

УДК 623.4.025

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2019.3\(23\).40-45](https://doi.org/1034169/2414-0651.2019.3(23).40-45)**В. С. МОЧЕРАД**, кандидат технічних наук<https://orcid.org/0000-0001-7408-7661>**М. В. ДУБНО**, начальник науково-дослідної лабораторії<https://orcid.org/0000-0002-3192-0382>**В. В. КОЛЕСНИК**, старший науковий співробітник<https://orcid.org/0000-0001-5257-3124>**В. П. ЗАДОРЖНИЙ**, науковий співробітник<https://orcid.org/0000-0002-1134-3928>

(Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів)

Визначення пріоритетності цілі для її ураження за критерієм максимуму видимої поверхні

В статті представлено удосконалений метод визначення пріоритетності цілі для її ураження за критерієм максимуму видимої поверхні, який ґрунтується на правилі вибору цілі екіпажем танка і розробленому способі визначення площі видимої поверхні цілі та дозволяє автоматизувати процес вибору цілі для ураження в залежності від кутів спостереження та орієнтації цілі в просторі, її типу та напрямку руху. Тобто в такий спосіб враховані топографічні умови стрільби. Новизна розробленого методу полягає в можливості автоматизації процесу визначення видимої площі цілі, шляхом заміни складної геометричної форми будь-якої цілі еліпсоїдом та визначення площі еліпса, утвореного центральним перерізом площиною еліпсоїда.

Ключові слова: вибір цілі на ураження, видима поверхня цілі, топографічні умови стрільби з танка.

В статье представлен усовершенствованный метод определения приоритетности цели для ее поражения по критерию максимума видимой поверхности, основанный на правиле выбора цели экипажем танка и разработанном способе определения площади видимой поверхности цели и позволяет автоматизировать процесс выбора цели для поражения в зависимости от углов наблюдения и ориентации цели в пространстве, ее типа и направления движения. Таким образом учтены топографические условия стрельбы. Новизна разработанного метода заключается в возможности автоматизации процесса определения видимой площади цели, путем замены сложной формы любой цели эллипсоидом и определения площади эллипса, образованного центральным сечением плоскостью эллипсоида.

Ключевые слова: выбор цели на поражение, видимая поверхность цели, топографические условия стрельбы из танка.

ВСТУП

Одним із напрямів підвищення ефективності сучасних танків є скорочення часу вирішення вогневої задачі та підвищення ефективності обстрілу цілей, не погіршуючи системні властивості танка. Поряд з тим, актуальною залишається вимога зменшення психологічного навантаження на членів екіпажа танка при одночасному збільшенні ефективності ураження групи цілей [1]. Виконання цієї вимоги обумовлює необхідність проведення автоматизації усіх функцій, які виконує екіпаж танка. Зокрема, до таких функцій відноситься вибір цілі для ураження.

Аналіз публікацій з даної тематики показав [1, 2], що запропонована процедура раціонального вибору цілі для її ураження за критерієм ступеня небезпечності цілі та максимуму вогневої продуктивності комплексу танкового озброєння при стрільбі по типових цілях не в повній мірі враховує дані про цільову тактичну ситуацію та стан цілей і потребує подальшого удосконалення та розвитку. Зокрема, раціональний вибір пропонується проводити на основі автоматизованого ранжирування виявлених цілей. В якості критеріїв ранжирування виступають попередньо проведені оцінки виявлених цілей за ступенем небезпеки, уразливості та часу ураження, при цьому дальність до цілі враховується усіма показниками оцінки. В цілому такий підхід відповідає правилу вибору цілі екіпажем танка, але, виходячи з обмежень і припущень, які були прийняті у згаданому дослідженні, існує неоднозначність вибору цілі, коли приблизно на однаковій відстані виявлені однотипні цілі. Зазначену неоднозначність можна розв'язати, якщо будуть враховані топографічні та тактичні умови стрільби. Відомо [3], оптимальним моментом для проведення пострілу вважається той, при якому видима площа цілі, яка уражається, є найбільшою (ціль повернута боком, знаходиться на схилі або рухається по схилу, зверненому до танка, який стріляє).

