

УДК 355.422

**СЕМЕНЕНКО О.М.**, докторант Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
**ІВАНОВ В.Л.**, начальник предметно-методичної комісії кафедри військової підготовки Національного авіаційного університету, кандидат технічних наук, доцент  
**СУШАК М.Б.**, начальник науково-дослідної лабораторії, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

## **МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІМПУЛЬСНОЇ ЗБРОЇ**

*У статті наведено погляди щодо формування загальних підходів до оцінювання ефективності застосування різних зразків електромагнітної імпульсної зброї під час ведення бойових дій*

*Ключові слова: електромагнітна імпульсна зброя, оцінювання ефективності, критерії оцінювання*

На сучасному етапі розвитку електромагнітної імпульсної зброї (ЕМІЗ) можливості її застосування постійно розширюються. Сьогодні вона вже здатна окрім тимчасового порушення функціонування радіоелектронних засобів (РЕЗ), здійснювати фізичне знищення (функціональне ураження) РЕЗ, що перебувають не лише в робочому але й в просто ввімкненому стані [1...3]. Передбачається використання ЕМІЗ для ведення інформаційної боротьби, боротьби з системами управління військами, на напрямках дій високоточної зброї, в районах розміщення систем розвідки, позицій ЗРК, аеродромів. За допомогою ЕМІЗ, планується здійснювати захист літального апарату шляхом вистрілювання назустріч ракеті боєприпасів із ЕМІЗ, захист танків від протитанкових ракет, проектувати комплекси боротьби з різними високоточними боєприпасами. Також, вже є зразки ЕМІЗ, які здійснюють тимчасове ураження особового складу шляхом виведення його на деякий час із адекватного стану [3, 4]. Застосування ЕМІЗ може не тільки порушити функціонування інфраструктури противника, а й суттєво знизити боєготовність противника і його можливості щодо ведення ним збройної боротьби на тривалий час. ЕМІЗ застосовується як окремо за визначеними точковими напрямками, так і разом із зброєю, яка оснащується бойовими частинами з електромагнітною (ЕМ) дією, наприклад, під час завдання радіоелектронних вражаючих ударів (РЕВУ) [5]. Все це впливає на особливості оцінювання ефективності застосування різних зразків ЕМІЗ, але подальша розробка нових зразків ЕМІЗ, а також обґрунтування пропозицій щодо прийняття її на озброєння з подальшим масовим виробництвом не можливе без якісного обґрунтування ефективності застосування того чи іншого зразка. Тому питання щодо формування загальних підходів до оцінювання ефективності застосування зразків ЕМІЗ і визначення критеріїв оцінювання є

актуальним науковим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій з цього напрямку [1...8]. За дослідженнями провідних фахівців і думками аналітиків цієї галузі, оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ має проводитися з метою оптимізації зразків у процесі їх розроблення, випробування чи модернізації з метою вибору найефективнішого варіанту [2, 4, 5]. Для оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ при веденні бойових дій необхідно:

визначити критерії (показники) оцінки ефективності його застосування;

розробити методично-алгоритмічний апарат оцінки ефективності застосування ЕМІЗ.

На кожен із зазначених складових процесу оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ будуть накладатися свої особливості для кожного зі зразків, але загальні підходи щодо визначення критеріїв оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ і порядку побудови математичного апарату будуть зберігатися не залежно від типу зразка.

Зважаючи на зазначене, мета статті полягає у визначенні загального методичного підходу до оцінювання ефективності застосування різних зразків електромагнітної імпульсної зброї під час ведення бойових дій.

Аналіз та вивчення різних підходів щодо проведення досліджень оцінювання ефективності окремих зразків застосування ЕМІЗ дозволяє сформулювати наступний перелік можливих критеріїв оцінювання ефективності його застосування під час ведення бойових дій. Критерії оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ обумовлюються метою та завданнями цього застосування під час ведення бойових дій. Як загальні можливі критерії оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ можуть обиратися такі (рис. 1):

