

УДК 623.936

В.А. СЛОБОДЯНИК, канд. техн. наук, **Д.М. СЕВОСТ'ЯНОВ**, інж.
(Центр. наук.-дослід. ін-т озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ СПЕЦІАЛЬНИХ МАШИН РАДІАЦІЙНОЇ, ХІМІЧНОЇ, БІОЛОГІЧНОЇ РОЗВІДКИ

Розглянуто варіанти модернізації спеціальних машин радіаційної, хімічної, біологічної розвідки. На основі використання критерію «ефективність–вартість» проведено теоретичне обґрунтування оптимального варіанту модернізації цих машин.

Рассмотрены варианты модернизации специальных машин радиационной, химической, биологической разведки. На основании применения критерия «эффективность–стоимость» проведено теоретическое обоснование выбора оптимального варианта модернизации этих машин.

У роки холодної війни, в той час як спеціальні машини радіаційної, хімічної, біологічної (РХБ) розвідки широко використовувалися в збройних силах країн Варшавського договору, в країнах НАТО такі машини випускалися й використовувалися тільки в збройних силах ФРН. Ситуація почала кардинальним чином змінюватися починаючи з 1989 р., коли США, а за ними й інші країни НАТО зрозуміли своє критичне відставання в даних зразках озброєння. Нині в світі пріоритетним напрямком вдосконалення спеціальних машин РХБ розвідки вважається створення універсального модульного комплексу апаратури, що забезпечує збір, обробку та передачу даних про зміну РХБ обставин у масштабі часу, який близький до реального.

В Збройних Силах України проблема розвитку технічних засобів РХБ розвідки стоїть особливо гостро [1]. Спеціальні машини РХБ розвідки, що існують, вислужили встановлені терміни експлуатації. Вони морально застаріли й неспроможні виявляти та ідентифікувати весь спектр бойових отруйних та токсичних речовин, вести специфічну біологічну розвідку. Робота цих машин, зокрема відбір проб, обробка, аналіз та видача інформації не автоматизовані. Вони не мають сучасних засобів зв'язку, навігації та не здатні працювати вночі, в складних погодних умовах. Таким чи-

© В.А. СЛОБОДЯНИК, Д.М. СЕВОСТ'ЯНОВ, 2014

ном, пошук оптимальних варіантів модернізації спеціальних машин РХБ розвідки є актуальною науковою задачею.

Метою даної статті є теоретичне обґрунтування оптимального варіанту модернізації спеціальних машин РХБ розвідки шляхом пошуку відповідного математичного апарату та його застосування до перспективних варіантів модернізації даних машин.

Одним із найбільш розповсюджених підходів до вибору оптимального варіанту розробки (модернізації) перспективного зразка озброєння та військової техніки (ОБТ) є підхід, що базується на генерації множини допустимих варіантів зразка ОБТ із подальшим вибором оптимального варіанту за рахунок застосування критерію «ефективність–вартість». Оцінка ефективності зразка ОБТ здійснюється шляхом комбінованого застосування методів порівняльного аналізу даного зразка по відношенню до кращих світових аналогів та імітаційного моделювання застосування даного зразка у віртуальній бойовій обстановці на визначеній множині можливих сценаріїв бойових дій. У разі відсутності верифікованих імітаційних моделей бойових дій обмежуються тільки порівняльним аналізом, в якості числових критеріїв якого застосовують різноманітні оцінки, зокрема оцінку військово-технічного рівня $k_{\text{втр}}$ перспективного зразка ОБТ.

Серед методів пошуку коефіцієнтів військово-технічного рівня зразків ОБТ виділяється метод аналізу ієрархій, що дозволяє провести таку оцінку в умовах неповноти даних та комбінованого застосування кількісно-якісних методів аналізу [2, 3]. Проте даний метод має цілий ряд недоліків, як то: при видаленні одного з варіантів рішення (альтернативи) не виконується властивість збереження порядкових рангів рішень, що залишаються для аналізу; процедура формування матриці парних порівнянь є громіздкою та потребує визначення всіх елементів матриці за виключенням діагональних; у ході експертних опитувань матриці відносної важливості показники, що отримані, як правило не зберігають властивість сумісності, тобто не виконується рівність $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$, що призводить до необхідності складної процедури знаходження індексів узгодженості, та в разі їхнього порушення, повторного формування матриці парних порівнянь тощо.

