

О.В. Передрій

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ

## МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ З ПІДВИЩЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ІНЖЕНЕРНИХ ВІЙСЬК З УРАХУВАННЯМ УЧАСТІ ПІДПРИЄМСТВ РЕГІОНАЛЬНИХ ГАЛУЗЕЙ ЕКОНОМІКИ

У статті йдеться про методику обґрунтування рекомендацій з підвищення можливостей інженерних військ з урахуванням участі підприємств регіональних галузей економіки, яка побудована з використанням математичного апарату векторної алгебри.

**Ключові слова:** ефективність, інженерні війська, регіональні галузі економіки, векторна алгебра.

### Вступ

**Постановка проблеми** у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Досвід залучення підприємств регіональних галузей (РГ) економіки України до виконання завдань інженерного забезпечення (ІЗ) в антитерористичній операції (АТО) свідчить, що практичне значення цього заходу в умовах особливого періоду в країні є актуальним і надзвичайно важливим для підвищення стійкості оборони наших військ та зниження рівня їх втрат [1].

Аналіз ІЗ АТО показує, що для виконання потрібного обсягу інженерних робіт під час фортифікаційного обладнання (ФО) оборонного рубежу по лінії розмежування сторін можливостей інженерних військ (ІВ) Збройних Сил (ЗС) України було недостатньо. Це призвело до збільшення втрат наших військ в АТО і тому усунення цієї проблеми є важливим завданням. Вирішення цього завдання вбачається у розробленні певного методичного апарату, який дозволить визначити дольову участь ІВ ЗС України і підприємств РГ економіки у виконанні завдань ІЗ операції (бойових дій) [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**, на які спирається автор. У науковій літературі є незначна кількість джерел, в яких наводиться опис застосування теорії векторної алгебри для розроблення методик, за допомогою яких вирішуються ті чи інші наукові або практичні задачі. Більш детально цей опис зроблений у [2–4], тому саме на ці джерела спирається автор у своєму дослідженні. Однак, опис методик для вирішення завдань ІЗ з урахуванням можливостей підприємств РГ економіки, у науковій літературі майже не представлений.

**Формулювання мети статті** (постановка завдання). Метою статті є розроблення методики обґрунтування рекомендацій з підвищення можливостей ІВ з урахуванням участі підприємств регіональних галузей економіки, яка побудована з використанням математичного апарату векторної алгебри.

### Виклад основного матеріалу

**Виклад основного матеріалу** дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Методика, яка пропонується до розгляду, побудована з використанням математичного апарату векторної алгебри. Вибір цього апарату обґрунтовується тим, що застосування в існуючих методиках скалярних величин призводить до отримання завищених значень ефективності виконання, як окремих завдань ІЗ, так системи ІЗ в цілому. Зазначене пов'язано з тим, що при проведенні розрахунків не можливо врахувати всі негативні фактори, які впливають на ефективність функціонування системи ІЗ. У той же час, як показує практика, вплив цієї частки факторів на зменшення ефективності системи ІЗ може сягати до 30 % і більше. Використання апарату векторної алгебри надає змогу уникнути цього недоліку, або ж максимально зменшити його вплив. Спрощена структурно-логічна схема удосконаленої методики наведена на рис. 1.

**На першому етапі** здійснюється формування вихідних даних, основу яких становлять величини, що характеризують певну операцію (бойові дії) та обсяги окремих, найважливіших завдань ІЗ, таких як ФО районів (позицій) військ (сил), влаштування і утримання інженерних загороджень і здійснення руйнувань та підготовки шляхів руху військ (сил).

**На другому етапі** визначається загальна ефективність виконання завдання з ФО районів (позицій) військ (сил) в операції (бойових діях) ІВ ЗС і підприємствами РГ.

Ефективність виконання цього завдання визначається з виразу

$$E_1 = |\overline{E}_1| = \sqrt{\frac{1}{m_1} \sum_{j=1}^{m_1} (1 - e^{-m_{1j}})^2}; m_{1j} = \frac{B_{1j}}{V_{1j}}, \quad (1)$$

де  $m_{1j}$  – відносна величина параметра, що характеризує  $j$ -й фактор, який впливає на виконання ІВ ЗС завдання з ФО районів (позицій) в операції (бойових діях);  $B_{1j}$  – можливості ІВ ЗС з ФО,  $m^3$ ;  $V_{1j}$  – потрібний обсяг робіт з ФО, який призначається для виконання ІВ ЗС  $m^3$ ;  $j$  – порядковий номер параметра.