Питанню визначення тактичних умов стрільби з танка присвячено ряд наукових праць [4, 5], в яких встановлено, що: перспективною навігаційною системою для танкових та механізованих підрозділів повинна бути комплексна навігаційна система з візуалізацією тактичної обстановки на фоні електронної карти з використанням геоінформаційних технологій; комплектувана система навігації на базі інерційних систем навігації забезпечує вимоги з точності та безперервності отримання навігаційної інформації; для забезпечення зовнішнього цілевказання бойові машини механізованих (танкових) підрозділів повинні бути оснащені навігаційними комплексами, що безперервно визначають координати бойових машин із точністю не більше 20 м, дирекційний кут із точністю до 5 п.к. та відстань до цілі не більше 10 м (при цьому забезпечується визначення кута довороту гармати на ціль з підлеглої машини з точністю 12 п.к., що забезпечує швидкий допошук цілі та її ураження).

Сучасні досягнення геоінформатики дозволяють визначати нахили цілі відносно спостерігача по відомим координатам, з точністю, яка залежить від точності матриці висот. Використання, наприклад,

триангуляційних моделей географічних об'єктів (модель TIN – Triangulation Irregular Network) [6, 7], дозволяє із необхідною точністю визначити висоту і повздовжній та поперечний нахил платформи (цілі). Модель TIN має ефективні засоби відображення поверхні за допомогою експозиції схилів, крутості і затінювання граней, діапазонів висот для поверхні.

Отже, сучасний стан розвитку навігаційних та геоінформаційних систем дозволяє із необхідною точністю визначати необхідні параметри об'єктів на шляху вирішення завдань, пов'язаних з автоматизацією процесів раціонального вибору цілей, цілерозподілу.

Метою статті є вирішення завдання за рішенням неоднозначності під час вибору цілі для її ураження серед виявлених однотипних та рівновіддалених цілей відомим методом, шляхом введення додаткового критерію визначення пріоритетності цілі за критерієм максимуму видимої поверхні цілі.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Топографічні умови є одними з головних чинників, що впливають на процес вибору цілі та точність стрільби з танка. Більш детально вплив топографічних умов на точність стрільби розглянуто в роботах [3, 8] і такий вплив враховується інформаційно-керуючою системою управління вогнем танка шляхом визначення трьох поправок: поправка дальності (висоти) на боковий крен; поправка висоти стрільби на вертикальне переміщення цілі (танка); перевищення танка і цілі. Із зазначених показників лише поправка дальності (висоти) на боковий крен враховується автоматично при стрільбі з гармати, решта не автоматизовані. Значення величин поправок висоти стрільби на вертикальне переміщення цілі по схилах різної крутості і різних швидкостях руху танка – відомі, а отже піддаються автоматизації. Визначення перевищення танка і цілі пов'язане з визначеннями координат, напрямку і швидкості цілі і танка. Зазначені параметри відносяться до тактичних умов стрільби: характер цілі (тип, розміри, напрямок і швидкість руху) і дальність до цілі; напрямок і швидкість руху свого танка.

Тактичні умови частково враховані при визначенні раціональної послідовності обстрілу цілей комплексом танкового озброєння, через відповідну матрицю виявлених цілей [9]:

$$C(t_n) = \begin{pmatrix} C_1(T_1, d_1, |V_1|, t_{вияв_1}) \\ C_2(T_2, d_2, |V_2|, t_{вияв_2}) \\ \dots \\ C_k(T_k, d_k, |V_k|, t_{вияв_k}) \end{pmatrix},$$

де $C(t_n)$ – матриця виявлених цілей на момент часу t_n ;

$C_k(T_k, d_k, |V_k|, t_{вияв_k})$ – виявлена k ціль з параметрами, які її характеризують в часі та просторі; T – тип цілі; d – дальність до цілі в момент часу її виявлення; $|V|$ – швидкість та напрямок руху цілі в момент часу її виявлення; $t_{вияв}$ – момент часу виявлення.

