

УДК 351.864:001.89 (043.2)

С.О. Нікул

Військова академія (м. Одеса), Україна

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЗРАЗКА ОЗБРОЄННЯ

Проведено аналіз процесів, які супроводжують розвиток зразка озброєння (ЗО) та розроблено алгоритм побудови загальної ієрархічної структури його властивостей.

Ключові слова: алгоритм, ентропійний підхід, зразок озброєння, обрис, структура властивостей.

Постановка проблеми

Досвід проведення антитерористичної операції на сході країни свідчить про необхідність модернізації наявних та створення нових зразків озброєння (ЗО). У зв'язку з цим виникає потреба прогнозування обрису ЗО на ранніх етапах розробки з урахуванням його властивостей як об'єкта розвитку.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Методологічний підхід до формування технічного обрису перспективних ЗО розглянутий в [1]. Але він не враховує порядок формування структури властивостей перспективного ЗО.

Постановка задачі та її розв'язання

Метою роботи є розробка науково-методичного апарату обґрунтування системи властивостей зразка озброєння як об'єкта розвитку.

Виокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

На ранніх етапах розробки ЗО потрібно виявляти відмінні особливості, які враховують динаміку розвитку його у всіх її суперечливих формах. Це дозволяє визначати низку глобальних чинників, які впливають на якість ЗО, що розробляється, і необхідних для початкової орієнтації та при безпосередньому прогнозуванні варіантів його обрису.

Завдання тактико-технічних вимог (ТТВ) до перспективного ЗО обумовлює розробку і застосування на практиці загальної ієрархічної структури його властивостей, яка є основною для майбутнього обрису ЗО.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Аналіз результатів робіт [4, 5] дозволяє зробити висновок, що формування структури властивостей перспективного ЗО можна виконувати в два етапи:

1. Побудова сукупності ієрархічних структур властивостей за допомогою можливих часткових ситуацій розвитку та застосування за цільовим призначенням ЗО;

2. Узагальнення сукупності ієрархічних структур властивостей і побудова загальної структури.

Виконання першого етапу пропонується здійснювати на основі ентропійного підходу, який полягає в наступному.

Функціонування як розвиток за етапами життєвого циклу конкретного ЗО відбувається в m ситуаціях S_i , $i = 1, m \dots$. Залежно від конкретної ситуації, він характеризується рядом пріоритетів $P_i = \{1, 2, \dots, n\}$ і вектором пріоритетів властивостей $V_i = \{V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in}\}$.

Ряд пріоритетів є впорядкованою множиною властивостей і відображає суто якісне відношення домінування. Вектор пріоритету V_i являє собою n -мірний вектор, компонентами V_q якого є бінарні відношення пріоритету, що визначають ступінь переваги за важливістю двох сусідніх властивостей P_{iq} та P_{iq+1} , $q = \overline{1, n}$, з ряду пріоритету I_i , а саме: величина V_{iq} показує, у скільки разів властивість P_{iq} важливіше іншої властивості P_{iq+1} . Якщо $P_{iq} = P_{iq+1}$, то $V_{iq} = 1$.

Для зручності обчислень логічно прийняти $V_{in} = 1$. Вектор V_i встановлюється за результатом попарного порівняння властивостей P_{ij} ($i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$), попередньо впорядкованих відповідно до ряду пріоритету I_i .

Наявність векторів I_i та V_i за всіма типовими ситуаціями C_i , в якості вихідних даних, дозволяє для кожної з них визначити вектор вагових коефіцієнтів $\lambda_{iq} = \{ \lambda_{i1}, \lambda_{i2}, \dots, \lambda_{in} \}$, який являє собою n -мірний вектор, при цьому компоненти його зв'язані співвідношеннями:

$$\begin{cases} 0 \leq \lambda_{iq} \leq 1, & q = \overline{1, n}; \\ \sum_{q=1}^n \lambda_{iq} = 1. \end{cases}$$

Складові λ_{iq} вектора V_i мають сенс вагових коефіцієнтів, які визначають відносну перевагу q -ої властивості над іншими, і розраховуються за допомогою залежності

$$\lambda_{iq} = \frac{\prod_{l=1}^n V_{il}}{\sum_{q=1}^n \prod_{l=q}^n V_{il}}, \quad i = \overline{1, m}.$$

За даними розрахунків будується матриця ваг

$$\| \Lambda \| = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \dots & \lambda_{mn} \end{pmatrix},$$

де λ_{kj} - вага j -ої властивості в k -ій типовій ситуації функціонування (розвитку) ЗО.