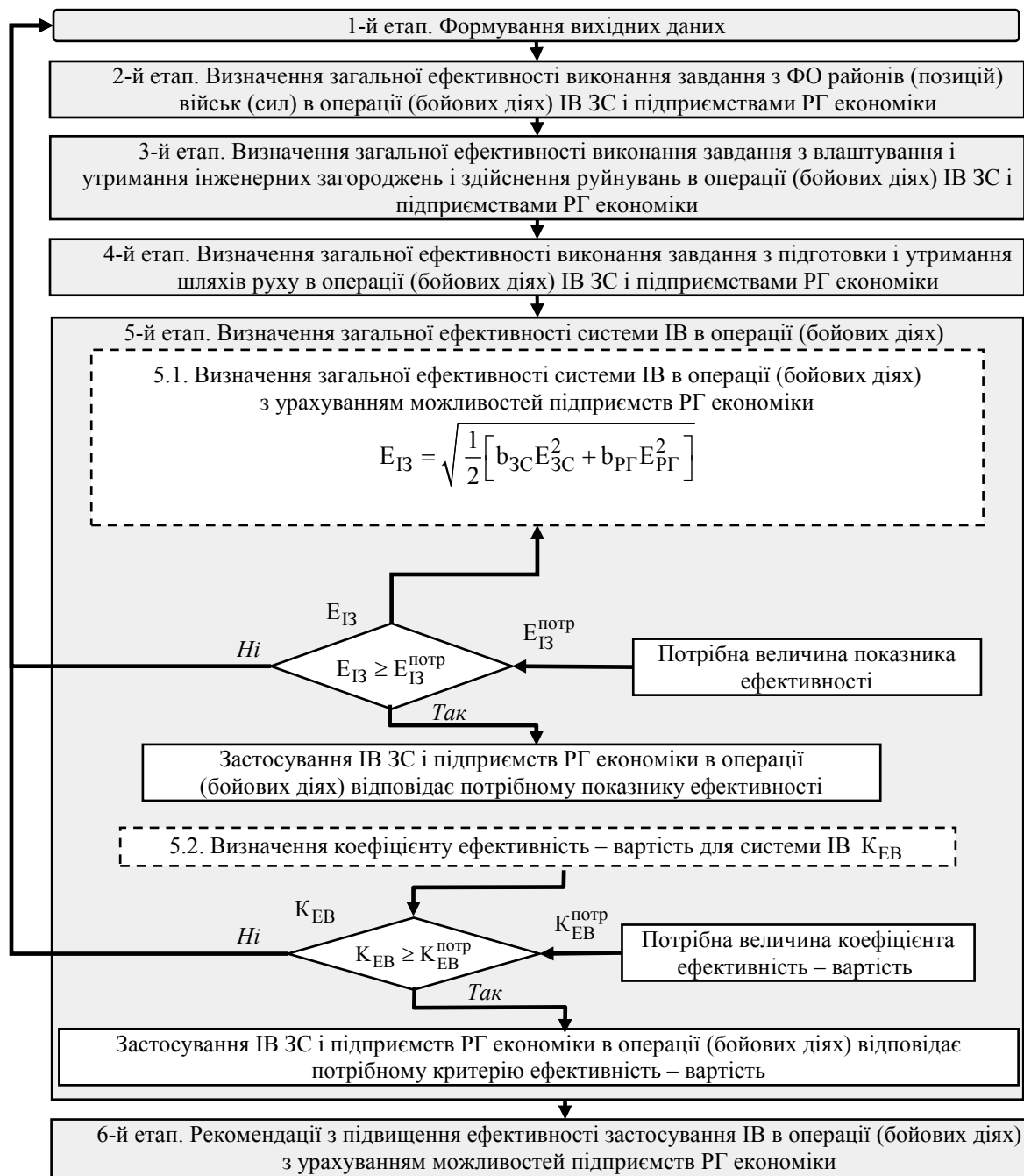


Рис. 1. Спрощена структурно-логічна схема методики обґрунтування рекомендацій з підвищення можливостей інженерних військ з урахуванням участі підприємств регіональних галузей економіки

Ефективність виконання цього ж завдання підприємствами РГ:

$$E_{1jp} = |\overline{E}_{1jp}| = \sqrt{\frac{1}{m_{1jp}} \sum_{jp=1}^{m_{1jp}} (1 - e^{-m_{1jp}})^2}; m_{1jp} = \frac{B_{1jp}}{V_{1jp}}, \quad (2)$$

де  $m_{1jp}$  – відносна величина параметра, що характеризує  $j$ -й фактор, який впливає на виконання підприємствами РГ завдання з ФО районів (позицій) в операції (бойових діях);  $B_{1jp}$  – можливості підприємств РГ з ФО,  $m^3$ ;  $V_{1jp}$  – потрібний обсяг робіт з ФО, який призначається для виконання підприємствами РГ,  $m^3$ ;  $j$  – порядковий номер параметра.