З метою врахування топографічних умов пропонується доповнити параметри виявлених цілей – видимою площею S_k в момент часу виявлення, тоді виявлена k

ціль буде мати наступні параметри, які характеризують її в часі та просторі:

$$C_k(T_k, d_k, |V_k|, t_{вияв_k}, S_k).$$

Значення видимої площі цілі S_k залежить від типу цілі (ТАНК, БМП, БТР, САУ, автомобіль та інші), її повздовжнього і поперечного нахилу на місцевості та кутів спостереження. Дослідження 3D моделей наземних та рухомих цілей під різними кутами спостереження та виміри площі видимої поверхні за допомогою інструменту AutoCAD показали, що кожна з типових цілей для танка володіє певними характерними ознаками, які суттєво впливають на процес визначення видимої площі і у свою чергу є слабо структурованими на шляху до алгоритмізації процесу. Поряд з тим, аналіз отриманих залежностей доводить існування закономірностей у пропорційних значеннях видимих площ в залежності від кутів спостереження (рис. 1). Очевидно, такі закономірності властиві усім типовим цілям для танка з огляду на їх симетричну будову у різних площинах спостереження.

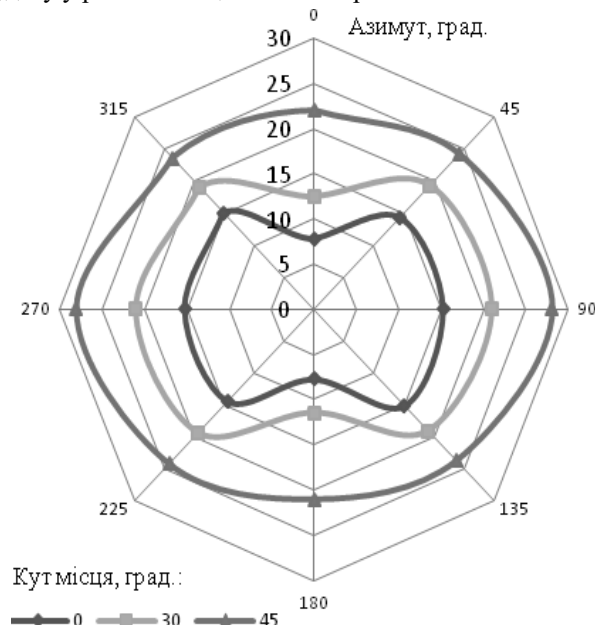


Рис.1. Значення видимої площі S_k на прикладі танка M1A2 Abrams в залежності від кутів спостереження.

Результати проведеного аналізу актуалізують необхідність пошуку способу визначення видимих площ типових цілей в залежності від їх просторової орієнтації та кутів спостереження з урахуванням складної геометричної фігурності.

В даному випадку запропоновано для кожного типу цілі підібрати свої параметри відомої просторової фігури (рис. 2), яку в подальшому можна досліджувати на предмет визначення видимої площі від кутів спостереження.

Найбільшим ступенем подібності по відношенню до реальної складної геометричної форми цілей, серед інших можливих відомих варіантів просторових кривих, характеризується тривісний еліпсоїд. Таким чином, для кожного типу рухомих, наземних цілей можна підібрати

