

УДК 355.4

В. В. Обрядін, В. Ю. Панченко, Л. В. Розанова

ВИЗНАЧЕННЯ РАЙОНУ РОЗПОДІЛУ ЙМОВІРНІСНИХ МІСЦЬ ЗНАХОДЖЕННЯ НЕЗАКОННОГО ЗБРОЙНОГО ФОРМУВАННЯ ПІСЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ПОПЕРЕДНЬОГО КОНТАКТУ З НИМ НА ЗОВНІШНЬОМУ РУБЕЖІ БЛОКУВАННЯ

Запропоновано математичну модель визначення району розподілу ймовірнісних місць знаходження групи незаконного збройного формування (НЗФ), що висувається в район збройного конфлікту після встановлення попереднього контакту з ним на зовнішньому рубежі блокування.

Постановка проблеми. Протягом майже десяти років солдатами та офіцерами 40-ї армії в Афганістані накопичувався безцінний бойовий досвід, який знайшов своє відображення у пам'ятках та інструкціях щодо застосування військ в умовах гірсько-пустельної місцевості, але, на жаль, до рівня офіційного документа цей матеріал довести так і не вдалося. Дійсно, хоча досвід афганської війни і став приводом для переписування бойових статутів та підручників з тактики, проте нічого в цьому відношенні конкретного зроблено не було. Це підтверджує той факт, що російським командуванням у ході проведення контртерористичної операції на Північному Кавказі було допущено низку прорахунків. По-перше, були скорочені строки підготовки до проведення операції [1]. По-друге, у більшості випадків під час планування бойових дій спостерігалася тенденція копіювання замислу операцій, успішно проведених раніше, що негативно позначалося на кінцевих результатах [2]. Повстанці оперативно реагували на всі зміни у тактиці військ, що призвело до появи такого способу протидії, як реалізація розвідувальних даних аеромобільними підрозділами і підрозділами артилерії та авіації. По-третє, – це відсутність надійної ізоляції району контртерористичної операції, у результаті чого незаконні збройні формування (НЗФ) протягом усього збройного конфлікту мали змогу отримувати матеріальну допомогу ззовні. Іншими словами, неспроможність федеральних сил своєчасно встановити розвідувальний контроль над усією зоною конфлікту зумовила те, що надходження з-за кордону матеріальних та людських ресурсів продовжувалося [3].

Таким чином, проблема отримання достовірних та оперативних розвідувальних даних про противника з метою вжиття адекватних своєчасних заходів щодо запобігання можливим терористичним актам

залишається не вирішеною і потребує проведення відповідних науково-теоретичних розробок. Останнє, на наш погляд, передбачає формалізацію процесу виявлення НЗФ, проведення з використанням математичного апарату теорії ймовірностей аналізу пересування злочинців до об'єкта вчинення терористичного акту та визначення закону розподілу ймовірнісних місць знаходження незаконного збройного формування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У статті [4] наведено приклад оточення рухомої групи НЗФ, де зазначено, що район оточення описується колом певного радіуса, центр якого зміщений у напрямку дислокації НЗФ на визначену відстань. Розмір району оточення залежить від відстані між вихідним пунктом розвідувально-пошукової групи (РПГ) та точкою базування НЗФ і коефіцієнта швидкісної переваги (відношення швидкості групи перехоплення до швидкості НЗФ). Крім того, показано, що оточення рухомої групи НЗФ кількома РПГ, які висуваються з різних пунктів дислокації, за малих значень коефіцієнта швидкісної переваги дозволяє зменшити протяжність периметра району майже вдвічі. Логічний зміст цієї моделі полягає у тому, що командир точно відомі місце знаходження та напрямок руху НЗФ у конкретному районі. Аналітичним шляхом із використанням аналітичної геометрії на площині знаходять полярні координати точки зустрічі РПГ з НЗФ.