Для формування ієрархічної структури властивостей, яка враховує різні типові ситуації функціонування (розвитку) ЗО та ступінь їх прояву в кожному конкретному випадку, необхідно встановити узагальнені ваги λ_j^* , $j = \overline{1, n}$ усіх властивостей, що найбільш повно враховують інформацію, закладену в матрицю $\| \Lambda \|$. Для цього доцільно використати ентропійний підхід, який дозволяє знайти рівень мінливості будь-якої властивості в межах умов задачі, яка розглядається.

На підставі даних матриці $\| \Lambda \|$ розраховується ентропія j -ої властивості

$$H_j = -\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_{ij} \ln \lambda_{ij}, \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}.$$

Оскільки $0 \leq H_j \leq 1$ ($j = \overline{1, n}$), то можна визначити рівень мінливості j -ої властивості за формулою

$$d_j = 1 - H_j, \quad j = \overline{1, n}.$$

Тоді узагальнені ваги властивостей можна розраховувати за допомогою виразу

$$\alpha_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Ця залежність справедлива, якщо всі властивості однаково важливі, тобто немає експертних оцінок їх значущості. Якщо відомі експертні оцінки величин $\bar{\alpha}_j$, то доцільно розрахувати комплексну значущість

$$\alpha_j^o = \lambda_j^* = \frac{\bar{\alpha}_j \alpha_j}{\sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_j \alpha_j}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Тут ваговий вектор $\bar{\alpha} = \{\bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2, \dots, \bar{\alpha}_n\}$ можна визначити за допомогою матриці експертних оцінок кожної властивості. Для цього необхідно провести групову експертизу, в якій кожен з m експертів призначає свої значення вагових коефіцієнтів, що відповідають умовам

$$\sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_{kj} = 1, \quad \bar{\alpha}_{kj} \geq 0, \quad j = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, m},$$

а в результаті буде отримана матриця експертних оцінок

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \bar{\alpha}_{11} & \bar{\alpha}_{12} & \dots & \bar{\alpha}_{1n} \\ \bar{\alpha}_{21} & \bar{\alpha}_{22} & \dots & \bar{\alpha}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{\alpha}_{m1} & \bar{\alpha}_{m2} & \dots & \bar{\alpha}_{mn} \end{pmatrix},$$

де $\bar{\alpha}_{kj}$ – експертна оцінка відносної важливості j -ої властивості, яка запропонована k -м експертом.

Для визначення оптимально-компримісних вагових коефіцієнтів $\bar{\alpha}^*$, що виражають «колективну думку», задається схема компромісу $F(A, \bar{\alpha}^*)$ і розв'язується екстремальна задача

$$F(A, \bar{\alpha}^*) = \min_{\bar{\alpha} \in D} F(A, \bar{\alpha}), \quad (1)$$

$$\text{де } D = \left\{ \bar{\alpha} \left| \sum_{j=1}^n \bar{\alpha}_j = 1, \bar{\alpha}_j \geq 0, j = \overline{1, n} \right. \right\}.$$

Ця схема компромісу $F(A, \bar{\alpha})$ є мірою близькості між довільним вектором $\bar{\alpha} \in D$ і елементами матриці A . В якості міри близькості $F(A, \bar{\alpha})$ використовується функція

$$F(A, \bar{\alpha}) = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n (\bar{\alpha}_{kj} - \bar{\alpha}_j)^2,$$

а оптимальним розв'язанням (1) є вектор середніх значень за елементами стовпців матриці A

$$\bar{\alpha}_j^* = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \bar{\alpha}_{kj}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Для врахування кваліфікації експертів логічно ввести коефіцієнти компетентності експертів

$$C_k > 0, k = \overline{1, m}, \sum_{k=1}^m C_k = 1.$$

Тоді

$$\bar{\alpha}_j^* = \sum_{k=1}^m \bar{\alpha}_{kj} C_k.$$

Отриманий вектор $\Lambda^* = \{\lambda_1^*, \lambda_2^*, \dots, \lambda_n^*\}$ використовується в якості вихідної інформації для призначення рівнів властивостей.