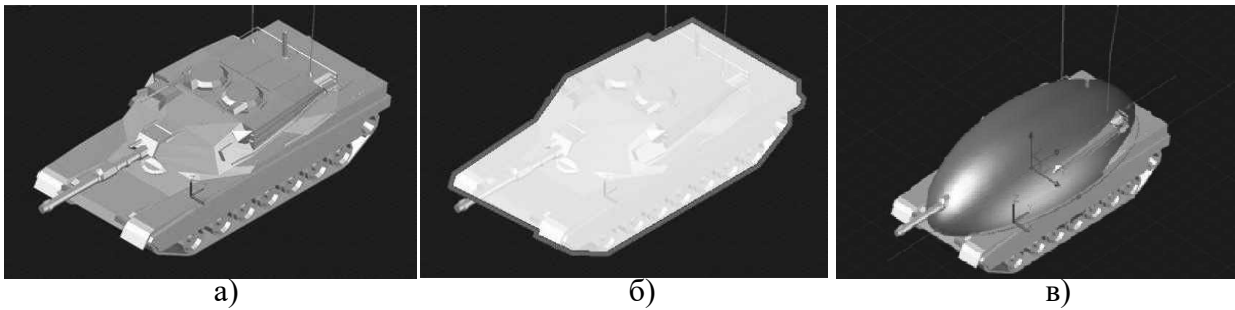


Рис. 2. Визначення площі видимої поверхні за допомогою інструменту AutoCAD на прикладі танка M1A2 Abrams: а – 3D модель танка під кутами спостереження по азимуту та куту місця 45°; б – визначення видимої площі поверхні 3D моделі танка; в – підбір параметрів тривісного еліпсоїда

свої параметри трьохосного еліпсоїда, які дозволяють максимально наближено визначити видиму площу цілі в залежності від кутів спостереження. Площа такої поверхні дорівнює площі еліпса, тобто просторовій кривій, яка утворюється внаслідок центрального перерізу тривісного еліпсоїда площиною (рис. 2).

Площа еліпса напряму залежить від кутів спостереження та орієнтації еліпсоїда в просторі. Як відомо, для визначення площі еліпса необхідно знайти велику і малу піввісі.

Визначення великої та малої піввісей еліпса, отриманого внаслідок центрального перерізу еліпсоїда площиною Q. Нехай початок координат знаходиться у точці O (0,0,0) прямокутної декартової системи координат, а центр еліпсоїда – у точці E (x_e, y_e, z_e); піввісі еліпсоїда a, b, c . Через центр еліпсоїда перпендикулярно до вектора $\vec{OE} = \vec{r}_e = (x_e, y_e, z_e)$ проведемо площину і знайдемо криву її перетину з еліпсоїдом (рис. 3).

Нехай орієнтація еліпсоїда у просторі задана орієнтацією його головних осей:

напрямні косинуси вектора EA є (t_{11}, t_{21}, t_{31}) $\equiv v_a$; напрямні косинуси вектора EB є (t_{12}, t_{22}, t_{32}) $\equiv v_b$; напрямні косинуси вектора EC є (t_{13}, t_{23}, t_{33}) $\equiv v_c$. Серед усіх 9-и компонент t_{ij} лише три незалежні, оскільки довжина кожного v_j рівна одиниці і ці вектори взаємно перпендикулярні.

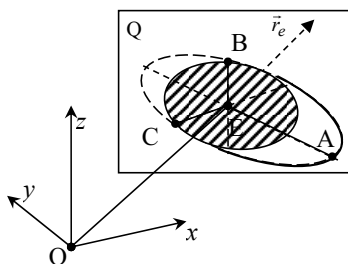


Рис. 3. Просторова орієнтація вектору \vec{r}_e

Перейдемо до системи координат, пов'язаної із еліпсом. Координати точки (x, y, z) у новій системі координат позначимо $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$. Старі та нові координати пов'язані співвідношеннями [9, с. 77]:

$$\begin{aligned}\bar{x} &= t_{11}(x - x_e) + t_{21}(y - y_e) + t_{31}(z - z_e), \\ \bar{y} &= t_{12}(x - x_e) + t_{22}(y - y_e) + t_{32}(z - z_e), \\ \bar{z} &= t_{13}(x - x_e) + t_{23}(y - y_e) + t_{33}(z - z_e).\end{aligned}$$

У новій системі координат рівняння еліпсоїда є таким:

$$\frac{\bar{x}^2}{a^2} + \frac{\bar{y}^2}{b^2} + \frac{\bar{z}^2}{c^2} = 1, \quad (1)$$