Як свідчить досвід збройної боротьби [3], виникнення такої ситуації на практиці можливе, але трапляється не так часто. У зв'язку з цим, на думку авторів, рішення командира щодо організації пошуку або блокування НЗФ у районі не завадять дані, що можуть бути отримані з використанням не лише *детермінованої моделі* процесу руху НЗФ, але й *ймовірнісної моделі*, яка за допомогою математичного апарату теорії

ймовірностей формалізує процес виявлення та пересування злочинців.

Метою статті є визначення району розподілу ймовірнісних місць знаходження незаконного збройного формування, яке висувається в район (до об'єкта) вчинення терористичного акту після встановлення попереднього контакту з ним на дальньому рубежі виявлення (патрулювання).

Виклад основного матеріалу. Розглянемо тактичну обстановку, яка може скластися під час організації патрулювання на дальньому рубежі виявлення (блокування).

Розвідувально-пошукова група отримала завдання – організувати розвідку на дальньому рубежі від об'єкта охорони з метою встановлення факту перетинання смуги спостереження НЗФ, а також визначення складу, озброєння групи, швидкості та напрямку руху, ймовірного району знаходження групи терористів через деякий час t . Огляд смуги спостереження пошукова група здійснює способом патрулювання “вісімкаю” з використанням рухомих засобів виявлення (рис. 1).

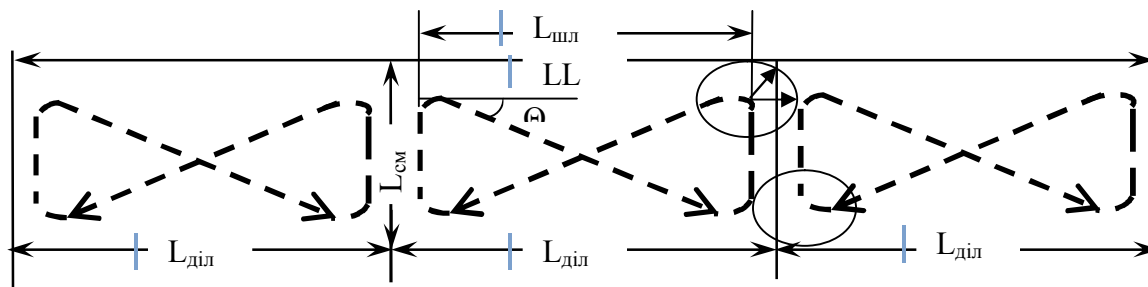


Рис. 1. Патрулювання “вісімкаю” з використанням рухомих засобів виявлення

Реалізовані під час патрулювання “вісімкаю” параметри руху РПГ із засобами виявлення (а саме $L_{шп}$ – довжина смуги розвідки, яка перпендикулярна до можливого напрямку руху НЗФ; $L_{см}$ – ширина смуги розвідки; $V_{рпг}$ – швидкість руху РПГ; $V_{нзф}$ – швидкість руху НЗФ) забезпечують виконання умови

$$\frac{2 \cdot L_{шп}}{V_{рпг}} = \frac{L_{см}}{V_{нзф}} \quad (1)$$

У такому разі можна стверджувати, що безперервна випадкова величина дальності зустрічі (Y_3) об'єкта спостереження (НЗФ) рівномірно розподілена у межах інтервалу $[\alpha, \beta]$, тобто на ділянці $L_{см}$, яка перебуває під контролем засобів виявлення РПГ.

Тоді згідно з теоретичними посиланнями [8] функція щільності розподілу $\Phi 1(Y_3)$ випадкової

величини дальності зустрічі об'єкта спостереження набуває вигляду

$$\Phi 1(Y_3) = \begin{cases} \frac{1}{\beta - \alpha}, & \text{якщо } \alpha \subseteq Y_3 \subseteq \beta; \\ 0, & \text{якщо } Y_3 \supset \beta; \\ 0, & \text{якщо } Y_3 \supset \alpha. \end{cases} \quad (2)$$

Закон рівномірної щільності розподілу випадкової величини дальності зустрічі НЗФ під час організації спостереження РПГ на відстані 20 км від об'єкта охорони у смузі 2 км графічно подано на рис. 2.

