

УДК 623.644

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УСТАНОВИ СПЕЦІАЛЬНИМИ КАРТАМИ ТА ФОТОДОКУМЕНТАМИ ПРО МІСЦЕВІСТЬ

**Р. Савчук**

Національний університет оборони України

**Ключові слова:** топогеодезичне забезпечення, спеціальні карти та фотодокументи про місцевість, ефективність, точність, надійність.

### Постановка проблеми

Потреба установи у постійному й об'єктивному визначенні та отриманні топогеодезичних даних для ефективнішого планування та ведення операцій, підвищення вимог до оперативності, точності та надійності визначення топогеодезичної інформації, які зумовлені високою динамікою сучасних операцій, розвитком високоточних ударних комплексів і систем, змінами їхніх тактико-технічних характеристик і розширенням можливостей, упровадженням автоматизованих систем управління, потребою оперативного реагування на зміну обстановки визначають необхідність удосконалення системи забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість установи.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Аналіз досліджень із питань функціонування систем забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість у провідних країнах світу [2, 3, 7], досвід виконання завдань топогеодезичного забезпечення свідчать про необхідність підвищення ефективності функціонування системи забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість установи.

### Постановка завдання

Мета статті – визначення показників ефективності функціонування системи забезпечення установи спеціальними картами та фотодокументами про місцевість та їх обґрунтування.

### Виклад основного матеріалу проблеми

Під ефективністю системи забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість установи розумітимемо здатність цієї системи своєчасно та надійно забезпечити можливість визначення та отримання необхідної за точністю топогеодезичної інформації в будь-яких умовах обстановки, що склалася. Ефективність системи забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість можна оцінити одним або декількома показниками ефективності – числовими значеннями, за допомогою яких можна оцінити ступінь здатності системи виконати поставлені перед нею завдання.

Як відомо з досвіду організації топогеодезичного забезпечення у провідних країнах світу за останнє десятиліття, основних завдань, що ставляться перед системою забезпечення спеціальними картами та

фотодокументами про місцевість установи, вимог організацій і керівних документів до організації та виконання заходів топогеодезичного забезпечення, ефективність функціонування системи топогеодезичного забезпечення організації можна оцінити за такими основними показниками:

– оперативність забезпечення ( $O$ ), яка визначається величиною сумарних витрат часу на виконання всіх технологічних процесів зі створення відповідного виду інформації (спеціальних карт і фотодокументів про місцевість), і витрат часу на їх доведення до органів управління та організацій;

– точність спеціальних карт і фотодокументів про місцевість, ( $T$ ) яка характеризується середньоквадратичною похибкою визначення координат ( $m_x; m_y$ ) і середньоквадратичною похибкою визначення висот ( $m_z$ ) об'єктів місцевості, які зображені на відповідному топогеодезичному документі, та величини яких повинні відповідати його призначенню і масштабу;

– надійність функціонування системи забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість, ( $N$ ), що характеризується імовірністю виконання заданої функції – створення та доведення до підрозділів спеціальних карт та фотодокументів про місцевість, без відмов у будь-яких умовах обстановки.

Це залежить від багатьох факторів випадкового характеру та від надійності кожного з методів створення цієї інформації. До цих факторів можна зарахувати: успішність отримання вихідних даних про місцевість (дистанційне зондування, польові роботи, заходи топографічної розвідки, камеральні роботи); проведення заходів з розвідки протиборчої сторони; ступінь протидії протиборчої сторони; застосування протиборчої стороною засобів ураження та засобів РЕБ; наявність сил і засобів топографічної служби, наявність і можливість доведення до організацій вихідної навігаційної інформації та вихідних геодезичних даних, спеціальних даних; метеорологічні умови тощо.

Обґрунтуємо їх.

1. Так, імовірність своєчасного відкриття вогню засобами вогневого ураження угруповання установи ( $P_c$ ) залежить від часу надходження інформації про місцезнаходження цілі (з моменту її визначення) та часу на підготовку до її ураження. Значення цієї імовірності оцінюється співвідношенням [6]

$$P_c = \begin{cases} \frac{t_n - t_{вн}}{t_z}, & \text{якщо } t_n > t_{вн} \\ 0, & \text{якщо } t_n \leq t_{вн} \end{cases}, \quad (1)$$

де  $t_n$  – час перебування визначеної цілі на позиції;  $t_{вн}$  – час, необхідний засобам ураження на підготовку і відкриття вогню з моменту визначення цілі.