Для усунення зазначених недоліків запропоновано застосувати модифікований метод аналізу ієрархій [4]. Його відмінність від класичного методу аналізу ієрархій полягає в тому, що для побудови матриці парних порівнянь достатньо знання тільки першої строки цієї матриці, причому $a_{11} = 1$.

Матриця парних порівнянь, яку отримано, не потребує оцінки рівня узгодженості й її можна зразу застосувати для наступного кроку алгоритму – визначення компонентів вектору пріоритетів q . Дані компоненти знаходяться з формули [4]:

$$q_i = \frac{w_i}{\sum_i w_i}, \text{ де } w_i = \frac{a_{1n}}{a_{1i}}, \quad (1)$$

підставляючи які в лінійну згортку

$$k_{\text{втр}} = \sum_i q_i p(X_i), \quad (2)$$

де $p(X_i) > 0$ – відносна до вибраного еталона величина впливу X_i показника на значення $k_{\text{втр}}$, а q_i грають роль вагових коефіцієнтів даних показників X_i , отримуємо коефіцієнт військово-технічного рівня зразка ОБТ відно-

сно деякого еталона. Якщо в якості еталона виступає ідеалізований «ідеальний» зразок ОБТ, в якому зібрано кращі значення показників X_i на множині відібраних для аналізу зразків ОБТ, тоді $0 < p(X_i) \leq 1$.

Проте намагання застосувати безпосередньо описаний вище алгоритм методу, який модифіковано, до аналізу ієрархій для оцінки $k_{\text{втр}}$ перспективних зразків ОБТ стикається з рядом труднощів. Автоматично припускається, що вектор пріоритетів q показників X_i , які вибрано, залишиться сталим протягом терміну розробки зразка ОБТ, хоча вже на етапі проектування зразка необхідно врахувати тенденції розвитку даного типу ОБТ, що незмінно приведе як до зміни значень матриці парних порівнянь, так і, можливо, до зміни її розмірності. Крім того, значення змінних $p(X_i)$ перспективного зразка ОБТ можуть бути тільки прогностичними, що значно ускладнює їхнє чітке визначення.

Таким чином, алгоритм модифікованого методу аналізу ієрархій необхідно доповнити якимись додатковими методами, що дозволили б компенсувати недоліки, які зазначено вище.

В даній роботі враховувалось, що на зміну показників X_i вектору пріоритетів q вплинуть перспективні технології, які протягом терміну розробки зразка може бути впроваджено в нові (модернізовані) закордонні аналоги спеціальних машин РХБ розвідки. Якісна оцінка цього впливу здійснювалася за допомогою матриці впливу, де перспективні технології було сконцентровано в блоки науково-технічних розробок. Вигляд матриці представлено в таблиці.

В таблиці символи позначають: «-» – незначний очікуваний вплив; «+» – помірний вплив; «++» – значний вплив, який очікувано. В якості показників ефективності спеціальних машин РХБ розвідки було відібрано групи показників, що характеризують рівень автоматизації процесу обробки та передачі РХБ інформації – X_1 ; рівень автоматизації процесу збору інформації – X_2 ; можливості з ведення радіаційної розвідки – X_3 ; можливості з ведення хімічної розвідки – X_4 ;

Матриця впливу науково-технічних розробок на показники ефективності перспективних зразків спеціальних машин РХБ розвідки