Наведений закон рівномірної щільності розподілу випадкової величини Y_3 дійсно описує лише процес встановлення тактичного контакту пошукової групи з НЗФ. Процес виявлення засобами розвідки пошукової групи НЗФ у смузі спостереження, а саме дальність виявлення ($Y_в$), буде здебільшого [6] підпорядкована круговому нормальному закону щільності розподілу випадкової величини $Y_в$.

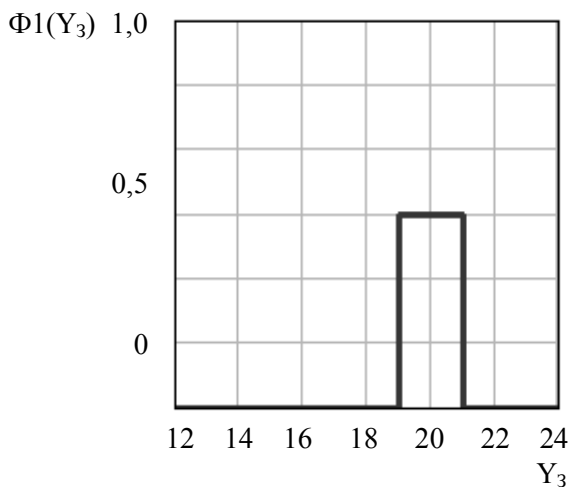


Рис. 2. Графічне зображення закону рівномірної щільності розподілу випадкової величини дальності зустрічі НЗФ

буде здебільшого вигляд якого у картинній площині наведено на рис. 3, а аналітичний вираз закону буде такий:

$$\Phi 2(Y_B) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sigma_B^2} \cdot \ell \cdot \frac{-(Y_B - m_0)^2}{\sigma_B^2}, \quad (3)$$

де m_0 – математичне сподівання випадкової величини дальності виявлення НЗФ; σ_B – середнє квадратичне відхилення випадкової величини дальності виявлення НЗФ.

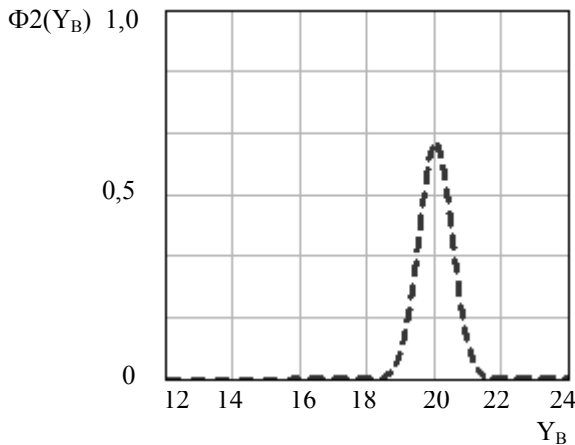


Рис. 3. Графічне зображення кругового нормального закону щільності розподілу випадкової величини дальності виявлення НЗФ

Далі доцільно припустити, що випадкові величини Y_3 і Y_B незалежні, і знайти композицію двох законів розподілу цих величин, тобто закон розподілу суми двох незалежних величин. З теоретичних посилань [6] аналітичний вираз такого закону і графік функції (рис. 4) щільності розподілу дальності зустрічі-виявлення (Y_{3B}) незаконного збройного формування розвідувально-пошуковою групою матимуть такий вигляд:

$$\Phi 3(Y_{3B}) = \frac{1}{\beta - \alpha} \cdot \int_{\alpha}^{\beta} \frac{1}{2\pi \cdot \sigma_B^2} \cdot \ell \cdot \frac{-(Y_{3B} - y)}{\sigma_B^2} \cdot dy. \quad (4)$$

Підінтегральна функція у виразі (4) є не чим іншим, як круговим нормальним законом щільності розподілу випадкової величини з центром розсіювання m_0 і середнім квадратичним відхиленням σ_B (ГТХ засобів виявлення), а інтеграл у виразі (4) є ймовірність знаходження випадкової величини, яка підпорядкована цьому закону на ділянці від α до β .

