніпулювання даними) – блок 1;

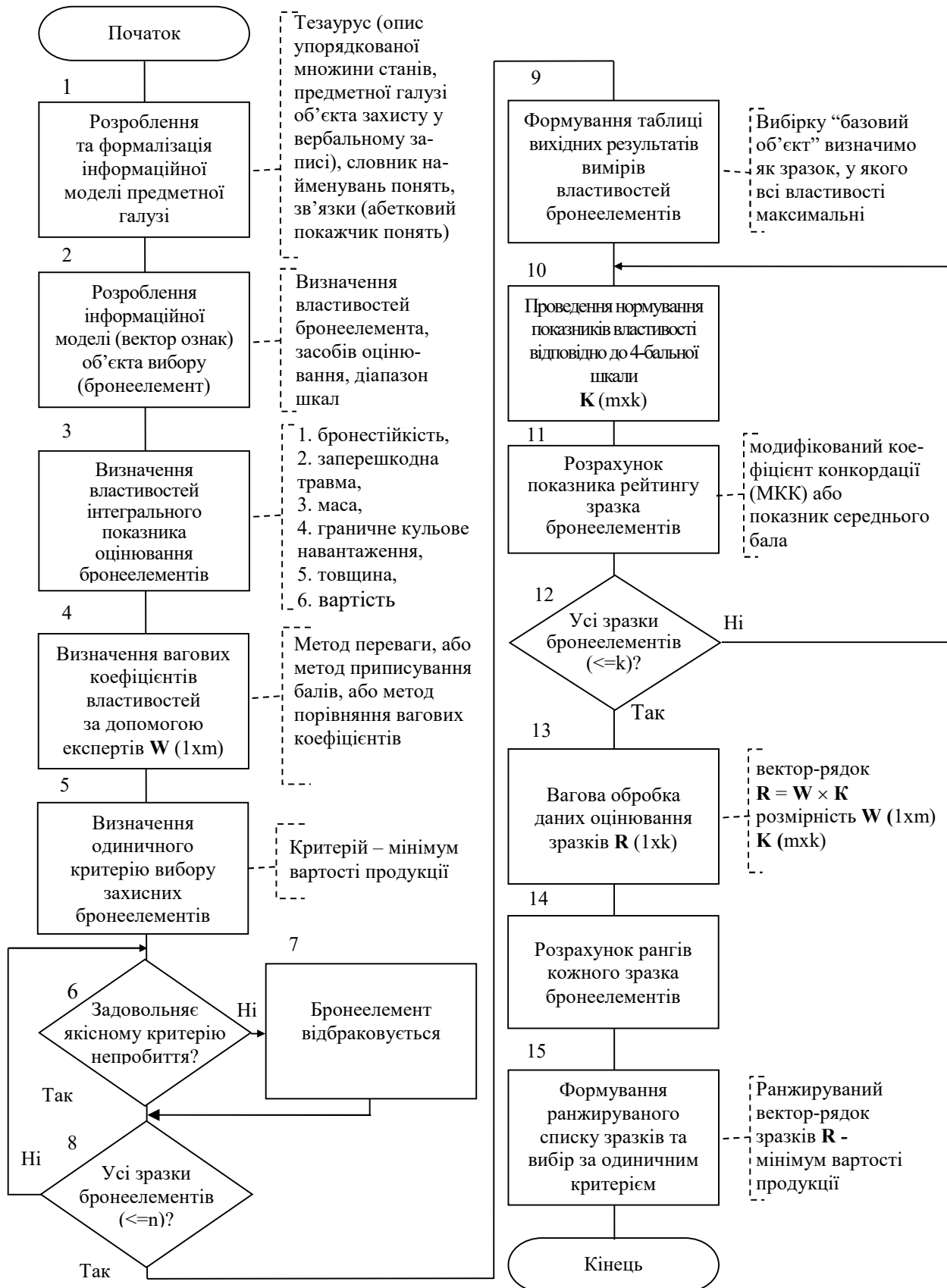


Рис. 2. Загальна схема методу вибору бронеелементів

– розроблення інформаційної моделі ОП як основної складової моделі предметної галузі у вигляді вектора ознак – блок 2;

– визначення шкал, використовуваних для вимірювання властивостей (ознак) ОП, та діапазонів цих шкал, способів переведення результатів вимірювання до УЧШ – блоки 2, 3;

– визначення  $m$  властивостей, які формують інтегральний показник оцінювання бронееlementів – блок 3;

– визначення вагових коефіцієнтів властивостей за допомогою експертів  $W$  (вектор-рядок розміром  $1 \times m$ ) – блок 4;

– визначення одиничного критерію вибору захисних бронееlementів (мінімум вартості продукції) – блок 5;

– вибір за критерієм непробиття (бронестійкість) захисного елемента (перший етап вибору); якщо  $n$ -й бронееlement не задовляє критерій непробиття, то він виключається із розгляду – блоки 6, 7, 8;