Науково-технічні розробки	Показники ефективності спеціальних машин РХБ розвідки					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Розвиток «точкових» методів РХБ виявлення та ідентифікації – Y_1	+	+	+	+	+	–
Технології дистанційного зондування – Y_2	+	+	–	+	+	–
Мережеві технології РХБ розвідки – Y_3	+	+	+	+	+	+
Нові інформаційні технології – Y_4	+	+	+	+	+	+
Технології створення нових, рухомих платформ РХБ розвідки – Y_5	+	+	+	+	–	+

можливості з ведення біологічної розвідки – X_5 ; здатність до роботи в складних метеорологічних умовах – X_6 . Усереднені значення впливу науково-технічних розробок на дані показники обраховувались як деякі поправки до X_i за формулою

$$\delta X_i = \frac{\sum_i Y_i}{\sum_i Y_{i(\max)}}, \quad (3)$$

що дозволило отримати наступний вектор їхніх значень $\delta X(1; 0,875; 0,75; 0,75; 0,875; 0,5)$, та відповідно $X_i^{\text{змін}} = (X_i + \delta X)$, і врахувати ці зміни через зміни в значеннях елементів a_{ij} матриці парних порівнянь для обчислення вектора пріоритетів q .

Нарешті для прогностичної оцінки величин $p(X_i)$ в формулі (2), пропонується застосувати метод матричної схеми агрегації [5], який запозичено з теорії нечітких множин. При цьому:

$$p(X_i) = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \mu_j X_i(\alpha)} \sum_{j=1}^n \mu_j X_i(\alpha) \times (\alpha)_j, \quad (4)$$

де в якості функції приналежності показників X_1, \dots, X_n застосовано функцію, яку взято з роботи [6]:

$$\mu_j X_i(\alpha) = (1 + k|\alpha - \alpha_j|^m)^{-1}. \quad (5)$$

Параметри k, m тут апіорі не відомі. В разі відсутності даних для визначення цих пара-

метрів, їх можна прийняти, як $k = 1, m = 2$. Значення змінної $\alpha = \alpha_j$ визначається експертом як вузлова точка, що найбільш повно характеризує рівень переваги від показника X_j . Припускається, що вигляд функції приналежності (5) є однаковим для всіх показників X_1, \dots, X_n . Результати розрахунків заносяться у відповідну форму.

Таким чином, вираз (5) математично формалізує вигляд функції приналежності, де лінгвістичній змінній вводиться у відповідність набір вузлових точок $\alpha = (0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9)$ із відрізка $[0,1]$ числової осі, що відповідає числовому значенню рівня переваги.

Математичний апарат, який розроблено, було застосовано для аналізу варіантів модернізації спеціальних машин РХБ розвідки. Як відомо, в Збройних Силах України на озброєнні знаходяться спеціальні машини РХБ розвідки типу РХМ, БРДМ-2рхб, УАЗ-469рх. Пропонується їхня заміна однією уніфікованою машиною шляхом модернізації одного з типів даних машин (як варіанти РХМ-4-01, БРДМ-2рхб) або ж розробкою нової машини. Проаналізовано три основних варіанти модернізації (розробки):

- варіант 1 (максимальний) – машина розробляється на базі шасі одного з нових вітчизняних БТР та укомплектовується сучасними приладами, здатними проводити повний комплекс заходів радіаційної, хімічної, біологічної розвідки в будь-яких погодних умовах, вдень і вночі, з автоматичними процесами відбору проб, РХБ аналізу, накопиченням, об-

робкою, висвітлюванням обстановки на цифрових картах місцевості та передачею інформації до штабів, включаючи їхнє негайне сповіщення про виявлення зон РХБ зараження. До 70 % робіт із модернізації машини за варіантом 1 може бути виконано вітчизняними підприємствами. Орієнтовна вартість однієї машини складе 1,4–1,8 млн грн;

- варіант 2 (глибока модернізація) — проведення її за першим варіантом, проте на базі однієї із існуючих машин РХБ розвідки (РХМ-4-01, БРДМ-2рхб), які є сьогодні. При цьому пропонується найбільш вартісні прилади — хромато-мас-спектрометр і прилад дистанційної хімічної розвідки встановлювати з розрахунку: один комплект на взвод РХБ розвідки. Середня орієнтовна вартість модернізації однієї машини повинна скласти 1–1,2 млн грн.;