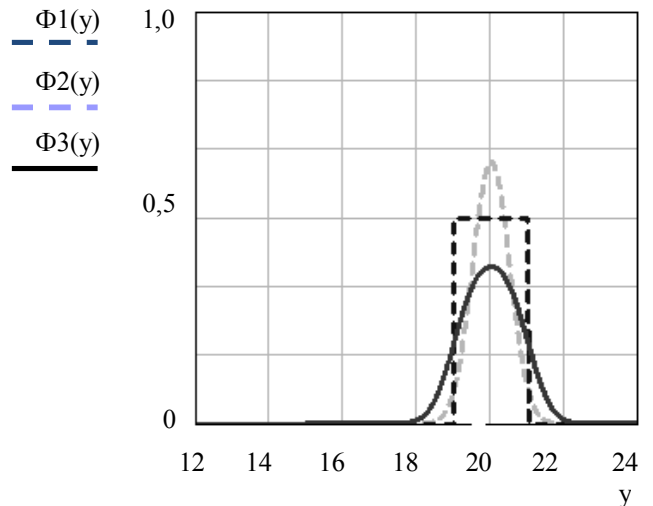


Рис. 4. Графічне зображення функції $\Phi 3(y)$ (суцільна лінія) закону розподілу щільності випадкової величини дальності зустрічі-виявлення НЗФ

У подальшому за допомогою функцій сплайнової інтерполяції математичного програмного пакета Mathcad [9] та отриманих дискретних даних для значень функції на рис. 4 знаходимо нове значення функції $\Phi 4(y)$ щільності розподілу дальності зустрічі-виявлення НЗФ (рис. 5).

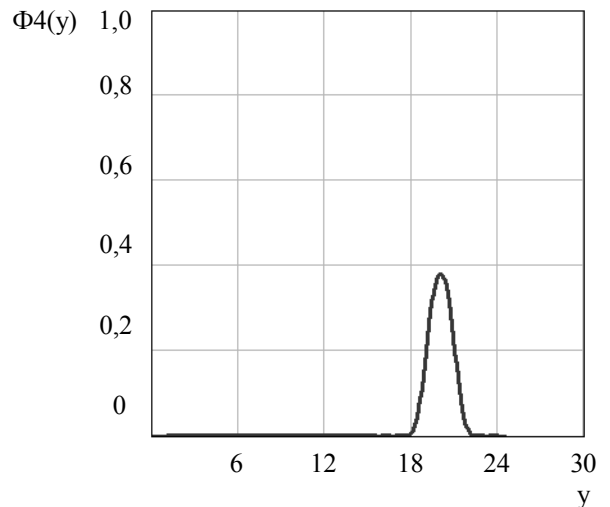


Рис. 5. Графічне зображення функції $\Phi 4(y)$ щільності розподілу дальності зустрічі-виявлення НЗФ

Через проміжок часу t з моменту першочергового виявлення об'єкта спостереження, що має швидкість V_0 , відійде від точки O на відстань $V_0 \cdot t$. Припустимо, що НЗФ при цьому опиниться у випадковій точці A на відстані R від нашої РПГ (див. рис. 6).

Тоді значення поточної відстані R до об'єкта спостереження буде пов'язане з початковою відстанню R_0 за допомогою виразу

$$R_0^2 = R^2 + V_0^2 \cdot t^2 - 2R \cdot V_0 \cdot t \cdot \cos(\varphi). \quad (5)$$