На рис. 1 та 2 подані схеми безпосереднього функціонування і розвитку ЗО. Використання цих схем дозволяє виокремити m ситуацій C_k як для першого випадку, так і для другого. У відповідності до цих ситуацій здійснюється формування властивостей зразка ЗО як об'єкта функціонування і як об'єкта розвитку. Видно, що схема на рис. 2 є більш динамічною, порівняно зі схемою на рис. 1. Вона враховує більшу кількість факторів і змушує оцінювати його технічні умови з переглядом системи властивостей.

При побудові такої ієрархічної структури властивостей на ранніх етапах розробки необхідно розглядати низку організаційних вимог: обов'язкове проведення аналізу процесу розвитку (еволюції) ЗО, сукупності ЖЦ окремих його представників з висновком про їх наступність; виділення видів середовища, в якому створюється і застосовується ЗО, з включенням концептуальної фази його розробки: формування груп властивостей, які характеризують процес розвитку ЗО, його створення і застосування; дотримання принципів побудови ієрархічної структури властивостей; визначення зв'язків між властивостями (незалежно від рівнів).

Другим, завершальним етапом, є аналіз сукупності отриманих можливих ієрархічних структур властивостей ЗО і побудова на основі цього загальної структури властивостей. Цей етап виконується на основі експертного методу. Алгоритм побудови загальної ієрархічної структури властивостей наведений в табл. 1.