Однак формула (1) не враховує впливу якісних показників розвідки, тобто точності визначення місцезнаходження цілі, її тактико-технічних характеристик тощо, на імовірність своєчасного відкриття вогню. Враховуючи якісні показники розвідки, за формулою (2) можна точніше визначити  $P_c$  [4]

$$P_c = F \left[ \frac{t_n - t_{вн}}{\rho \sqrt{2} \cdot \sqrt{\sigma_{mn}^2 + \sigma_{m.вн}^2}} \right], \quad (2)$$

де  $F$  – таблицна функція розподілення випадкової величини за нормальним законом;  $t_n$  – математичне очікування часу перебування цілі на позиції;  $t_{вн}$  – математичне очікування часу підготовки і нанесення вогневого ураження;  $\rho_{m.вн}$  – середнє квадратичне відхилення часу підготовки до вогневого ураження;  $\rho_{mn}$  – середнє квадратичне відхилення часу знаходження цілі.

Аналіз формул (1) та (2) свідчить про залежність величини  $P_c$  від часу підготовки до вогневого ураження  $t_{вн}$ , в який входить і час на визначення місцеположення елементів бойових порядків установи, тобто часу на визначення вихідних топогеодезичних та навігаційних даних. Оскільки величина  $P_c$  є одним із показників ефективності застосування засобів вогневого ураження угруповання організацій установи [5], можна стверджувати про її залежність від часу, що витрачається на визначення вихідних топогеодезичних та навігаційних даних на основі використання певного виду спеціальних карт або фотодокументів.

Відповідно до цих положень, першим показником ефективності функціонування системи забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість вважатимемо показник оперативності  $O_\tau$ , що характеризується параметром – часом  $\tau$ , що витрачають організації на створення відповідного виду спеціальної карти або фотодокумента. Критерій  $O_\tau$  можна виразити через співвідношення реальних характеристик ефективності кожного з методів створення відповідного виду спеціальної карти або фотодокумента до характеристики ефективності ідеального за часом методу, в якому параметр  $\tau$  дорівнює нулю.

2. Похибки визначення координат початкових точок маршруту й орієнтування засобів наземної навіга-

ції у цих точках та похибки роботи самих засобів орієнтування по відстані  $m_x$  і по напрямку  $m_e$  на маршруті пересування організацій, окремого рухомого об'єкта приведуть до зміщення кінцевої точки маршруту або точки падіння снаряда [1]. Положення кінцевої точки маршруту або точки падіння снаряда підпорядковується нормальному закону розподілення на площині. Адже похибка положення цієї точки є функцією великої кількості незалежних похибок за умови відсутності систематичних похибок. (Для полегшення розрахунків зону  $S_i$  вибрано у формі кола).

Для визначення ймовірності  $P_{m_0}$  виходу організації, окремого рухомого об'єкта, влучання снаряда в зону  $S$  її площа замінюється рівновеликим прямокутником зі сторонами  $2a$  і  $2b$ , які паралельні до осей координат (див. рис. 1).

У разі відсутності систематичних похибок визначення вихідної топогеодезичної інформації формула для визначення цієї ймовірності має вигляд [1]

$$P_{m_0} = P\{(x, y) \in S\} = \Phi\left(\frac{a}{m_x \sqrt{2}}\right) \Phi\left(\frac{b}{m_y \sqrt{2}}\right), \quad (3)$$

де  $x, y$  – координати кінцевої точки маршруту переміщення підрозділу, окремого рухомого об'єкта або точки падіння снаряда в зону  $S$ ;  $\Phi$  – інтеграл ймовірності (функція Лапласа).

Якщо розосередження кругове ( $m_x = m_y$ ), то ймовірність виходу підрозділу, рухомого об'єкта або влучання снаряда в зону  $S$  можна обчислити за формулою [1]:

$$P_{m_0} = P\{(x, y) \in S\} = 1 - e^{-\frac{R^2}{2(m_p^2 + m_n^2)}}, \quad (4)$$

де  $R$  – радіус зони ураження;  $m_p$  – сумарна середня квадратична похибка розсіювання точок влучання снаряда в зону  $S$  (кругова сумарна середня квадратична похибка розсіювання точок влучання снаряда в зону  $S$  і підготовки стрільби (крім похибок визначення топогеодезичної інформації));  $m_0$  – сумарна середня квадратична похибка визначення топогеодезичної інформації;  $e$  – основа натурального логарифма.