– формування множини результатів вимірювань  $m$  властивостей (ознак)  $k$  об'єктів порівняння – блок 9;

– проведення нормування показників властивості  $X_i$  для кожного бронееlementa відповідно до УЧШ та формування матриці  $K$  (розмір матриці  $m \times k$ ); вибірка “базовий об'єкт” визначається як зразок, у якого всі властивості  $Y_i$  максимальні, – блок 10;

– експрес-обробка результатів вимірювань та формування інтегрального показника якості  $R_j$ ,  $j = 1 \dots k$  шляхом розрахунку модифікованого коефіцієнта конкордації за формулою

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

або показника середнього бала та визначення рейтингу кожного з об'єктів порівняння – блок 11;

– якщо властивості бронееlementa мають різну вагу, то формування вектора-стовпця  $R$  проводиться шляхом розрахунку експертним методом переваги (рангів) вагових коефіцієнтів ознак  $R = W \times K$  – блок 13;

– формування ранжируваного списку об'єктів порівняння у порядку спадання значень інтегральних показників якості – блок 14;

– вибір бронееlementів шляхом формування ранжируваного списку об'єктів за одиничним критерієм – мінімум вартості продукції (другий етап) – блок 15.

Перевагами методу вибору бронееlementів можна вважати: єдиний методологічний підхід до вирішення таких завдань; можливість використовувати для оцінювання ознак об'єктів порівняння, визначених у моделі об'єкта, як кількісні, так і якісні шкали; можливість вираження значень оцінок ознак у балах удосконаленої чотирибальної шкали порядку, прийнятної для подальшої обробки з метою побудови ранжируваних списків об'єктів порівняння; простоту реалізації запропонованого методу.

## Висновки

Таким чином, у процесі дослідження розроблено метод вибору бронееlementів за допомогою інтегрального показника його властивостей та критерію мінімуму вартості. Цей метод базується на:

– сформованій інформаційній моделі бронееlementa як об'єкта порівняння;

– вибраних шкалах порівняння та критеріях (непробиття, мінімум вартості продукції);

– створеному інтегральному показнику, який охоплює такі властивості, як заперешкодна травма, маса, граничне кульове навантаження і товщина.

Установлено, що для порівняння різноманітних даних, які всебічно характеризують об'єкт порівняння, необхідно розробити універсальну шкалу оцінювання. Як універсальна шкала оцінювання у цьому дослідженні використовувалась удосконалена чотирибальна шкала.

Розроблений метод вибору бронееlementів складається з двох етапів. На першому етапі вибору відбраковуються всі зразки, які не відповідають критерію непробиття. Далі розраховується інтегральний показник за чотирма властивостями: заперешкодна травма, маса, граничне кульове навантаження та товщина. Другим етапом вибору є визначення об'єкта (об'єктів) порівняння за критерієм мінімуму вартості бронееlementa.

Запропонований метод може бути використаний для розроблення інформаційно-аналітичної технології визначення якості бронееlementів та їх вибору відповідно до конкретних умов виконання службово-бойових завдань.

**Перелік джерел посилання**

1. Системи управління якістю. Основні положення та словник: ДСТУ ISO 9000-1-2001. Введ. 2001-06-27. Київ: Держстандарт України, 2001. 27 с.

2. Системи якості. Моделі забезпечення якості при проектуванні, розробці, виробництві, монтажі та обслуговуванні: ДСТУ ISO 9002-95. Введ. 1996-07-01. Київ: Держстандарт України, 2015. 42 с.

3. Управління задля досягнення сталого успіху організації. Підхід на основі управління якістю: ДСТУ ISO 9004:2012. Введ. 2013-05-01. Київ: Мінекономрозвитку України, 2013. 59 с.

4. Шишкин И. Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством. Москва: Изд-во стандартов, 1990. 343 с.

5. Крылова Г. Д. Основы стандартизации, сертификации и метрологии. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. 711 с.

6. Городнов В. П. Теоретические основы моделирования микроэкономических и других процессов и систем: монография. Харків: Акад. ВВ МВС України, 2008. 484 с.

7. Миркин Б. Г. Анализ качественных признаков и структур. Москва: Статистика, 1980. 319 с.

8. Минин Б. А. Уровень качества. Москва: Изд-во стандартов, 1989. 184 с.

9. Суппес П. Основы теории измерений. Психологические измерения. Москва: Мир, 1967. 110 с.

10. Шабалин С. А. Прикладная метрология в вопросах и ответах. Москва: Изд-во стандартов, 1990. 192 с.

11. Раушенбах Г. В. Меры близости и сходства. Анализ нечисловой информации в социологических исследованиях. Москва: Наука, 1985. 203 с.