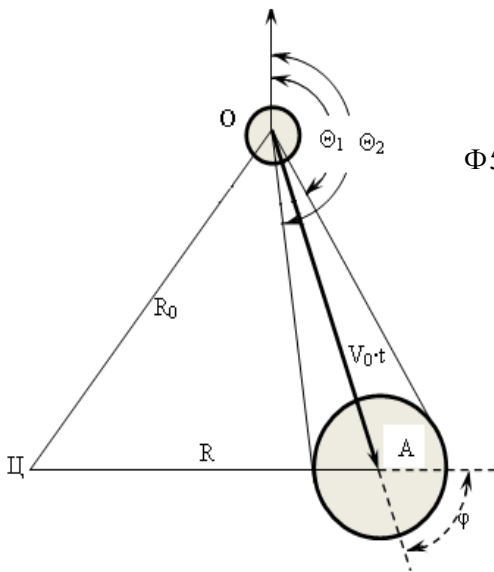


Рис. 6. Щодо обґрунтування розподілу ймовірнісних місць знаходження НЗФ після

Розглянемо випадок, коли напрямок руху НЗФ у нову точку А відносно точки Ц (місця спостереження РПГ) складає з попереднім напрямком до точки О [помилка у визначенні місця знаходження об'єкта спостереження в якій відповідає виразу (4)] деякий кут у межах між φ і $\varphi+d\varphi$. При цьому НЗФ через деякий час буде знаходитися поблизу точки А в межах малої площини dA .

Щільність імовірності події “НЗФ знаходиться в межах площини dA ” є добутком щільності ймовірностей двох незалежних подій.

1. НЗФ має напрямок руху, який складає з напрямком ЦА (див. рис. 6) кут у межах між φ і $\varphi+d\varphi$. Щільність імовірності цього випадку дорівнюватиме $d\varphi/2\pi$, якщо зумовити, що можливі напрямки руху НЗФ рівномірно розподілені у межах 2π радіан.

2. НЗФ у момент першочергового виявлення знаходилося у точці О на відстані R_0 . Щільність імовірності цього випадку відповідає виразу (4).

Отже, щільність імовірності події “НЗФ знаходиться в межах площини dA ” з урахуванням виразів (4) і (5) дорівнюватиме

$$\frac{d\varphi}{2\pi} \cdot \Phi 4 \left(\sqrt{R^2 + V_0^2 \cdot t^2 - 2 \cdot R \cdot V_0 \cdot t \cdot \cos(\varphi)} \right) \cdot (6)$$

Щоб отримати закон розподілу щільності ймовірності того, що НЗФ через час t буде знаходитися на відстані R від РПГ ($\Phi 5(R,t)$),

потрібно інтегрувати вираз (6) за всіма можливими значеннями кута φ від 0 до 2π :

$$\Phi 5(R,t) = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_0^{2\pi} \Phi 4 \left(\sqrt{R^2 + V_0^2 \cdot t^2 - 2 \cdot R \cdot V_0 \cdot t \cdot \cos(\varphi)} \right) \cdot d\varphi. (7)$$

Аналітичний вираз закону розподілу щільності ймовірності зміниться, якщо вважати, що напрямок руху НЗФ рівномірно розподілений у межах деякого сектора, кутові кордони якого (θ_1 і θ_2) можуть бути визначені за допомогою математичного апарату аналізу інформаційних ознак, що наведений у статті [7]. Аналітичний запис закону розподілу щільності ймовірності набуває вигляду

$$\Phi 6(R,t) = \frac{1}{(\theta_2 - \theta_1)} \cdot \int_{\theta_1}^{\theta_2} \Phi 4 \left(\sqrt{R^2 + V_0^2 \cdot t^2 - 2 \cdot R \cdot V_0 \cdot t \cdot \cos(\varphi)} \right) \cdot d\varphi. (8)$$

Крім можливого напрямку руху НЗФ потрібно також урахувати ймовірнісний характер його швидкості, яка для нашого випадку нехай підпорядковується закону Релея. Відомо, що закон Релея описує розподіл випадкового вектора, проєкції якого на координатні осі підпорядковуються нормальному закону. Для випадкових величин, розподілених за законом Релея, математичне сподівання (m_V) та дисперсія (D_V) залежать лише від одного параметра σ_V (середнього квадратичного відхилення) і не можуть змінюватися незалежно один від одного.

Таким чином, можна вважати, що помилка у визначенні вектора швидкості руху НЗФ є випадковою величиною, яка підпорядковується нормальному круговому закону. Наведемо функцію $\Phi V(V_0, \sigma_V)$ щільності розподілу випадкової величини вектора (\vec{V}_0) швидкості руху НЗФ (9) та її графік (див. рис. 7):

$$\Phi V(V_0, \sigma_V) = \frac{V_0}{\sigma_V^2} \cdot \ell \frac{-\left(\frac{V_0^2}{\sigma_V^2}\right)}{2 \cdot \sigma_V^2}, (9)$$

де σ_V – середня квадратична помилка у визначенні вектора швидкості руху НЗФ.