- варіант 3 (ощадливий) — машина укомплектовується сучасним газоаналізатором, комплектом приладів радіаційної розвідки, модернізованим приладом неспецифічної біологічної розвідки, сучасними засобами зв'язку, обробки та відображення інформації, навігаційним комплектом, метеостанцією й приладами нічного бачення. Встановлюється новий дизельний двигун. Все інше обладнання залишається без змін. Вся модернізація може бути

виконана вітчизняними підприємствами, причому орієнтовна вартість модернізації однієї машини складе 700–800 тис. грн.

Відповідність тактико-технічних характеристик модернізованого зразка світовим аналогам залежить від варіанта модернізації, який буде обрано.

Розрахунки, які проведено, показують, що в першому варіанті модернізації новий зразок спеціальної машини РХБ розвідки буде мати коефіцієнт військово-технічного рівня — 0,95, що майже відповідає рівню кращого світового зразка — M1135 Stryker (коефіцієнт військово-технічного рівня — 0,98), який тільки-но прийнято на озброєння армії США (рис. 1, а). Цей зразок врахував всі кращі тенденції розвитку спеціальних машин РХБ розвідки.

За другим варіантом модернізації, приблизно кожна десята машина буде відповідати рівню M1135 Stryker (США), для інших коефіцієнт військово-технічного рівня буде складати 0,81. Це приблизний рівень досить сучасних машин РХБ розвідки M93A1 Fox (США) (рис. 1, б). При цьому частково погіршуються показники автономної роботи спеціальних машин РХБ розвідки. Проте в разі реалізації світових тенденцій із автоматизації процесів РХБ розвідки шляхом об'єднання

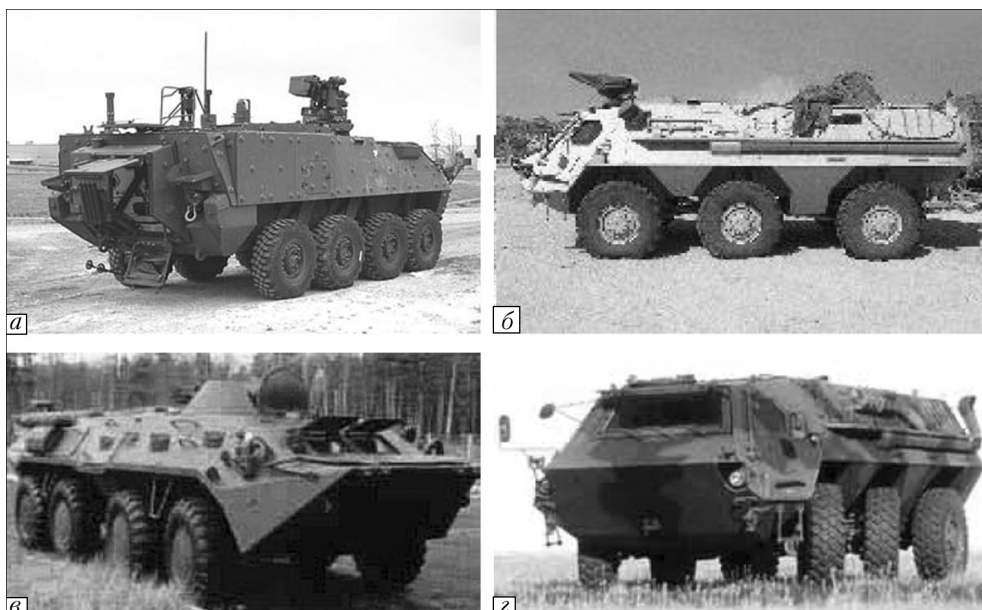


Рис. 1. Закордонні зразки спеціальних машин РХБ розвідки: а — M1135 Stryker (США); б — M93A1 Fox (США); в — FABV (Угорщина); г — M93 Fox (Німеччина)

спеціальних машин в єдину мережу таке погіршення не буде суттєвим.