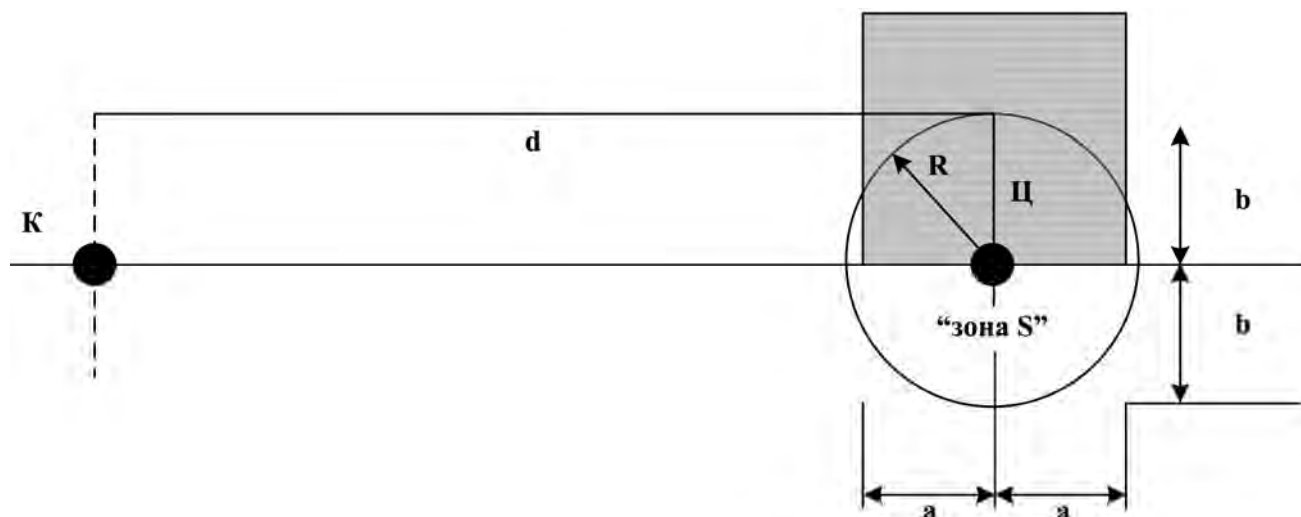


Рис. 1. Положення вихідної точки  $K$  відносно центра зони  $S$

Аналіз формули (4) свідчить про залежність величини ймовірності виходу організації, окремого рухомого об'єкта або влучання снаряда в зону  $S$  від точності визначення вихідної топогеодезичної інформації.

Звідси визначимо другий показник ефективності системи забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість – показник точності  $T_m$ , що характеризується точністю  $m_0$  визначення необхідних даних на основі використання конкретної спеціальної карти або фотодокумента. Що менше значення параметра точності документа  $m_0$ , то точніші та досконаліші використовувані спеціальні карти або фотодокументи, та, як наслідок, показник точності  $T_m$  буде вищим.

Як відомо, під час проведення операції застосовуються усі види засобів вогневого ураження установи. Для ефективного планування, проведення цілерозподілу [8] між засобами ураження об'єктів противника та нанесення ударів необхідно мати інформацію про точне місцеположення елементів бойових порядків установи та місцеположення окремих орієнтирів, зон “затінення”, непрохідності (затоплень, пожеж, завалів), радіоактивного та хімічного зараження (забруднення) тощо, що передбачає застосування геоінформаційних систем (ГІС). Відомо, що ГІС функціонують на базі топогеодезичної основи. В середовищі ГІС виконують аналіз тактичних властивостей місцевості з використанням бази даних цифрової топографічної карти району відповідальності установи. До нанесення на цифрову топографічну карту елементів та об'єктів також ставлять вимоги щодо заданої точності.

3. Крім показників оперативності  $O_t$  та точності  $T_m$ , треба врахувати показник надійності  $N_n$  системи забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість, що характеризується ймовірністю створення і доведення до організацій відповідних видів спеціальних карт та фотодокументів про місцевість заданої точності у визначені терміни. Він залежить від багатьох факторів, характер яких випадковий, та від надійності кожного з методів визначення топогеодезичної інформації. До цих факторів належать: успішність отримання вихідних даних про місцевість (дистанційне зондування, польові роботи, заходи топографічної розвідки, камеральні роботи); успішність проведення заходів з розвідки; ступінь протидії сил противника; застосування противником засобів ураження та засобів РЕБ; наявність сил і засобів топографічної служби; наявність і можливість доведення до підрозділів вихідної топогеодезичної інформації та вихідних навігаційних даних; метеорологічні умови тощо. Надійність способів створення конкретних видів спеціальних карт та фотодокументів про місцевість залежить від: забезпечення спеціальною технікою та наявності відповідних фахівців, використання сучасних технологій та достовірності вихідних даних, забезпечення засобами автоматизації, безперебійного постачання спеціальними картами та фотодокументами про місцевість тощо.

У загальному вигляді показник надійності  $N_n$  можна подати формулою [1]

$$W_n = \sum_{i=1}^n L_i P_i, \text{ за умови, що } \sum_{i=1}^n L_i = 1, \quad (5)$$

де  $P_i$  – ймовірність фактора  $i$ , який впливає на надійність створення відповідного виду спеціальної карти або фотодокумента;  $L_i$  – ваговий коефіцієнт фактора  $i$ ;  $n$  – кількість факторів.