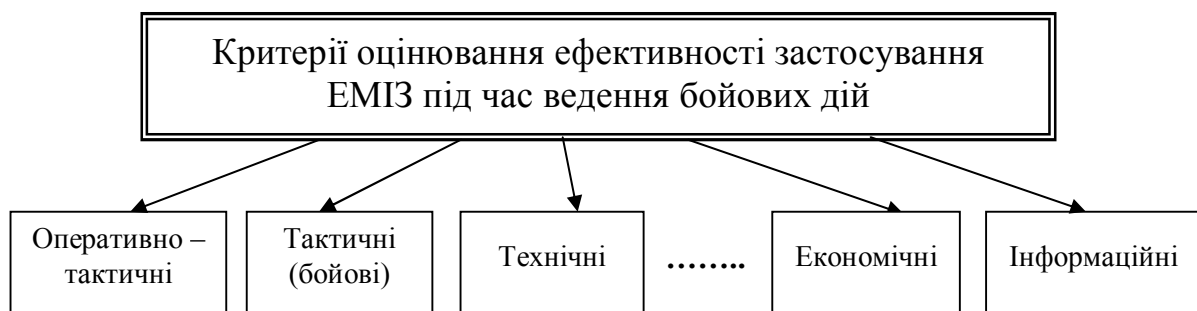


Рис. 1. Критерії оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ

Оперативно-тактичні критерії описуються воєнно-економічною доцільністю застосування зразка ЕМІЗ. Вони характеризуються мінімізацією втрат своїх військ, кількістю своїх зразків ОВТ, кількістю об'єктів уражених чи ні, пусків ракет й атак винищувачів противника внаслідок застосування ЕМІЗ. Під час застосування цього критерію ефективність застосування визначається в самому загальному вигляді як відношення завданих противнику втрат  $D$  до витрат, які необхідні для досягнення відповідного результату  $C$ :

$$E = D/C \quad (1)$$

Відповідний критерій ефективності має характеризувати головне призначення

зразка застосованого ЕМІЗ і те, якою ціною це досягається. Однак використання достатньо простого критерію ускладнюється під час оцінювання інженерної складової застосування ЕМІЗ, а також не завжди правильно поширювати цей критерій на оцінювання людських втрат.

Тактичні (бойові) критерії описуються максимізацією ймовірності виконання бойового завдання та ймовірності ураження цілей противника, або максимізацією промаху зброї противника у разі застосування ЕМІЗ. Наприклад у спрощеному вигляді цей критерій можна представити так:

$$P_{\text{ЕМІЗ}} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \quad (2)$$

де  $P_1$  - надійність роботи зразка ЕМІЗ (відношення кількості зразків ЕМІЗ, яка досягла цілі без технічних несправностей до загальної кількості зразків, що застосовуються);  $P_2$  - живучість зразків ЕМІЗ (ймовірність того, що зразок не буде виведено з ладу діями противника);  $P_3$  - ймовірність того, що надійні зразки, які не знищено противником, будуть погодні для подальшого бойового використання.

Зазначений критерій доцільно застосовувати під час проведення теоретичного аналізу зразка. В багатьох випадках він достатньо легко розраховується, але він тільки односторонньо оцінює зразок, який розглядається. Цей критерій прямо не пов'язано з конструктивними й економічними показниками. Використання цього критерію для оцінювання ефективності застосування зразка ЕМІЗ вимагає достатнього обсягу статистичних даних, які не завжди можуть бути отримані (особливо це стосується нових зразків).

Технічні критерії описуються мінімізацією відмов у часі, мінімізацією вагових і габаритних характеристик, максимізацією показників надійності й працездатності тощо. Як показник оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ можна обрати показник важливості відмови зразка ЕМІЗ як функцію часу його виникнення. Наприклад, якщо відмова відбулася перед початком застосування ЕМІЗ під час здійснення РЕВУ, то важливість менше (адже є можливість його замінити, але відбудеться втрата часу), якщо під час завдання РЕВУ, то важливість більше (адже це неможливо перевірити):

$$E(t)_{\text{ЕМІЗ}} = \sum_{i \in G} e_i(t) \cdot P_i(t), \quad (3)$$

де  $e_i(t)$  - ефективність (важливість)  $i$ -го стану зразка в момент його застосування ( $t$ );  $P_i(t)$  - ймовірність того, що в момент  $t$  зразок перебуває в  $i$ -му стані;  $G$  - множина станів.

Якщо передбачити, що  $e_i(t)$  приймає значення 0 або 1, тоді зразок відмовив або функціонує нормально:

$$E(t)_{\text{ЕМІЗ}} = \sum_{i \in G} P_i(t) = P(t). \quad (4)$$

В загальному випадку значення показника  $e_i(t)$  знаходиться між 0 та 1. Перевагою цього критерію є те, що він враховує як технічні так і тактичні особливості застосування зброї, тобто основне її призначення. До основного недоліку цього критерію можна віднести те, що не характеризує економічний бік застосування ЕМІЗ.