За третім варіантом модернізації спеціальних машин РХБ розвідки коефіцієнт їхнього військово-технічного рівня, який обчислено, склав 0,53, що відповідає рівню модернізованої спеціальної машини РХБ розвідки армії Угорщини (рис. 1, в), крім приладу неспецифічної біологічної розвідки, якого остання не має та дещо поступається німецькій машині М93 Fox (рис. 1, з).

Коефіцієнти військово-технічного рівня спеціальних машин РХБ розвідки за трьома варіантами їхньої модернізації та відповідні коефіцієнти для їхніх закордонних аналогів наведено на рис. 2.

Розрахунки, які проведено, співвідношення ефективність-вартість дають для першого варіанта значення 0,53–0,68, для другого варіанта — 0,68–0,81 та для третього варіанта — 0,66–0,76. Таким чином, перевагу мають другий та третій варіанти модернізації спеціальної машини РХБ розвідки. Враховуючи бойові можливості модернізованої машини, оптимальним видається саме другий варіант, проте остаточний вибір можна буде зробити тільки після більш точного визначення вартості варіантів модернізації та проведення їхнього імітаційного моделювання застосування даних машин.

Слід відзначити, що досягнення мети модернізації спеціальних машин РХБ розвідки буде залежати від повноти використання перспективних технологій та вирішення наступних задач:

- розробки баз даних спектрів молекулярних структур бойових та сильнодіючих отруйних речовин, біологічних аерозолів;
- розробки нових алгоритмів для аналізу та ідентифікації сумішей хімічних речовин, біологічних агентів;
- розробки спеціальної апаратури пасивного та активного дистанційного зондування атмосфери з високочутливими детекторами — приймачами сигналів;
- застосування нових надчутливих матеріалів та сенсорних масивів;
- розробки спеціального уніфікованого програмного забезпечення, що поєднує в собі

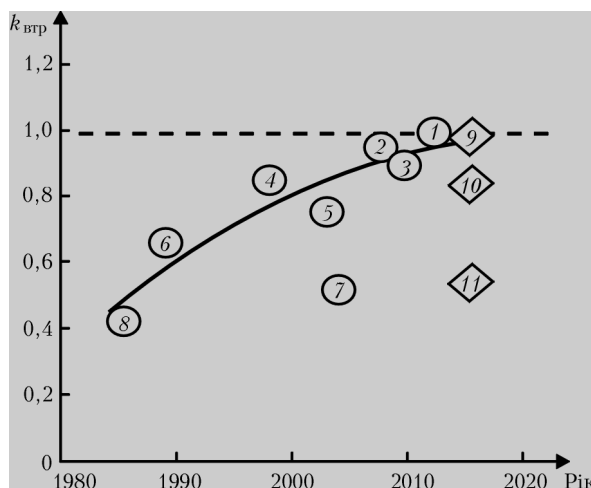


Рис. 2. Коефіцієнти військово-технічного рівня спеціальних машин РХБ розвідки в залежності від обраного варіанта модернізації у порівнянні з кращими зразками закордонних машин РХБ розвідки: 1 — M1135 Stryker (США) — еталон; 2 — TPz-1A3 (Німеччина); 3 — РХМ-6 (Росія); 4 — М93А1 Fox (США); 5 — РХМ-4-02 (Росія); 6 — М93 Fox (Німеччина); 7 — FABV (Угорщина); 8 — РХМ-4-01 (Україна) — існуючий зразок, що планується до модернізації; 9 — модернізований зразок за першим варіантом модернізації; 10 — модернізований зразок за другим варіантом модернізації; 11 — модернізований зразок за третім варіантом модернізації

можливості управління бортовими приладами та системами ведення РХБ розвідки з аналітичними можливостями експертних систем аналізу та підтримки прийняття управлінських рішень.

