

2. Бабаков И. М. Теория колебаний / И. М. Бабаков – М. : Наука, 1968. – 560 с.

3. Боголюбов Н. Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / Н. Н. Боголюбов, Ю. А. Митропольский. – М. : Наука, 1974. – 501 с.

4. Сокил Б.И. О построении асимптотических приближений для неавтономного волнового уравнения / Б.И. Сокил // Укр. мат. журн. – 1995. – № 12 (47). – С. 1714–1716.

5. Коул Дж. Методы возмущений в прикладной математике / Джулиан Коул; [пер. с англ. А.И. Державиной и В.Н. Диеперова, под ред. О.С. Рыжова]. – М. : Мир, 1972. – 276 с.

6. Найфе А. Х. Методы возмущений / А. Х. Найфе. – М. : Мир, 1976. – 456 с.

7. Митропольский Ю.А. Асимптотические решения уравнений в частных производных / Ю.А. Митропольский, Б.И. Мосеенков. – К. : Вища школа, 1976. – 589 с.

8. Сокил М.Б. Згинні коливання гнучких елементів систем приводів і структура розв'язку їх математичних моделей / М.Б. Сокил // Вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.1. – С. 144–147.

9. Chen L. Q. Analysis and control of transverse vibrations of axially moving strings / L. Q. Chen // Appl. Mech. Rev. – 2005. – Volume 58.2. – P. 91–116.

ИЗГИБНЫЕ НЕЛИНЕЙНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ОБОДА ВГМ И МЕТОДИКА ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Б.И. Сокил

Предложено методика исследования нелинейных изгибных колебаний гусеничного обода (ГО) военных гусеничных машин (ВГМ). Методика базируется на сочетании: волновой теории движения; принципа одночастотности колебаний в нелинейных системах; идей методов возмущений. В совокупности указанное позволяет получить двухпараметрическое множество решений, которые определяют влияние на динамический процесс ГО скорости продольного движения и его физико-механических характеристик.

Ключевые слова: гусеничный обод, изгибные колебания, волновые числа, амплитуда, частота.

FLEXURAL NONLINEAR VIBRATIONS OF CATERPILLAR RIM AND METHOD OF THEIR RESEARCH

B. Sokil

The method of research of nonlinear flexural vibrations of caterpillar rim (GO) of soldiery caterpillar machines is offered (VGM). A method is based on combination: to the wave theory of motion; principle of onechastotnosti vibrations in the nonlinear systems; ideas of methods of indignations. The in an aggregate indicated allows to get the two-parameter great number of decisions, which determine influence on the dynamic process of GO, rates of longitudinal movement and his fiziko-mechanical descriptions.

Key words: caterpillar rim, flexural vibrations, wave-numbers, amplitude, frequency.

УДК: 528.9

В.М. Тарасов¹, Ю.М. Бусяк², Ю.В. Мірошніченко², В.В. Яковенко³, О.В. Корольова³

¹ Національний університет оборони України, м. Київ

² ДП «ХКБМ» ім. Морозова, м. Харків

³ Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ПОХИБКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТИ ПРИ ЗОВНІШНЬОМУ ЦІЛЕВКАЗУВАННІ В АРТИЛЕРІЙСЬКОМУ ПІДРОЗДІЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛІТАЮЧОЇ ПЛАТФОРМИ

В роботі запропоновано алгоритм визначення висоти розташування цілі за допомогою літаючої платформи. Проведено аналіз похибок при її визначенні. Досліджено залежність похибок визначення висоти цілі від взаємного розташування пункту спостереження, платформи та цілі.

Ключові слова: висота, літаюча платформа, оцінка похибок.

Постановка проблеми

Артилерія сьогодні є основою вогневої могутності загальновійськових угруповань. Вогневе

ураження противника на великих відстанях набуває усе більшого значення в умовах сучасного бою. Для досягнення цих умов військовими фахівцями провідних країн світу розглядається використання

літаючої платформи в якості бокового пункту спостереження.

Це дає можливість визначати параметри цілі, що розташовані на достатньо великих відстанях від засобу вогневого ураження.

Актуальність теми. Досвід останніх збройних конфліктів показує, що обсяг вогневих завдань, які покладено на артилерію, зростає. Завдання, які покладаються на артилерію, – це ураження із закритих вогневих позицій тих цілей, які не спостерігаються.

Використання зовнішніх засобів розвідки і цілевказування, в тому числі із застосуванням повітряного базування, дозволяє найбільш повно реалізувати основні положення концепції «безконтактної війни», скоротити терміни виконання та розширити спектр вирішуваних завдань із залученням мінімально необхідної кількості сил і засобів, а також звести до мінімуму матеріальні витрати на проведення операцій. Розвідка і точне ураження цілі на великих відстанях дозволяють забезпечити безпеку особового складу, що бере участь в операціях. Однак це накладає вимоги до точності визначення параметрів цілі.