координати точки E є (0,0,0), а точка O має координати:

$$\begin{aligned}-(t_{11}x_e + t_{21}y_e + t_{31}z_e, t_{12}x_e + t_{22}y_e + \\ + t_{32}z_e, t_{13}x_e + t_{23}y_e + t_{33}z_e) \equiv \\ \equiv -(v_a \cdot r_e, v_b \cdot r_e, v_c \cdot r_e) \equiv -(\alpha, \beta, \gamma).\end{aligned} \quad (2)$$

Рівняння площини, перпендикулярної до вектора (2), має вигляд:

$$\begin{aligned}v_a \cdot r_e \bar{x} + v_b \cdot r_e \bar{y} + v_c \cdot r_e \bar{z} \equiv \\ \equiv \alpha \bar{x} + \beta \bar{y} + \gamma \bar{z} = 0.\end{aligned} \quad (3)$$

Просторова крива, що є перетином поверхонь (1) та (3), є такою:

$$\begin{cases} \frac{\bar{x}^2}{a^2} + \frac{\bar{y}^2}{b^2} + \frac{\bar{z}^2}{c^2} = 1; \\ \alpha \bar{x} + \beta \bar{y} + \gamma \bar{z} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Для отримання її рівняння у площині виконаємо наступні перетворення. Шляхом належного повороту навколо осі O_x вилучимо одну із координат:

$$\begin{cases} \bar{x} = x_1; \\ \bar{y} = y_1 \cos \varphi - z_1 \sin \varphi; \\ \bar{z} = y_1 \sin \varphi + z_1 \cos \varphi. \end{cases} \quad (5)$$

Після підстановки (5) у рівняння (4) маємо:

$$\begin{aligned}\alpha x_1 + \beta(y_1 \cos \varphi - z_1 \sin \varphi) + \gamma(y_1 \sin \varphi + z_1 \cos \varphi) = \\ = \alpha x_1 + y_1(\beta \cos \varphi + \gamma \sin \varphi) + z_1(-\beta \sin \varphi + \gamma \cos \varphi) = \\ = \alpha x_1 + y_1(\beta \cos \varphi + \gamma \sin \varphi) = 0,\end{aligned}$$

якщо

$$\varphi = \arctg\left(\frac{\gamma}{\beta}\right), \quad (6)$$

тоді рівняння площини має вигляд:

$$\alpha x_1 + y_1 \sqrt{\beta^2 + \gamma^2} = 0. \quad (7)$$

Далі, здійснивши поворот навколо осі O_z , отримаємо:

$$\begin{cases} x_1 = x_2 \cos \psi - y_2 \sin \psi; \\ y_1 = x_2 \sin \psi + y_2 \cos \psi; \\ z_1 = z_2. \end{cases} \quad (8)$$

Підставивши (8) у (7), отримаємо:

$$\begin{aligned} & \alpha(x_2 \cos \psi - y_2 \sin \psi) + (x_2 \sin \psi + y_2 \cos \psi) \sqrt{\beta^2 + \gamma^2} = \\ & = x_2(\alpha \cos \psi + \sqrt{\beta^2 + \gamma^2} \sin \psi) + y_2(-\alpha \sin \psi + \\ & + \sqrt{\beta^2 + \gamma^2} \cos \psi) = x_2(\alpha \cos \psi + \sqrt{\beta^2 + \gamma^2} \sin \psi) = 0, \end{aligned}$$

якщо

$$\psi = \arctg \left(\frac{\sqrt{\beta^2 + \gamma^2}}{\alpha} \right). \quad (9)$$