Підводячи підсумок, зазначимо, що в статті визначено та обґрунтовано показники ефективності функціонування системи забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість установи.

### Висновки

Основними складовими узагальненого показника ефективності системи забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість  $F_{\Sigma}$ , враховуючи поставлені перед нею завдання, визначено:

– показник оперативності  $O_t$ , що характеризується параметром  $\tau$  – часом, що витрачається на створення та доведення до організацій відповідних видів спеціальних карт та фотодокументів про місцевість;

– показник точності  $T_m$ , що характеризується параметром точності  $m_p$  конкретного способу, що застосовується для створення конкретного виду спеціальної карти або фотодокумента;

– показник надійності  $N_n$ , що характеризується ймовірністю створення та доведення конкретного виду спеціальної карти або фотодокумента до користувачів без відмов за будь-яких умов обстановки.

Зазначені підходи будуть укладені в основу подальших досліджень з питань удосконалення системи забезпечення спеціальними картами та фотодокументами про місцевість установи.

### Література

1. Астахов А. Д. Пути создания модели оценки эффективности системы топогеодезического обеспечения войск / А. Д. Астахов. – М.: РИО ВТС, 1984. – 185 с.
2. Чорнокнижний О. А. Аналіз забезпечення збройних сил провідних країн світу спеціальними картами та фотодокументами про місцевість у локальних війнах і збройних конфліктах останніх років / Чорнокнижний О. А., Савчук Р. Г. // Науково-технічний журнал ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – Київ: ЦНДІ ОВТ, 2015. – № 2 (6). – С. 43–47.
3. Чорнокнижний О. А. Вибір показників ефективності функціонування системи забезпечення оперативного командування спеціальними картами та фотодокументами про місцевість під час підготовки оборонної операції / Чорнокнижний О. А., Савчук Р. Г. // Науково-технічний журнал ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – Київ: ЦНДІ ОВТ, 2015. – № 4 (8). – С. 43–47.
4. Воробьев А. С. Основы математического моделирования процессов функционирования сил и средств артиллерийской разведки / А. С. Воробьев. – СПб.: МАА, 1997. – 40 с.

5. Оцінка ефективності вогневого ураження противника: навч. посіб. / під заг. ред. В. М. Телелима. – К.: НАОУ, 2002. – 62 с.
6. Смаль С. В. Питання можливості застосування великомасштабних топографічних карт для визначення інформації про місцезнаходження об'єктів військового призначення на місцевості / С. В. Смаль, О. А. Чорнокнижний, О. А. Шевченко // Труды академії. – К. НАОУ, 2005. – С. 143–148.
7. Топогеодезическое и навигационное обеспечение вооруженных сил США на национальном и глобальном уровне / В. Хвостов, Н. Воронков, В. Елюшкин, А. Масленников // Зарубежное военное обозрение. – 1998. – № 5. – С. 9–14.
8. Корольов В. М. Роль і місце системи цілерозподілу для механізованих (танкових) підрозділів в АСУ тактичної ланки / Корольов В. М., Засць Я. Г. // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – 2014. – № (52)1. – С. 39–47.

**Обґрунтування показників ефективності системи забезпечення установи спеціальними картами та фотодокументами про місцевість**  
Р. Савчук

Проаналізовано функціонування системи забезпечення спеціальними картами і фотодокументами про місцевість провідних країн світу, основні завдання топогеодезичного забезпечення установи і вимоги до топогеодезичного забезпечення. Визначено й обґрунтовано показники ефективності системи забезпечення установи спеціальними картами і фотодокументами про місцевість.

**Обоснование показателей эффективности системы обеспечения учреждения специальными картами и фотодокументами о местности**  
Р. Савчук

Проанализировано функционирование системы обеспечения специальными картами и фотодокументами о местности ведущих стран мира, основные задачи топогеодезического обеспечения учреждения и требования к топогеодезическому обеспечению. Определены и обоснованы показатели эффективности системы обеспечения учреждения специальными картами и фотодокументами о местности.

**Rationale for indicators effectiveness of the institution specially maps and photographs of the area**  
R. Savchuk

The need for constant and agencies in identifying and obtaining subjective topogeodesic data for better planning and operations, increasing demands for speed, accuracy and reliability of information topo-geodetic definition that due to high dynamics of modern operations, the development of precision strike systems and systems change their tactical and technical characteristics and increased capacity, the introduction of automated control systems need to respond quickly to changing circumstances determine the need to improve the existing system of special maps and photographs of the area agencies.

The article analyzes the functioning of the system of special maps and photographs of the area leading countries, the main tasks of Surveying software requirements for institutions and Surveying software. Defined and reasonable performance system of institutions with special maps and photographs of the area.