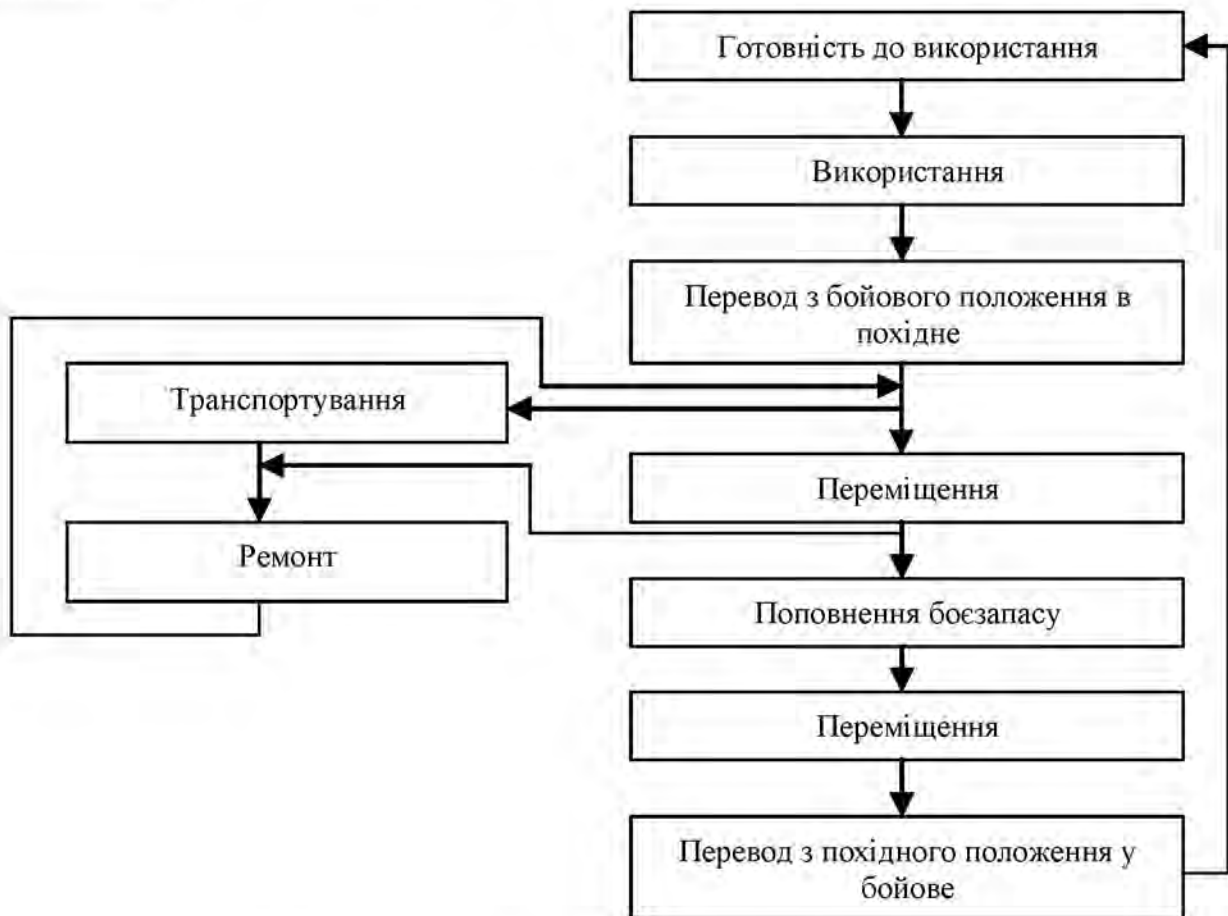
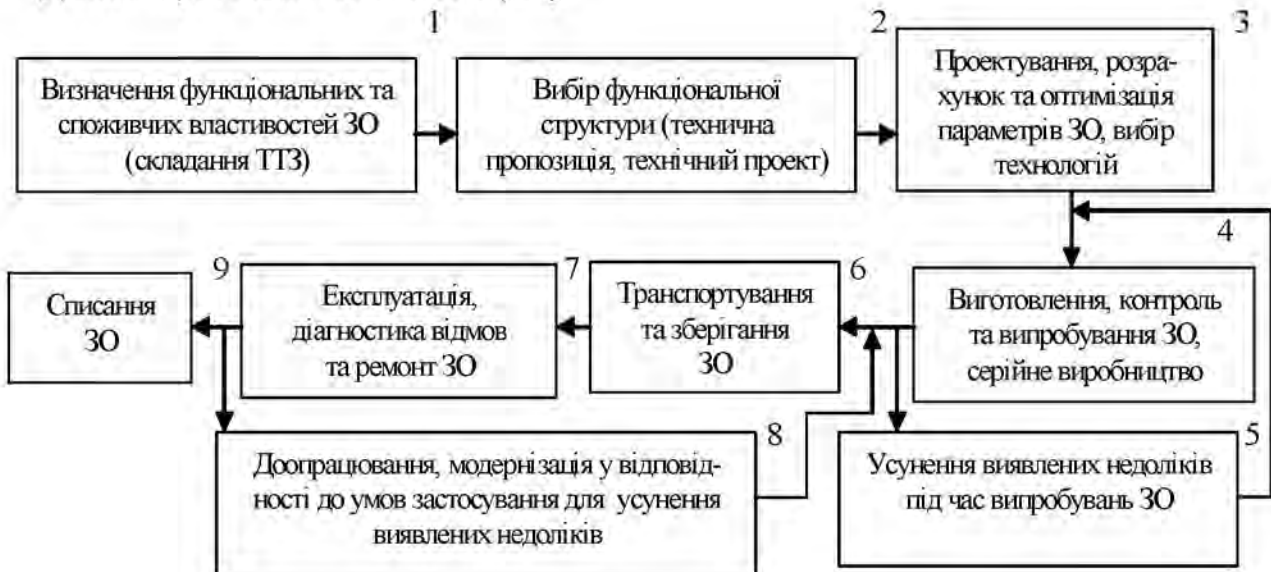


Рис. 1 – Схема функціонування зразка озброєння

Основні стадії життєвого циклу**Деталізація стадій життєвого циклу****Рис. 2 – Схема розвитку ЗО на стадіях життєвого циклу (ЖЦ)**

На основі запропонованих двох етапів формування структури властивостей перспективного ЗО на рис. 3 наведена загальна структура властивостей ЗО.