Таким чином, заміни (5) і (8), із параметрами (6) та (9), приведуть систему координат до такої, у якій рівняння площини перерізу є $x_2 = 0$. Підставивши (8) у (5), а (5) у перше рівняння (4) і врахувавши $x_2 = 0$, маємо:

$$a_{11}y_2^2 + 2a_{12}y_2z_2 + a_{22}z_2^2 + a_{33} = 0,$$

де

$$a_{11} = \frac{\sin^2 \psi}{a^2} + \frac{\cos^2 \varphi \cos^2 \psi}{b^2} + \frac{\sin^2 \varphi \cos^2 \psi}{c^2},$$

$$a_{12} = \left(\frac{1}{c^2} - \frac{1}{b^2} \right) \sin \varphi \cos \varphi \cos \psi,$$

$$a_{22} = \frac{\sin^2 \varphi}{b^2} + \frac{\cos^2 \varphi}{c^2},$$

$$a_{33} = -1.$$

Згідно [9, с. 62] піввісі \bar{a}, \bar{b} отриманого еліпса можуть бути виражені через його інваріанти за формулами:

$$\bar{a}^2 = -\frac{1}{\lambda_2} \frac{A}{D}, \quad \bar{b}^2 = -\frac{1}{\lambda_1} \frac{A}{D},$$

де $\lambda_1 \geq \lambda_2$ – корені характеристичного рівняння $\lambda^2 - I\lambda + D = 0$,

$$I = a_{11} + a_{22}, \quad D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{12} & a_{22} \end{vmatrix}, \quad A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{12} & a_{22} & a_{23} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{vmatrix}.$$

Оскільки у нас $a_{13} = a_{23} = 0$ і $a_{33} = -1$, і $D = -A$, тоді піввісі \bar{a} і \bar{b} мають вигляд:

$$\begin{aligned} \bar{a}^2 &= \frac{1}{\lambda_2} = \frac{2}{I - \sqrt{I^2 - 4D}}, \\ \bar{b}^2 &= \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2}{I + \sqrt{I^2 - 4D}}. \end{aligned} \quad (10)$$

Отримані залежності (10) дозволяють алгоритмізувати процес визначення видимої поверхні цілі шляхом визначення площі еліпса центрального перерізу

еліпсоїда в залежності від просторової орієнтації еліпсоїда (цілі) по відношенню до спостерігача.

Такий підхід удосконалює відомий метод визначення раціональної послідовності обстрілу цілей при вирішенні вогневих задач екіпажем танка, шляхом урахування топографічних умов стрільби через коефіцієнт фігурності цілі K_m . В загальному випадку, коефіцієнт фігурності цілі – це відношення площі цілі до описаного навколо неї площі прямокутника [3]. Але враховуючи вище викладене та беручи до уваги відому методологію визначення коефіцієнта фігурності цілі [3, 8] з метою підвищення точності розрахунків ймовірності влучення в ціль $P_{вл}$ буде цілком прийнятним рахувати, що коефіцієнт фігурності цілі K_m – це відношення площі цілі до площі вписаного навколо неї еліпса.

Значення коефіцієнта буде змінюватись від зміни умов спостереження (повздожний і поперечний нахил цілі, кути спостереження) за ціллю в часі:

$$P_{вл}(t) = K_m(t)P_yP_z,$$

де K_m – коефіцієнт, що враховує відмінність форми цілі від еліпса і неспівпадіння центру розсіювання снарядів з центром цілі;

P_y, P_z – ймовірність влучення у вертикальну і горизонтальну смуги, що дорівнює висоті (ширині) приведеної цілі, яка визначається по таблицях нормальної функції розподілу.

Отже, знайдено прямий зв'язок між зміною у часі видимої поверхні цілі і ймовірності влучення в ціль.

ВИСНОВКИ

Удосконалено метод визначення пріоритетності цілі для її ураження шляхом введення критерію максимуму видимої поверхні, який ґрунтується на правилі вибору цілі екіпажем танка і розробленому способі визначення площі видимої поверхні цілі та дозволяє автоматизувати процес вибору цілі для ураження в залежності від кутів спостереження та орієнтації цілі в просторі, її типу та напрямку руху.

Новизна удосконалення методу полягає в можливості автоматизації процесу визначення видимої площі цілі, шляхом заміни складної геометричної форми будь-якої цілі еліпсоїдом та визначення площі еліпса, утвореного центральним перерізом площиною еліпсоїда.