Аналіз складових процесу управління вогнем показує, що процеси цілевказування є основними під час постановки вогневих завдань, маневру вогнем і вогневої взаємодії. Можливість зовнішнього цілевказування значно підвищує ефективність дії підрозділів з вирішення вогневих задач та можливості взаємодії між підрозділами. Для успішного виконання вогневого завдання необхідно з високою точністю визначити розташування цілі. Тому визначення координат цілі з необхідною точністю є актуальним.

Зв'язок з важливими науковими і практичними задачами. Точність визначення параметрів цілі значно впливає на рівень ефективності ведення бою. Ще одним важливим фактором є точність визначення взаємного розташування вогневої позиції, командно-спостережного пункту та цілі. Застосування літаючої платформи (ЛП) для підвищення точності визначення параметрів цілі скорочує час на ураження противника, що дозволяє діяти в часі, наближеному до реального, та збільшити ефективність застосування зброї.

Аналіз досліджень і публікацій

В статтях [1, 2] розглянуто підходи щодо оцінки впливу похибок визначення координат і вектора швидкості переміщення цілі, визначення напрямку до рухомої цілі, які можна використовувати в механізованих підрозділах. В роботі [3] запропоновано алгоритм визначення параметрів цілі

із використанням літаючої платформи, проведено аналіз похибок при визначенні параметрів цілі (координат, дальності до цілі, дирекційного кута цілі), в роботі [4] досліджено залежність цих параметрів від взаємного розташування пункту спостереження, ЛП, засобу вогневого ураження та цілі. Але всі дослідження проведено без урахування висоти розташування пункту спостереження та цілі.

Формулювання мети статті

Оцінити величину похибки визначення висоти розташування об'єктів при зовнішньому цілевказуванні в артилерійському підрозділі, що здійснюється за допомогою ЛП.

Викладення основного матеріалу

Підготовка стрільби та управління вогнем полягає в організації та проведенні комплексу заходів, що здійснюються до початку бою та в ході бойових дій, з метою неперервної підтримки артилерійських підрозділів в стані постійної готовності до найбільш ефективного виконання вогневих задач. Основним змістом підготовки стрільби та управління вогнем є визначення установок для стрільби, що забезпечує найбільш ефективне ураження цілі, а також підготовка гармат, приладів та іншої техніки до стрільби та управління вогнем.

Визначення установок для стрільби включає вирішення (розв'язання) у тому числі геометричної задачі. Геометрична задача підготовки стрільби полягає у визначенні взаємного розташування вогневої позиції та цілі. Це зводиться до визначення наступних величин: топографічної дальності до цілі, топографічного дирекційного кута (довороту від основного напрямку) на ціль, перевищення цілі відносно вогневої позиції тощо [5].

Як розглядалось в [3], для визначення параметрів цілі (координат цілі, дирекційного кута та дальності до неї) встановлюється командно-спостережний пункт (КСП), оснащений системою навігації, що забезпечує його орієнтацію та визначення координат, від КСП виставляється боковий спостережний пункт, в якості якого пропонується використати ЛП. Координати ЛП визначено відносно КСП, координати цілі визначено відносно ЛП.

Необхідно визначити $\Delta H_{СК}$ перевищення цілі відносно КСП, із застосування даних, які визначено із використанням ЛП. На рис. 1 наведено схему розташування об'єктів, які беруть участь у визначенні взаємного розташування КСП та цілі.

Для оцінки похибок визначення $\Delta H_{СК}$ цілі скористаємося підходом, який мав місце в [3].