За допомогою наступного виразу знаходимо значення математичного сподівання випадкової величини вектора швидкості руху НЗФ:

$$m_V = \int_0^{2\pi} \frac{V_0^2}{\sigma_V^2} \cdot \ell \frac{-\left(\frac{V_0^2}{\sigma_V^2}\right)}{2 \cdot \sigma_V^2} \cdot dV_0. (10)$$

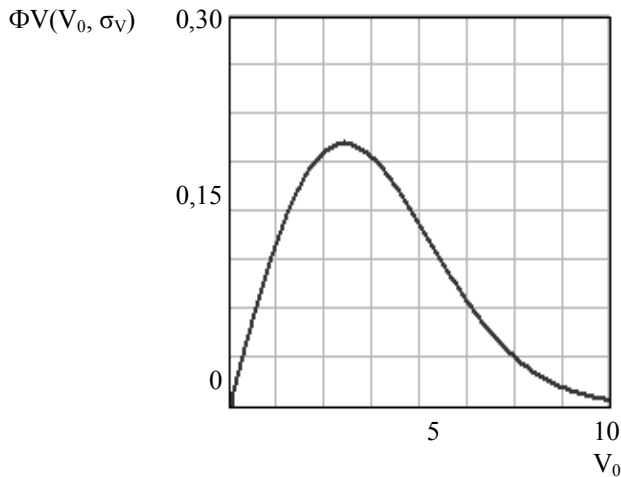


Рис. 7. Графічне зображення функції $\Phi V(V_0, \sigma_v)$ щільності розподілу випадкової величини вектора швидкості руху НЗФ

Отримане значення математичного сподівання підставимо у вираз (8):

$$\Phi 7(R, t, m_v, \theta_1, \theta_2) = \frac{1}{(\theta_2 - \theta_1)} \cdot \int_{\theta_1}^{\theta_2} \Phi 4(\sqrt{R^2 + m_v^2 \cdot t^2 - 2 \cdot R \cdot m_v \cdot t \cdot \cos(\varphi)}) \cdot d\varphi. \quad (11)$$

Вираз (11) описує щільність розподілу ймовірнісних місць знаходження НЗФ на відстані (R) через деякий час (t), що минув з моменту встановлення попереднього контакту з об'єктом пошуку з урахуванням прогнозу подальшого напрямку (θ_1 і θ_2 визначаються у радіанах) руху об'єкта та його середньої швидкості (m_v).

Результати значень функцій щільності розподілу ймовірнісних місць знаходження НЗФ у вигляді графіків для наведених значень аргументів (R, t, m_v , θ_2 , θ_1) функції $\Phi 7$ подано на рис. 8.

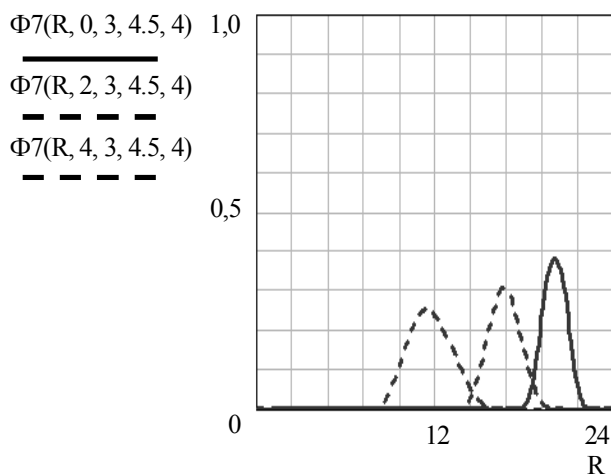


Рис. 8. Графічне зображення функцій щільності розподілу ймовірнісних місць знаходження НЗФ

На цьому рисунку пунктирними лініями зазначені місця розташування НЗФ відповідно через 2 та 4 години руху з моменту встановлення попереднього контакту з об'єктом пошуку (суцільна лінія).