Окремо винесені його закони розвитку і форми еволюції. На основі аналізу процесів розвитку будуються еволюційні схеми, з яких випливає наступність розвитку, що визначає вид розробки (модернізаційна, конструктивна і новофізична).

Відповідно до стадій ЖЦ ЗО виокремлюються зовнішні середовища: концептуальне, розробки, виробниче, експлуатаційне та цільове. Це полегшує формування груп базових властивостей. Окремо слід зупинитися на еволюційній групі властивостей. Передумовою виникнення цієї групи властивостей є еволюційна спадкоємність, що відображається бінарною схемою розвитку – «ЗО – його наступник».

Поряд з класичними властивостями ЗО (зокрема такими як надійність, ергономічність, вогнева ефективність тощо) в цю схему включені такі важливі базові властивості як новизна і корисність, реальність і розгортваність, вписуваність і перспективність.

Вони отримані з еволюційного підходу інженерно-кібернетичної методології проектування складних технічних систем. Подальша побудова властивостей може здійснюватись при дотриманні принципів ієрархічності та результатів досліджень, отриманих в [2, 3].

Система зв'язків різних властивостей між собою встановлюється за допомогою одного з методів експертного опитування.

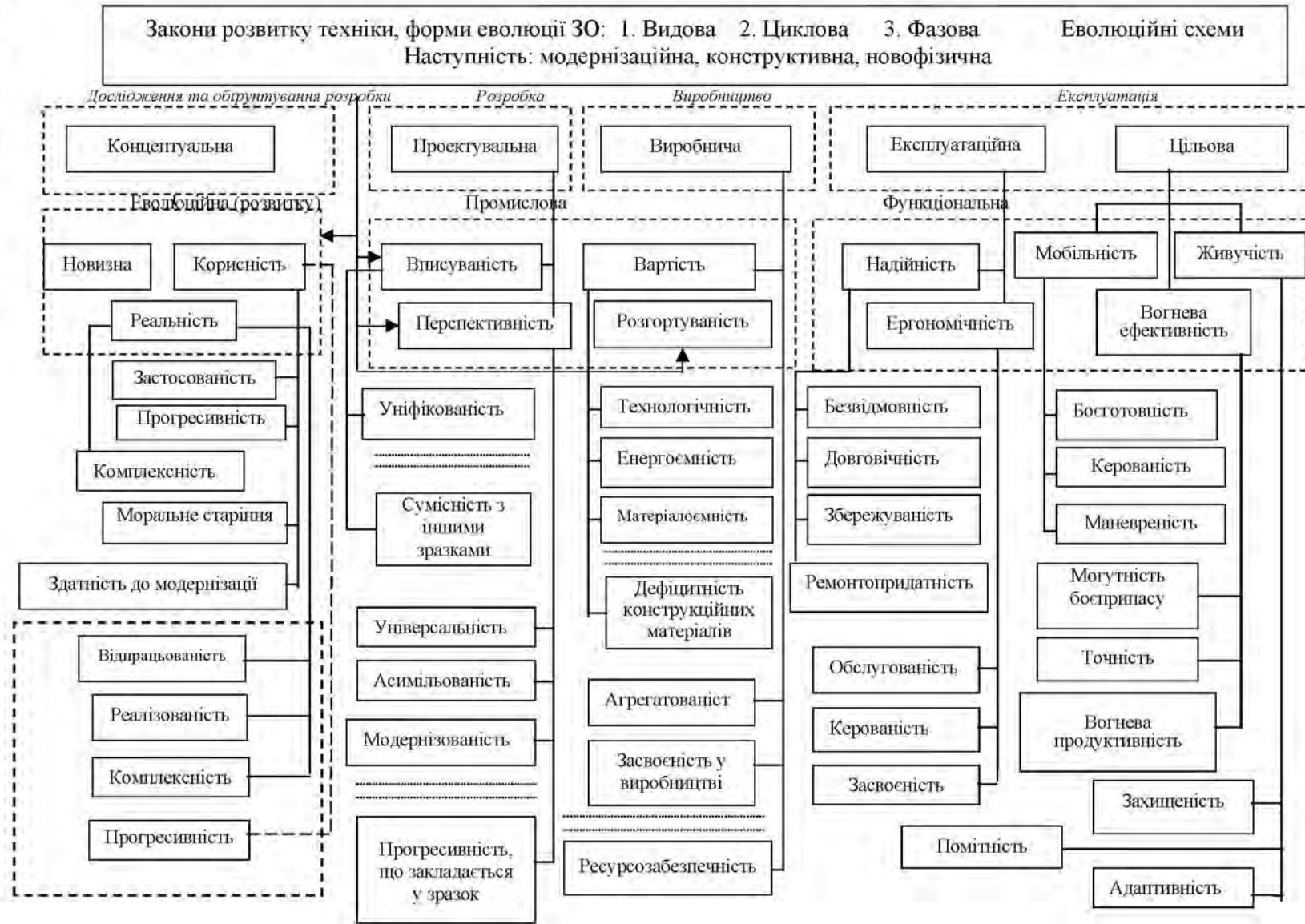
Алгоритм побудови загальної ієрархічної структури властивостей