Розроблений підхід дозволяє розв'язати неоднозначність вибору цілі для ураження серед однотипних цілей, які виявлені приблизно на одній відстані, а також дозволяє удосконалити відомі алгоритми цілерозподілу у танковому підрозділі шляхом урахування додаткового критерію, який характеризує видиму площу цілі.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Васьківський М. І., Ткаченко В. А. Автоматизація підготовки пострілу на основі даних про тактичну ситуацію. Зб. наукових пр. Центру воєнно-стратегічних досліджень нац. ун-ту оборони України. Вип. 3(44). Київ: НУОУ, 2011. С. 85–94.

2. Мочерад В. С. Ранжирування виявлених цілей інформаційно-керуючою системою управління вогнем танка. Зб. наукових пр. ЦНДІ ОБТ ЗС України, 2013. №1(56). С. 72-88.
3. Правила стрільби з танків. Управління бойової підготовки Командування Сухопутних військ Збройних Сил України. Київ: в-во МО України, 2008. 112 с.
4. Корольов В. М., Руденко К. В., Корольова О. В. Оцінка похибок визначення координат і вектора швидкості цілі з рухомого об'єкта. Гіротехнології, навігація, управління рухом та конструювання космічної техніки: зб. наукових доповідей VII-ої Міжнар. конф. Т1. Київ: НТУУ «Київський політехнічний інститут», 2009. С. 210-215.
5. Корольов В. М., Руденко К. В., Корольова О. В. Математична модель оцінки похибок зовнішнього цілевказування при використанні додаткового вимірювання відстані. Системи озброєння і військова техніка, 2009. № 2(18). С. 88-91.
6. Зейлер М. Моделирование нашего мира: Руководство ESRI по проектированию базы геоданных; пер. с англ. М.: СП ООО Дата+, 2004. 254 с.
7. Шипулін В. Д. Посіб. з навчання роботі з кадастрово-реєстраційною системою. Київ: Географіка, 2011. 439 с.
8. Танки (основы теории, конструкции и боевой эффективности): учеб. Кн. 1; науч. ред. О. А. Лосик и др. – М.: ВА БТВ, 1983. 568 с.
9. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М., 1968. 720 с.
10. Mocherad V. S. "Ranking of identified targets by the information-control system for controlling the fire of a tank", *Col. of scientific works of the Central Scientific-Research Inst. of Internal Affairs of the Armed Forces of Ukraine*, No. 1 (56). pp. 72-88.
11. "Pravyla stril'by z tankiv" [Rules of firing from tanks], The Combined Training Command of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine. (2008), Publ. house of the Ministry of Defense of Ukraine, K., 112 p.
12. Korolev, V. M., Rudenko, K. V. and Koroleva, O. V. (2009), "Otsinka pokhybok vyznachennya koordynat i vektora shvydkosti tsili z rukhomoho ob'yekta" [Estimation of errors of determination of coordinates and velocity vector of a target from a moving object], *Coll. sciences add VII International conf. "Gyro technology, navigation, traffic control and space technology design"*. V.1, NTUU "Kyiv Polytechnic Inst.", pp. 210-215.
13. Korolev, V. M., Rudenko, K. V. and Korolev, O. V. (2009), "Matematychna model' otsinky pokhybok zovnishn'oho tsilevkazuvannya pry vykorystanni dodatkovoho vymiryuvannya vidstani" [Mathematical model of estimation of external estimation errors with the use of additional distance measurement], *Systems of armament and military equipment*, No. 2 (18), pp. 88-91.
14. Zeiler, M. (2004), "Modelirovaniye nashego mira: Rukovodstvo ESRI po proyektirovaniyu bazy geodannykh" [Modeling our world: ESRI's Guide to Designing a Geodatabase], JV Ltd. Date+, M., 254 p.
15. Shipulin, V. D. (2011), "Posibnyk z navchannya roboti z kadaastrovo-reyestratsiynoyu systemoyu" [Training manual on work with the cadastral registration system], Heohrafika, K., 439 p.
16. Scientific ed. Losik, O., etc. (1983), "Tanki (osnovy teorii, konstruksii i boyevoy effektivnosti): ucheb. Kn. 1" [Tanks (the basics of theory, structure and combat effectiveness): a textbook. B.1], Military Acad. of Armored Troops, M., 568 p.
17. Korn, G. and Korn, T. (1968), "Spravochnik po matematike dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov" [Handbook of Mathematics for Researchers and Engineers], Nauka, M., 720 p.