За допомогою функцій щільності ймовірностей розподілу можливих місць знаходження НЗФ можна визначити такі характеристики району пошуку (ізоляції).

1. Положення центра $m_1(D)$ району пошуку НЗФ через деякий час t з моменту встановлення попереднього контакту:

$$m_1(D) = \int_0^D R \cdot \Phi 7(R, t, m_v, \theta_1, \theta_2) \cdot dR, \quad (12)$$

де D – значення відстані, у межах якої визначена функція сплайнової інтерполяції $\Phi 4$ для оцінювання показника щільності розподілу дальності зустрічі-виявлення НЗФ.

2. Розміри району L(D) пошуку (ізоляції) НЗФ через деякий час t з моменту встановлення попереднього контакту:

$$L(D) = \int_0^D (R - m_1(D))^2 \cdot \Phi 7(R, t, m_v, \theta_1, \theta_2) \cdot dR. \quad (13)$$

З наведеного матеріалу можна зробити такі висновки.

1. Організація розвідки на дальньому рубежі від об'єкта охорони відповідно до умов виразу (1) дає змогу за допомогою наведеного математичного апарату визначити район розподілу ймовірнісних місць знаходження незаконного збройного формування, що висувається в район (до об'єкта) вчинення терористичного акту.

2. За допомогою аналітичних виразів (12) і (13) можна визначити такі характеристики району знаходження НЗФ: положення центра $m_1(D)$ та розміри району L(D) пошуку (ізоляції) НЗФ через деякий час t з моменту встановлення попереднього з ним контакту.

3. За допомогою аналітичного виразу (11) командир (штаб) має можливість визначити ймовірність місця знаходження НЗФ у межах району (13) пошуку (блокування).

4. З використанням наведеного математичного апарату можливо розв'язувати обернену задачу, яка стосується визначення вимог до ТТХ систем спостереження та

організації патрулювання на дальньому рубежі виявлення (спостереження).

Список використаних джерел

1. Колесніков В. О. Розвиток поглядів на підготовку та проведення спеціальних операцій у збройних конфліктах / В. О. Колесніков, А. М. Кривошеєв. – Суми : Мрія, 2004. – 280 с.

2. “Почему нас одолели дикие моджахеды?” Аналитический обзор по вопросам снабжения НЗФ Чечни / Агентство федеральных расследований России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.flb.ru>.

3. Эволюция форм и способов ведения боевых действия. Исследование опыта ведения боевых действий 40-й А в Афганистане [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://army.lv/ru/Evolyutsiya-form-i-sposobov-vedeniya-boevih-deystviy>.

4. Бірюков І. Ю. Визначення кордонів району блокування, в якому можлива зустріч розвідувально-пошукової групи з НЗФ противника / І. Ю. Бірюков, В. В. Обрядін, В. Ю. Панченко // Честь і закон. – 2010. – № 2. – С. 31–36.

5. Довбня В. В. Оцінка можливостей підрозділів спеціального призначення щодо проведення пошуку / В. В. Довбня, В. М. Бацамут // Честь і закон. – 2005. – № 4. – С. 11–16.

6. Абчук В. А. Поиск объектов / В. А. Абчук, В. Г. Суздаль. – М. : Сов. радио, 1977. – 336 с.

7. Городнов В. П. Модель визначення ймовірних маршрутів руху порушників кордону поза пунктами пропуску через державний кордон / В. П. Городнов, В. А. Кириленко, Р. Г. Коротаєв // Збірник наукових праць НАДПС. – 2008. – № 47/1. – Ч. 2. – С. 35–41.

8. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М. : Высш. шк., 2007. – 479 с.

9. Кудрявцев Е. М. МATHCAD 2000. Символьное и численное решение разнообразных задач / Е. М. Кудрявцев. – М. : ДМК Пресс, 2001. – 576 с.

Стаття надійшла до редакції 19.02.2011 р.