| Етапи алгоритму |
|--|
| <p>1. Формування мети роботи (постановка задачі): ранжування $\{m\}$ властивостей в порядку переваги, виходячи з конструкторських проробок та побудова їх ієрархічної структури.</p> |
| <p>2. Формування експертної групи: кількість експертів (h); за результатами роботи експертів формується матриця-рядок по кожній j-й властивості $\mathbf{Y}_j = [\tilde{\alpha}_{1j}, \tilde{\alpha}_{2j}, \dots, \tilde{\alpha}_{hj}]$;</p> <p>обчислюється середнє значення оцінок групи за j-ю властивістю $\bar{\alpha}_j = \left(\sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj} \right) / h$;</p> <p>визначається відхилення оцінки кожного експерта від середнього значення оцінок групи за всіма j-ми властивостями: $\Delta_{tj} = \tilde{\alpha}_{tj} - \bar{\alpha}_j$, в результаті формується матриця відхилень $\ \mathbf{D}_j\$;</p> <p>знаходиться середнє відхилення оцінок кожного експерта за всіма властивостями від середнього значення оцінок групи $\bar{\Delta}_t = \left(\sum_{j=1}^m \Delta_{tj} \right) / m$ та отримується матриця-рядок $\bar{\mathbf{D}} = [\bar{\Delta}_1, \bar{\Delta}_2, \dots, \bar{\Delta}_h]$;</p> <p>експерти нумеруються по мірі віддалення їхніх оцінок від середнього значення оцінок групи. В підсумку встановлюється кортеж їхніх переваг $\bar{\mathbf{D}}^* = \langle \bar{\Delta}_1^*, \bar{\Delta}_2^*, \dots, \bar{\Delta}_h^* \rangle$;</p> <p>значення коефіцієнта конкордації, як правило, приймають рівним 0.5 ($\Phi=0.5$). При $\Phi < 0.5$ експертну групу переформовують шляхом виключення зі списку останніх номерів експертів, у яких спостерігається різке відхилення відповідей від середньої думки групи.</p> |
| <p>3. Формування правил роботи експертної групи:</p> <p>Впорядковуються властивості, починаючи з найменш важливої $x_1 < x_2 < \dots < x_m$;</p> <p>приписуються ранги $\tilde{\alpha}_j$ ($\tilde{\alpha}_1 = 1$; $\tilde{\alpha}_2 = 2$; ...; $\tilde{\alpha}_m = m$);</p> <p>визначаються вагові коефіцієнти властивостей x_j ($j = \overline{1, m}$) за формулою</p> $\alpha_j = \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj} / \left(\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj} \right).$ |
| <p>4. Оцінка ступеня узгодженості думок експертів:</p> <p>результати ранжування подаються у вигляді матриці рангів;</p> <p>визначається відповідно сума рангів по кожній j-й властивості та середня сума рангів</p> $Q_j = \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{jt}, \quad T = \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{jt} / m;$ <p>обчислюється сума квадратів відхилень $S_E = \sum_{j=1}^m \delta_j^2 = \sum_{j=1}^m (Q_j - T)^2$;</p> <p>визначається коефіцієнт конкордації $\Phi = 12S_E / \{h^2(m^3 - m)\}$.</p> <p>Якщо $\Phi > 0.5$, то існує достатній ступінь узгодженості між думками експертів. Якщо $\Phi < 0.5$, то група експертів корегується шляхом виключення останнього експерта в кортежі, перераховується коефіцієнт конкордації та ін. до отримання потрібного ступеня узгодженості.</p> <p>Якщо експерт не може вказати порядок спадання двох або декількох властивостей, він приписує кожному з них однаковий ранг.</p> |