12. Красильников В. В. Статистика объектов нечисловой природы. Наб. Челны: Изд-во Камск. политехн. ин-та, 2001. 144 с.

13. Орлов А. И. Нечисловая статистика. Москва: МЗ-Пресс, 2004. 516 с.

14. Корреляция. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 19.12.2019).

15. DFD-диаграмма потоков данных. URL: <http://www.itstanru/funk-strukt-analiz/dfd-diagramma-potokov-dannyh.html> (дата обращения: 15.12.2019).

16. Прохоров Ю. Математический энциклопедический словарь. Москва: Сов. энцикл., 1988. 846 с.

17. Бардачов Ю. М., Соколова Н. А., Ходаков В. Є. Дискретна математика. Київ: Вища шк., 2002. 287 с.

18. Бондаренко М. Ф., Белоус Н. В., Руткас А. Г. Компьютерная дискретная математика. Харьков: Компания СМІТ, 2004. 480 с.

19. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. Москва: Наука, 1981. 720 с.

20. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). Москва: Наука, 1974. 832 с.

21. Козлов Ю. В., Новикова О. О. Метод побудови ранжированих списків кандидатів на заміщення посад для прийняття кадрових рішень. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. Харків: ХНУПС, 2018. Вип. 1 (55). С. 111–115.

22. Козлов В. Є., Оленченко В. Т., Юзьков І. О. Метод оцінювання інтелектуальних якостей особистості. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. Харків: ХНУПС, 2010. Вип. 3 (25). С. 200–202.

*Стаття надійшла до редакції 13.12.2019 р.*

**УДК 519.233.6:65.012.16**

**С. А. Манжура**

**МЕТОД ВЫБОРА ЗАЩИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СВОЙСТВ И КРИТЕРИЯ МИНИМУМА СТОИМОСТИ**

*Предложен метод выбора защитных элементов с помощью интегрального показателя его свойств и критерия минимума стоимости. Данный метод включает: разработку информационной модели предметной области; разработку информационной модели объекта в виде вектора свойств*

(признаков); определение унифицированных шкал, используемых для измерения этих свойств (признаков); формирование множества результатов измерений; экспресс-обработку результатов измерений с помощью расчета интегрального показателя свойств бронезлемента, который охватывает такие свойства, как запреградная травма, масса, предельная пулевая нагрузка и толщина. Разработанный метод выбора бронезлемента состоит из двух этапов. На первом этапе выбора отбраковываются все образцы, которые не соответствуют критериям непробития. Вторым этапом является выбор по критерию минимума стоимости из ранжированного списка образцов, который построен с помощью интегрального показателя свойств бронезлемента. Преимуществами данного метода можно считать единый методологический подход к решению задач выбора защитных элементов и простоту реализации предложенного метода.

**Ключевые слова:** интегральный показатель, объект сравнения, шкала оценивания, минимум стоимости, метод выбора.

UDC 519.233.6:65.012.16

S. Manzhura

## METHOD FOR SELECTING PROTECTIVE ELEMENTS USING THE INTEGRAL INDICATOR OF PROPERTIES AND MINIMUM-COST CRITERION

*The choice from the whole variety of existing samples of protective armor elements that are used to create effective means of protection is a difficult task due to the large number of tactical and technical requirements that contradict each other. The lack of systematic recommendations on the comprehensive selection of samples of armored elements and ensuring their quality does not allow us to solve this problem in full. In the selection process, a significant place is taken by the subjective approach to solving this problem.*

*The article proposes a method for solving the problem of choosing protective elements using an integral indicator of its properties and the criterion of minimum cost. This method includes: developing an information model of the subject area; development of an information model of an object in the form of a vector of properties (features); definition of standardized scales used to measure these properties (features); the formation of many measurement results; express processing of measurement results by calculating the integral indicator of its properties, which covers such properties as arm injury, weight, ultimate bullet load and thickness.*

*The developed method for choosing armored elements consists of two stages. At the first stage of selection, all samples that do not meet the criteria for not breaking are discarded. The second stage is the selection according to the minimum-cost criterion from a ranked list of samples, which is built using an integrated indicator of the properties of an armor element.*

*It was established that for comparing various data comprehensively characterizing the object of comparison, it is necessary to develop a universal assessment scale. An improved four-point scale was used in this study.*

*The advantage of this method can be considered a unified methodological approach to solving the problems of choosing protective elements; the possibility of using both quantitative and qualitative scales for evaluating the features of comparison objects defined in the model of an object; the ability to measure attribute values in points of an improved four-point scale of order, acceptable for further processing in order to build ranked lists; ease of implementation of the proposed method.*

**Keywords:** integral indicator, object of comparison, assessment scale, minimum cost, selection method.

Манжура Святослав Анатолійович – ад'юнкт Національної академії Національної гвардії України  
[https:// orcid.org/0000-0003-4726-0320](https://orcid.org/0000-0003-4726-0320)