Економічні критерії описуються мінімізацією власних витрат як на створення

та застосування своїх зразків, так і максимізацією витрат противника у разі застосування того чи іншого зразка. Наприклад, може використовуватися як абсолютний показник оцінювання ефективності так і відносний. Найдоцільнішим є показник оцінювання ефективності витрат коштів:

$$E_{\text{ЕМІЗ}}^{\text{економ}} = 1 - \frac{C_{\text{розроб.}}^1 + C_{\text{застос.}}^1}{C_{\text{втратам}^1_{\text{против.}}}}, \quad (5)$$

де  $C_{\text{розроб.}}^1$  - вартість розробки одного зразка ЕМІЗ;  $C_{\text{застос.}}^1$  - вартість застосування одного зразка;  $C_{\text{втратам}^1_{\text{против.}}}$  - обсяги втрат противника у грошовому еквіваленті від застосування одного зразка ЕМІЗ.

Аналізуючи зазначений критерій можна сказати, що він характеризує ефективність застосування зразка, що досліджується, за показниками доцільності й економічності витрачання коштів на нього. Якщо  $E_{\text{ЕМІЗ}}^{\text{економ}} > 1$ , то подальше розроблення та застосування зразка ЕМІЗ, що досліджується, не доцільно, та якщо навпаки  $E_{\text{ЕМІЗ}}^{\text{економ}} < 1$ , то його розробка й застосування необхідне.

Інформаційні критерії описуються мінімізацією інформації у противника в його інформаційних системах внаслідок застосування зразка зброї обладнаного ЕМ складовою, мінімізацією втрат інформації у своїх системах коштом завданого удару по противнику шляхом виведення із ладу його засобів придушення тощо.

В загальному вигляді всі критерії характеризують погіршення якості виконання бойових завдань противником, або покращення якості виконання бойових завдань своїми військами коштом застосування нових засобів ЕМІЗ.

Розрахунок показників ефективності застосування ЕМІЗ в самому загальному вигляді має і проводиться шляхом оцінювання ефективності ведення бойових дій як в умовах застосування нових зразків ЕМІЗ так і без нього за допомогою такого відносного показника:

$$\delta E = \frac{E_{\text{ЕМІЗ}} - E_0}{E_{\text{ЕМІЗ}}} * 100\%, \quad (6)$$

де  $E_{\text{ЕМІЗ}}$ ,  $E_0$  - показник ефективності ведення бойових дій військ (сил) як при застосування ЕМІЗ і без нього відповідно.

В загальному вигляді методично-алгоритмічний апарат оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ можна представити на рис. 2.

Оскільки застосування ЕМІЗ є достатньо новим кроком розвитку зброї та у зв'язку з обмеженістю статистичної інформації щодо її застосування в різних умовах ведення бойових дій військами (силами), то як математична модель оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ можуть використовуватися математичний апарат теорії ігор і теорії нечітких множин [7...9].

Наприклад, під час використання матричної моделі для оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ оцінка проводиться рішенням матричної гри. Відповідним рішенням є змішані стратегії сторін ( $S_A, S_B$ ):

$$S_A = |p_1, p_2, \dots, p_n|, \sum_{i=1}^n p_i = 1; \quad S_B = |q_1, q_2, \dots, q_m|, \sum_{j=1}^m q_j = 1. \quad (7)$$

де  $i=1...n, j=1...m$  - кількість стратегій для кожної із сторін;  $p_i, q_j$  - відповідні стратегії.