Форми еволюції (розвитку) ЗО, його наступності

Основні стадії ЖЦ Зовнішні середовища у відповідності до стадій ЖЦ

Групи базових властивостей з позиції законів розвитку ЗО, його створення та застосування



Висновки

Проведені дослідження дозволили встановити порядок одержання загальної ієрархічної структури властивостей ЗО у відповідності до стадій життєвого циклу, також отримано варіант такої структури та визначено місце його властивостей як об'єкта розвитку.

Перспективи подальших досліджень

Метою подальших досліджень є формування системи показників ЗО як об'єкта розвитку.

Список використаних джерел

1. Гриб Д. А. *Методологічний підхід до формування технічного обриса перспективних зразків озброєння та військової техніки* / Д. А. Гриб, Б. О. Демідов, М. В. Науменко // *Наука і оборона*. – 2009. – № 4. – С. 30-35.
2. Автономов В. Н. *Создание современной техники: Основы теории и практики*. / В. Н. Автономов. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с.
3. Мартыщенко Л. А. *Инновационная модель прогнозирования развития образцов ракетного вооружения* / Л. А. Мартыщенко, А. Е. Фильюстин и др. // *Оборонная техника*. – № 3 – 1987. – С. 23–28.
4. *Надёжность и эффективность в технике. Справочник. Т. 1 : Методология. Организация. Терминология* / Под ред. А.И. Рембезы. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
5. *Техническое творчество: теория, методология, практика. Энциклопедический словарь-справочник* / Под ред. А.И. Половинкина, В.В. Попова. – М.: НПО «Информ-система», 1995. – 408 с.

Рецензент: В.В. Маміч, к.т.н., доц., Військова академія (м. Одеса)

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СВОЙСТВ ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБРАЗЦА ВООРУЖЕНИЯ

С.А. Никул

Предложен двухэтапный подход к формированию структуры свойств перспективного образца вооружения (ОВ). Показана целесообразность учета его свойств как объекта развития при формировании тактико-технического задания. Разработан алгоритм получения общей иерархической структуры свойств ОВ в соответствии со стадиями жизненного цикла. Получен вариант такой структуры и определено место свойств ОВ как объекта развития.

Ключевые слова: алгоритм, энтропийный подход, образец вооружения, описание, структура свойств.

FORMING OF STRUCTURE OF PROPERTIES OF PERSPECTIVE STANDARD OF ARMAMENT

S.O. Nikul

It is proposed a two-staged approach to form a structure of features of perspective pattern of an armament.

It is demonstrated an expediency of taking into account as object of development with formation of a tactics and technical task. It is worked out an algorithm of getting of a common hierarchical structure of the features of a pattern of an armament in accordance with a stage of a vital cycle. It is received a variant of a such structure and it is determined the role of features of the pattern of an armament as an object of development.

Keywords: an algorithm, an entropy approach, a pattern of an armament, a duteription, a structure of features.