Загальна ефективність виконання завдання з ФО районів (позицій) військ (сил) в операції (бойових діях)

$$E_{FO} = \sqrt{\frac{1}{2} [E_1^2 + E_{1p}^2]}. \quad (3)$$

На третьому етапі визначається загальна ефективність виконання завдання з влаштування і утримання інженерних загороджень (ІЗаг) і здійснення руйнувань в операції (бойових діях).

Ефективність виконання завдання ІВ ЗС може бути визначена з виразу

$$E_2 = |\overline{E}_2| = \sqrt{\frac{1}{m_2} \sum_{j=1}^{m_2} (1 - e^{-m_{2j}})^2}; m_{2j} = \frac{B_{2j}}{V_{2j}}, \quad (4)$$

де  $m_{2j}$  – відносна величина параметра, що характеризує  $j$ -й фактор, який впливає на виконання ІВ ЗС завдання з влаштування ІЗаг в операції (бойових діях);  $B_{1j}$  – можливості ІВ ЗС з влаштування ІЗаг,  $m^2$ ;  $V_{1j}$  – потрібний обсяг робіт з влаштування ІЗаг в операції (бойових діях), який призначається для виконання ІВ ЗС,  $m^2$ ;  $j$  – порядковий номер параметра.

Ефективність виконання цього ж завдання підприємствами РГ:

$$E_{2jp} = |\overline{E_{2jp}}| = \sqrt{\frac{1}{m_{2jp}} \sum_{jp=1}^{m_{2jp}} (1 - e^{-m_{2jp}})^2}; m_{2jp} = \frac{B_{2jp}}{V_{2jp}}, \quad (5)$$

де  $m_{2jp}$  – відносна величина параметра, що характеризує  $j$ -й фактор, який впливає на виконання підприємствами РГ завдання з влаштування інженерних загороджень в операції (бойових діях);  $B_{2jp}$  – можливості підприємств РГ з влаштування ІЗаг,  $m^2$ ;  $V_{2jp}$  – потрібний обсяг робіт з влаштування ІЗаг в операції (бойових діях), який призначається для виконання підприємствами РГ,  $m^2$ ;  $j$  – порядковий номер параметра.

Загальна ефективність виконання завдання з влаштування інженерних загороджень в операції (бойових діях)

$$E_{I3ag} = \sqrt{\frac{1}{2} [E_2^2 + E_{2jp}^2]}. \quad (6)$$

**На четвертому етапі** визначається загальна ефективність виконання завдання з підготовки і утримання шляхів руху військ (ШР) в операції (бойових діях).

Ефективність виконання цього завдання ІВ ЗС визначається з виразу

$$E_3 = |\overline{E_3}| = \sqrt{\frac{1}{m_3} \sum_{j=1}^{m_3} (1 - e^{-m_{3j}})^2}; m_{3j} = \frac{B_{3j}}{V_{3j}}, \quad (7)$$

де  $m_{3j}$  – відносна величина параметра, що характеризує  $j$ -й фактор, який впливає на виконання ІВ ЗС завдання з ШР в операції (бойових діях);  $B_{3j}$  – можливості ІВ ЗС з підготовки ШР, км;  $V_{3j}$  – потрібний обсяг робіт з підготовки ШР в операції (бойових діях), який призначається для виконання ІВ ЗС, км;  $j$  – порядковий номер параметра.

Ефективність виконання цього завдання підприємствами РГ:

$$E_{3jp} = |\overline{E_{3jp}}| = \sqrt{\frac{1}{m_{3jp}} \sum_{jp=1}^{m_{3jp}} (1 - e^{-m_{3jp}})^2}; m_{3jp} = \frac{B_{3jp}}{V_{3jp}}, \quad (8)$$

де  $m_{3jp}$  – відносна величина параметра, що характеризує  $j$ -й фактор, який впливає на виконання підприємствами РГ завдання з ШР в операції (бойових діях);  $B_{3jp}$  – можливості підприємств РГ з підготовки ШР, км;  $V_{3jp}$  – потрібний обсяг робіт з підготовки ШР в операції (бойових діях), який призначається для виконання підприємствами РГ, км;  $j$  – порядковий номер параметра.