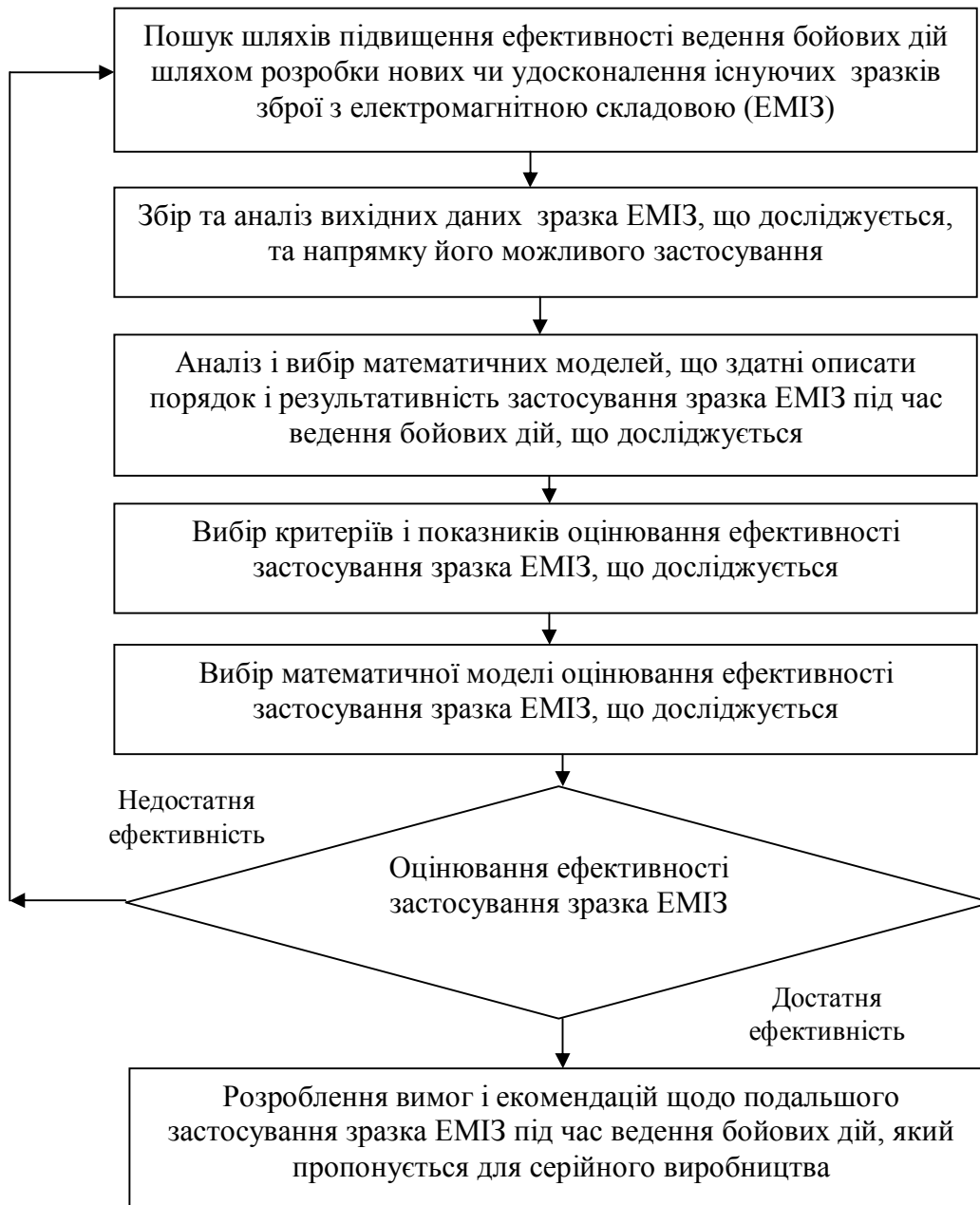


Рис. 2. Методичний апарат оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ під час ведення бойових дій

Ціна гри є оцінкою ефективності застосування того чи іншого зразка ЕМІЗ за відповідною стратегією її застосування. Вона відображає обраний критерій для оцінювання ефективності для кожної зі сторін, що визначається як:

$$G = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} p_i q_j. \quad (8)$$

де  $a_{ij}, b_{ij}$  - елементи матриць виграшів відповідно сторони  $A$  та  $B$ .

Ефективність застосування може описуватися однією матрицею у разі, якщо ціна гри однорідна для обох сторін, або двома, якщо у кожній стороні своя ціна гри, тобто свій показник ефективності застосування ЕМІЗ. Якщо двома матрицями описується ціна гри, то така гра називається біматричною.

Ефективність при біматричній грі для різних сторін буде різною, а саме:

$$G_A = \sum_i \sum_j a_{ij} p_i q_j, \quad G_B = \sum_i \sum_j b_{ij} p_i q_j, \quad (9)$$

де  $a_{ij}, b_{ij}$  - елементи матриць виграшів відповідно сторони  $A$  та  $B$ .

Сьогодні апарат теорії ігор активно використовується в різних галузях. Особливо це стосується економіки й задач, де необхідно прийняти обґрунтоване рішення в умовах з обмеженою інформацією. Оцінювання ефективності застосування нових зразків ЕМІЗ і є ситуацією прийняття рішення в умовах з обмеженою інформацією.