Відомості про авторів:

Мочерад Володимир Степанович

кандидат технічних наук
науковий співробітник науково-дослідного відділу (модельовання бойових дій) Наукового центру Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7408-7661>
e-mail: mocherad@ukr.net

Дубно Михайло Володимирович

начальник науково-дослідної лабораторії факультету бойового застосування військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3192-0382>
e-mail: mocherad@ukr.net

Колесник Владислав Олександрович

старший науковий співробітник
Наукового центру Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5257-3124>
e-mail: mocherad@ukr.net

Задорожний Володимир Павлович

науковий співробітник науково-дослідної лабораторії факультету бойового застосування військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1134-3928>
e-mail: mocherad@ukr.net

REFERENCES

1. Vaskivsky, M. I. and Tkachenko, V. A. (2011), "Avtomatyzatsiya pidhotovky postrilu na osnovi danykh pro taktychnu sytuatsiyu" [Automation of shot preparation based on tactical situation data], *Col. of scientific works of the Center for military-strategic researches of the Nat. Defense Univ. of Ukraine*, No. 3 (44), pp. 85 -94.
2. Mocherad, V. S. (2013), "Ranzhyruvannya vyvavlenykh tsiley informatsiyno-keruyuchoyu systemoyu upravlinnya vohnem tanka" [Ranking of identified targets by the information-control system for controlling the fire of a tank], *Col. of scientific works of the Central Scientific-Research Inst. of Internal Affairs of the Armed Forces of Ukraine*, No. 1 (56). pp. 72-88.
3. "Pravyla stril'by z tankiv" [Rules of firing from tanks], The Combined Training Command of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine. (2008), Publ. house of the Ministry of Defense of Ukraine, K., 112 p.
4. Korolev, V. M., Rudenko, K. V. and Koroleva, O. V. (2009), "Otsinka pokhybok vyznachennya koordynat i vektora shvydkosti tsili z rukhomoho ob'yekta" [Estimation of errors of determination of coordinates and velocity vector of a target from a moving object], *Coll. sciences add VII International conf. "Gyro technology, navigation, traffic control and space*

Information about the authors:**Volodymyr Mocherad**

Candidate of Technical Sciences
Research Associate of the Scientific Research Department
(Modeling of Combat Actions) of the Ground Forces Scientific
Center of the Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy,
Lviv, Ukraine, Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7408-7661>
e-mail: mocherad@ukr.net

Mykhailo Dubno

Chief of Research Laboratory of Combat Arms faculty of the
Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv,
Ukraine, Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3192-0382>
e-mail: mocherad@ukr.net

Vladyslav Kolesnyk

Senior Researcher Associate of the Scientific Research Department
(Modeling of Combat Actions) of the Ground Forces Scientific
Center of the Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy,
Lviv, Ukraine, Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5257-3124>
e-mail: mocherad@ukr.net

Volodymyr Zadorozhnyi

Research Associate of Research Laboratory of Combat Arms
faculty of the Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1134-3928>
e-mail: mocherad@ukr.net

Стаття надійшла до редколегії 17.07.2019 р.

Рецензент О. М. Купріненко, д-р техн. наук, с.н.с.

(Національна академія сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів)

Рецензент М. І. Васьківський, д-р техн. наук,
професор

(Центральний науково-дослідний інститут озброєння
та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)
<https://orcid.org/0000-0002-2430-8478>