Загальна ефективність виконання завдання з ШР ОК ІВ і підприємствами РГ в операції (бойових діях):

$$E_{ШР} = \sqrt{\frac{1}{2} [E_3^2 + E_{3jp}^2]}. \quad (9)$$

**На п'ятому етапі** визначається загальна ефективність системи ІЗ операції (бойових дій) з урахуванням можливостей підприємств РГ економіки.

Особливістю розрахунків на цьому етапі є використання величин  $\alpha_i$ , що характеризують внесок  $i$ -го завдання у загальну ефективність системи ІЗ (з індексом  $p$  для сил і засобів підприємств РГ), та коефіцієнтів  $b_{ЗС}$  і  $b_{РГ}$ , що надають змогу оцінити доцільність виконання завдань ІЗ силами та засобами ЗС або тими, що залучаються від підприємств РГ. Ці величини визначаються експертним опитуванням.

Ефективність застосування ІВ ЗС визначається з виразу (10):

$$E_{ЗС} = |\overline{E_{ЗС}}| = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \alpha_i \sqrt{\frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} (1 - e^{-m_{ij}})^2} \right)^2}, \quad (10)$$

де  $\alpha_i$  – внесок  $i$ -го завдання у загальну ефективність системи ІЗ.

Ефективність застосування підприємств РГ:

$$E_{РГ} = |\overline{E_{РГ}}| = \sqrt{\frac{1}{n_p} \sum_{ip=1}^{n_p} \left( \alpha_{ip} \frac{1}{m_{ip}} \sqrt{\sum_{jp=1}^{m_{ip}} (1 - e^{-m_{ijp}})^2} \right)^2}, \quad (11)$$

де  $\alpha_{ip}$  – внесок  $i$ -го завдання у загальну ефективність системи ІЗ для сил і засобів підприємств РГ.

Загальна ефективність системи ІЗ:

$$E_{ІЗ} = \sqrt{\frac{1}{2} [b_{ЗС} E_{ЗС}^2 + b_{РГ} E_{РГ}^2]}, \quad (12)$$

де  $b_{ЗС}$  – коефіцієнт, що надає змогу оцінити доцільність виконання завдань ІЗ ІВ ЗС в операції;  $b_{РГ}$  – коефіцієнт, що надає змогу оцінити доцільність виконання завдань ІЗ підприємствами РГ в операції.

Надалі, згідно алгоритму удосконаленої методики, отримана величина показника ефективності  $E_{ІЗ}$  порівнюється із потрібною. При відповідності прийнятої умови  $E_{ІЗ} \geq E_{ІЗ}^{потр}$  вважається, що застосування ІВ ЗС і підприємств РГ в операції (бойових діях) відповідає потрібному показнику ефективності. Якщо зазначена умова не виконується алгоритм удосконаленої методики передбачає повернення на етап формування вихідних даних, їхню часткову заміну і проведення повторних розрахунків до досягнення потрібної величини прийнятого показника ефективності  $E_{ІЗ}$ .

Крім того, на п'ятому етапі удосконаленої методики розраховується коефіцієнт ефективності-вартість для системи ІЗ з урахуванням можливостей підприємств РГ, який надає змогу оцінити питому ефективність системи ІЗ в залежності від витрачених коштів на її утримання. Визначення величини цього коефіцієнта здійснюється так:

$$C_{ЗС} = \sum_{i=1}^n C_{ОС_i} + \sum_{i=1}^n C_{ІТ_i} + \sum_{i=1}^n C_{ЗІО_i}; C_{ЗС} \leq C_{ЗС}^{потр};$$

$$C_{РГ} = \sum_{i=1}^n C_{пр_i} + \sum_{i=1}^n C_{Т_i} + \sum_{i=1}^n C_{МЗ_i}; C_{РГ} \leq C_{РГ}^{потр},$$
(13)

де  $C_{ОС_i}$  – вартість застосування особового складу ІВ ЗС в операції;  $C_{ІТ_i}$  – вартість застосування ІТ в операції;  $C_{ЗІО_i}$  – вартість застосування засобів інженерного озброєння в операції;  $C_{пр_i}$  – вартість застосування працівників РГ в операції;  $C_{Т_i}$  – вартість застосування техніки РГ в операції;  $C_{МЗ_i}$  – вартість застосування матеріальних засобів в операції.