Під час застосування нечітких моделей для оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ оцінка ефективності для кожної ситуації буде нечіткою у вигляді нечіткого числа [6..8]. Ймовірність виконання бойової задачі  $P_{БЗ}$  є нечітке число, яке описується за допомогою своєї функції приналежності  $\mu(x)$ . Наприклад, функція приналежності  $\mu(x)$  нечіткої ймовірності ураження одним зразком зброї з електромагнітною імпульсною складовою об'єкту противника, має вигляд (рис. 3):

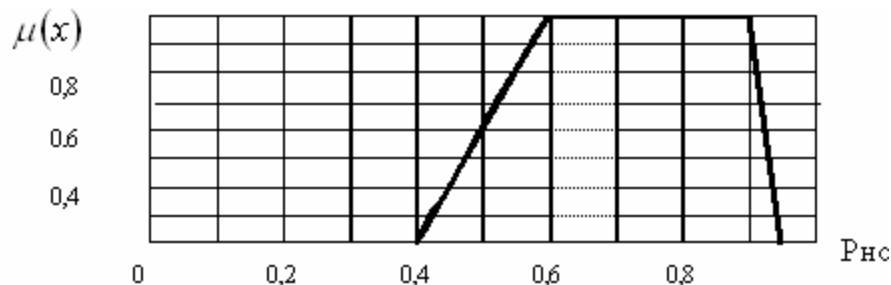


Рис. 3. Функція прилежності нечіткої ймовірності

Використовуючи формалізований опис типової тактичної ситуації та нечіткі числа й нечітку алгебру можна отримати нечіткі оцінки за усіма визначеними критеріями та показниками.

**Висновки.** В статті наведено загальні підходи й порядок можливості оцінювання ефективності застосування зразків ЕМІЗ, а також з'ясовано, що оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ потрібно здійснювати за критеріями й показниками, які відповідають бойовому завданню та залежать від моделі застосування зразка ЕМІЗ і математичного апарату, на основі якого будується ця модель. Найдоцільнішим математичним апаратом при оцінюванні ефективності застосування ЕМІЗ є апарат теорії ймовірності, а також теорії нечітких множин, адже сьогодні оцінювання ефективності застосування ЕМІЗ – це рішення задачі з обмеженою інформацією щодо початкових умов.

З'ясовано, що вже в найближчі десятиліття поява вискоелективної ЕМІЗ надасть змогу отримати достатню кількість статистичної інформації щодо її

застосування в різних умовах, тоді задача оцінки ефективності зведеться до застосування математичних апаратів математичної статистики. Подальшим напрямом дослідження цього питання є формування поглядів і підходів щодо вдосконалення форм і способів застосування ЕМІЗ в сучасних збройних конфліктах на основі проведених оцінок її застосування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ковтуненко, О.П. Тенденції розвитку нових видів зброї та вплив їх на форми і способи застосування військ (сил) [Текст] / О.О. Стеценко, О.П. Кутувий // Наука і оборона. – 2005. – №2, – С. 33-37.
2. Исследования по созданию СВЧ-оружия в США (обзор). –СИ, 1991.  
Слюсар В.О. Генераторы супермощных электронных импульсов. – [Электрон. Ресурс]. – Режим доступа: <http://www.livadnyu.com/forum/index>.
3. Тимофеев, А.В. Стан та перспективи розвитку електромагнітної імпульсної зброї [Текст] / А.В. Тимофеев, О.М. Семененко // ЗНП ЦНДІ ЗС України. – 2011. – №3(57). – С. 169–178.
4. Семененко, О.М. Методичний підхід щодо прийняття рішення на розвідку результатів радіоелектронного вражаючого удару [Текст] / О.М. Семененко, О.Г. Водчиць, Ю.Б. Добровольський // ЗНП ЦНДІ ЗС України. – 2011. – №2(56). – С. 139–147.
5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений. – М.: Мир, 1976. – 165с.
6. Нечёткие множества и теория возможностей. Последние достижения. / Под ред. Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 391с.
7. Василевич, Л.Ф., Питання прийняття рішень ведення РЕБ при нечіткій їх оцінці [Текст] / Л.Ф. Василевич, В.Р. Воронов, О.М. Семененко // ЗНП КІ ВПС. – 2000. – №1(19) – С. 35-38.

*Надійшла до редакції 15.10.2017*

*Рецензент: ДТН Кононов О.А.*