Оцінки, які проведено для можливості виконання модернізації машин РХБ розвідки підприємствами ОПК України, свідчать про те, що вони разом із науково-дослідними установами, мають значний потенціал для модернізації спеціальної машини РХБ розвідки. Така машина, за винятком частини приладів хімічної, біологічної розвідки та пристроями з дистанційного забору проб, буде повністю комплектуватися сучасним вітчизняним обладнанням, що зробить її дешевшою. На базі підприємства з виробництва такої машини можна налагодити також її сервісне обслуговування та ремонт. Все це, у разі блочно-модульної конструкції машини, дозволить постачати її не тільки в Збройні Сили України, але й на експорт у конфігураціях, які визначено замовниками.

Висновок

Перевагу в разі модернізації спеціальної машини радіаційної, хімічної і біологічної розвідки слід віддати другому або третьому варіантам, причому остаточне рішення можливо прийняти тільки після уточнення вартості проведених робіт та більш детальної оцінки показників бойової ефективності зазначених машин за допомогою методів імітаційного моделювання.

Виконання дослідно-конструкторської роботи з модернізації спеціальних машин радіаційної, хімічної, біологічної розвідки дозволить:

- здійснити уніфікацію парку спеціальних машин радіаційної, хімічної і біологічної розвідки та замінити їх однією машиною;
- забезпечити можливість оповіщення військ про ризик радіаційної, хімічної і біологічної ураження в режимі часу, близькому до реального зі зведенням до мінімуму можливих втрат особового складу;
- істотно скоротити час на виконання завдань радіаційної, хімічної і біологічної розвідки;

- забезпечити штаби всіх рівнів повною та вірогідною інформацією радіаційної, хімічної і біологічної розвідки.

Список літератури

1. Бичков А.М., Слободяник В.А., Долгаленко О.В. Аналіз стану та перспектив розвитку основних зразків озброєння та військової техніки радіаційного, хімічного, біологічного захисту // 36. наук. праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. — Вип. № 2 (45). — 2012. — С. 40–47.
2. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. — М.: Радио и связь, 1991. — 224 с.
3. Полегенько А.Ф. Метод анализа иерархий: некоторые аспекты практического применения / К.Б. Круковский-Синевич, А.Ф. Полегенько, О.П. Коростелев. — К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2011. — 152 с.
4. Ногин В.Д. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной сверстки критериев // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. — Т. 44. — № 7. — 2004. — С. 1261–1270.
5. Nedosekin A. Fuzzy Financial Management [Электронный ресурс] / A. Nedosekin. — Moscow: AFA Library, 2003. — 184 p. — http://www.mirkin.ru/_docs/book0308_033.pdf.
6. Основы теории нечетких множеств / Интернет-университет информационных технологий — дистанционное образование Московского энергетического университета. — 2006. — 42 с. — www.info@intuit.ru.

УДК 623.438.3

В.В. ЯБЛОКОВ, В.В. СОТНИК,

А.В. ГУЛЯЕВ, И.П. ДАЦЕНКО, кандидаты техн. наук

(Центр. науч.-исслед. ин-т вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины, г. Киев)

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ СВАРКИ ПРИ РЕМОНТЕ И МОДЕРНИЗАЦИИ БРОНЕТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ И ТЕХНИКИ

Приведено обоснование комплексного показателя производственно-эксплуатационной эффективности способа сварки, который включает как производственные, так и потребительские оценки процесса сварки и сварного соединения.

Наведено обґрунтування комплексного показника виробничо-експлуатаційної ефективності способу зварювання, який включає як виробничі, так і споживчі оцінки процесу зварювання й зварного з'єднання.

По мере развития средств борьбы с бронированными объектами повышались требования к уровню их защиты от средств поражения и выполнялись соответствующие работы по до-

© В.В. ЯБЛОКОВ, В.В. СОТНИК, А.В. ГУЛЯЕВ, И.П. ДАЦЕНКО, 2014