Після цього визначається величина цього коефіцієнту для ЗС і для підприємств РГ:

$$K_{ЗС} = \frac{E_{ЗС}}{C_{ЗС}}; K_{РГ} = \frac{E_{РГ}}{C_{РГ}},$$
(14)

де  $C_{ЗС}$  – вартість застосування ІВ ЗС в операції (бойових діях);  $C_{РГ}$  – вартість застосування РГ в операції (бойових діях).

Згідно (13) і (14) величина коефіцієнту ефективність-вартість для системи ІЗ операції становить

$$K_{ЕВ} = \frac{E_{ІЗ}}{b_{ЗС}C_{ЗС} + b_{РГ}C_{РГ}}.$$
(15)

Надалі, відповідно до алгоритму удосконаленої методики, отримана величина  $K_{ЕВ}$  порівнюється із потрібною величиною. При відповідності умови  $K_{ЕВ} \geq K_{ЕВ}^{потр}$  вважається, що застосування ІВ ЗС і підприємств РГ в операції (бойових діях) відповідає потрібному критерію ефективність – вартість. Якщо ж зазначена умова не виконується, алгоритм удосконаленої методики передбачає повернення на етап формування вихідних даних, їхню часткову заміну і проведення повторних розрахунків до досягнення потрібної величини прийнятого критерію ефективність – вартість  $K_{ЕВ}$ .

**На шостому етапі**, на підставі результатів розрахунків розроблюються рекомендації з підвищення

ефективності застосування ІВ в операції (бойових діях) з урахуванням можливостей підприємств регіональної економіки.

## Висновки

**Висновки** з даного дослідження і перспективи подальшого розвитку даного напрямку. В статті наведено опис методики обґрунтування рекомендацій з підвищення можливостей ІВ з урахуванням участі підприємств регіональних галузей економіки, яка побудована з використанням математичного апарату векторної алгебри та яка дозволяє більш об'єктивно оцінити ефективність застосування ІВ з метою розроблення рекомендацій з підвищення ефективності виконання ними завдань ІЗ.

Перспективи подальших досліджень у цьому напрямку пов'язані з удосконаленням зазначеної методики для оцінювання ефективності застосування ІВ під час виконання ними комплексу завдань ІЗ.

## Список літератури

1. Кравчук М.І. Способи та порядок вирішення завдань ОЗ під час ведення активних форм оборонного бою. Порядок підготовки підрозділів ОЗ для реалізації визначених завдань / М.І. Кравчук // Матеріали наук.-практ. конф. з обміну бойовим досвідом та впровадження його в систему підготовки 28 жовтня 2015 року.
2. Казанова Г. Векторная алгебра [Текст] / Г. Казанова; пер. с франц. А.В. Булинского – М.: Мир, 1979. – 118 с.
3. Кутюра Л. Алгебра логики [Текст] / Л. Кутюра; пер. с франц. И.И. Слешинского – М.: Изд. физ.-мат наследие, 2011. – 164 с.
4. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) [Текст] / Г. Корн, Т. Корн; Перевод со второго американского переработанного издания И.Г. Арамановича, А.М. Березмана, И.А. Вайнштейна, Л.З. Румишинского, Л.Я. Цафа. – М.: Наука, 1973. – 831 с.

Надійшла до редколегії 6.01.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. В.Ю. Богданович, Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України, Київ.

### МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНЖЕНЕРНЫХ ВОЙСК С УЧЕТОМ УЧАСТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ

А.В. Передрий

*В статье говорится о методике обоснования рекомендаций по повышению возможностей инженерных войск с учетом участия предприятий региональных отраслей экономики, которая построена с использованием математического аппарата векторной алгебры.*

**Ключевые слова:** эффективность, инженерные войска, региональные отрасли экономики, векторная алгебра

### JUSTIFICATION'S METHODS TO RECOMMENDATIONS FOR IMPROVEMENT OF ENGINEER CORPS WITH THE PARTICIPATION OF REGIONAL INDUSTRIES ENTERPRISES

O.V. Peredrii

*In the article presents justification's methods to recommendations for improvement of Engineer Corps with the participation of regional industries enterprises using the vector algebra's mathematical apparatus.*

**Keywords:** efficiency, Engineer Corps, regional industries, mathematical apparatus, vector algebra's.