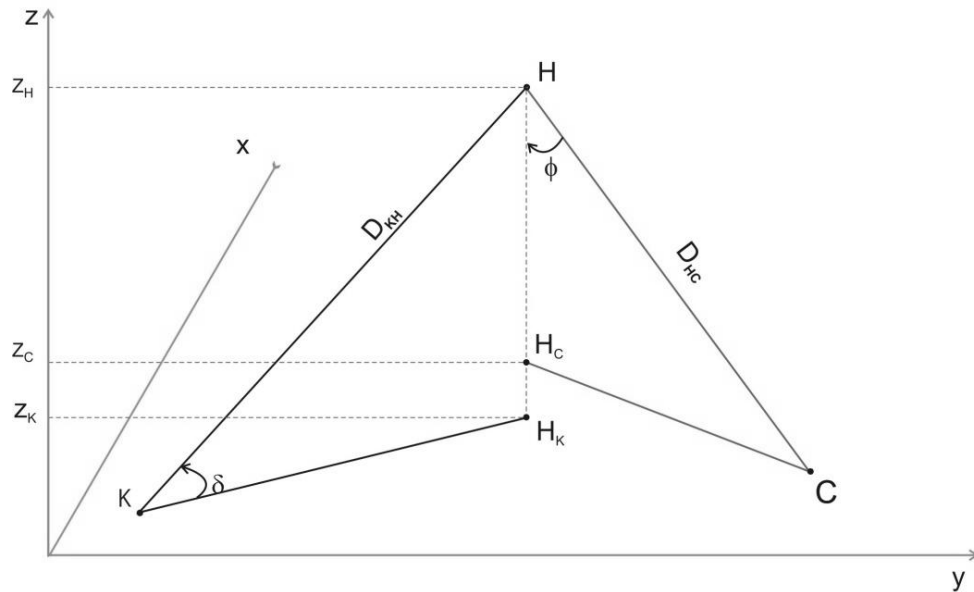


Рис. 1. Схема взаємного розташування КСП та цілі:

K – КСП, H – ЛП, C – ціль

Виходячи з геометричних міркувань (рис. 1) маємо:

$$\Delta H_{CK} = D_{HC} \cdot \cos \varphi - D_{KH} \cdot \sin \delta \quad (1)$$

де D_{KH} – відстань між КСП та ЛП;

D_{HC} – відстань між ЛП та ціллю;

δ – кут піднесення ЛП;

φ – кут між вертикаллю ЛП та напрямком на ціль.

Величина ΔH_{CK} є, таким чином, функцією багатьох змінних, а саме D_{KH} , D_{HC} , δ , φ . Значення D_{KH} та δ отримуються внаслідок вимірів відповідними приладами, що розташовані на КСП. Величини D_{HC} та φ вимірюються приладами, що розташовані на ЛП. Ці виміри здійснюються з похибками, які є випадковими, таким чином, величини D_{KH} , D_{HC} , δ , φ можна розглядати як випадкові, а ΔH_{CK} є функцією багатьох випадкових аргументів. Той факт, що величини D_{KH} , δ , D_{HC} , φ виміряно з похибками, обумовлює похибку визначення величини ΔH_{CK} . Для оцінки похибки визначення функції багатьох випадкових аргументів цілком природно взяти її дисперсію. Той факт, що вимірювання величин D_{KH} , δ , D_{HC} , φ здійснюється різними операторами, різними приладами, що розташовані на різних несучих платформах, дозволяє розглядати їх як статистично незалежні. В припущенні їх нормального розподілу для визначення дисперсії функції ΔH_{CK} можна застосувати вираз [6]

$$\sigma_{\Delta H_{CK}}^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial \Delta H_{CK}}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2, \quad (2)$$

де N – число змінних (у нашому випадку 4);

x_i – вектор незалежних змінних

(у нашому випадку D_{KH} , D_{HC} , δ , φ).

Застосуємо (2) до (1), врахуємо, що виміри лінійних та кутових величин на КСП та платформі визначено з однаковою точністю відповідно

$$\sigma_{D_{KH}}^2 = \sigma_{D_{HC}}^2 \equiv \sigma_D^2, \quad \sigma_{\delta}^2 = \sigma_{\varphi}^2 \equiv \sigma_{\theta}^2.$$

Тоді для оцінки похибки визначення перевищення цілі отримаємо наступний вираз

$$\sigma_{\Delta H_{CK}}^2 = \sigma_D^2 \left(\cos^2 \varphi + \sin^2 \delta \right) + \sigma_{\theta}^2 \left(D_{HC}^2 \sin^2 \varphi + D_{KH}^2 \cos^2 \delta \right). \quad (3)$$

Дослідимо поведінку 1-го та 2-го доданків правої частини (3) окремо.

Позначимо горизонтальну дальність до ЛП (KH_K) за "А", а за "В" горизонтальну дальність від ЛП до цілі ($H_C C$).

Для дослідження поведінки величини $\sigma_{\Delta H_{CK}}^2$ та її складових застосуємо математичне моделювання із використанням пакета прикладних програм MatLab. Розглянемо найтипівіші варіанти розташування КСП, ЛП та цілі. Згідно з технічними характеристиками лазерного далекоміра, що застосовується на КСП, максимальна похибка вимірювання дальності складає величину ± 10 м. Максимальна похибка вимірювання кутів кутомірним

приладом складає величину $2 \cdot 10^{-3}$ рад [7]. Таким чином, можна прийняти $\sigma_D = 10$ м, $\sigma_\theta = 2$ п.к.

На рис. 2 представлено результати проведеного моделювання.

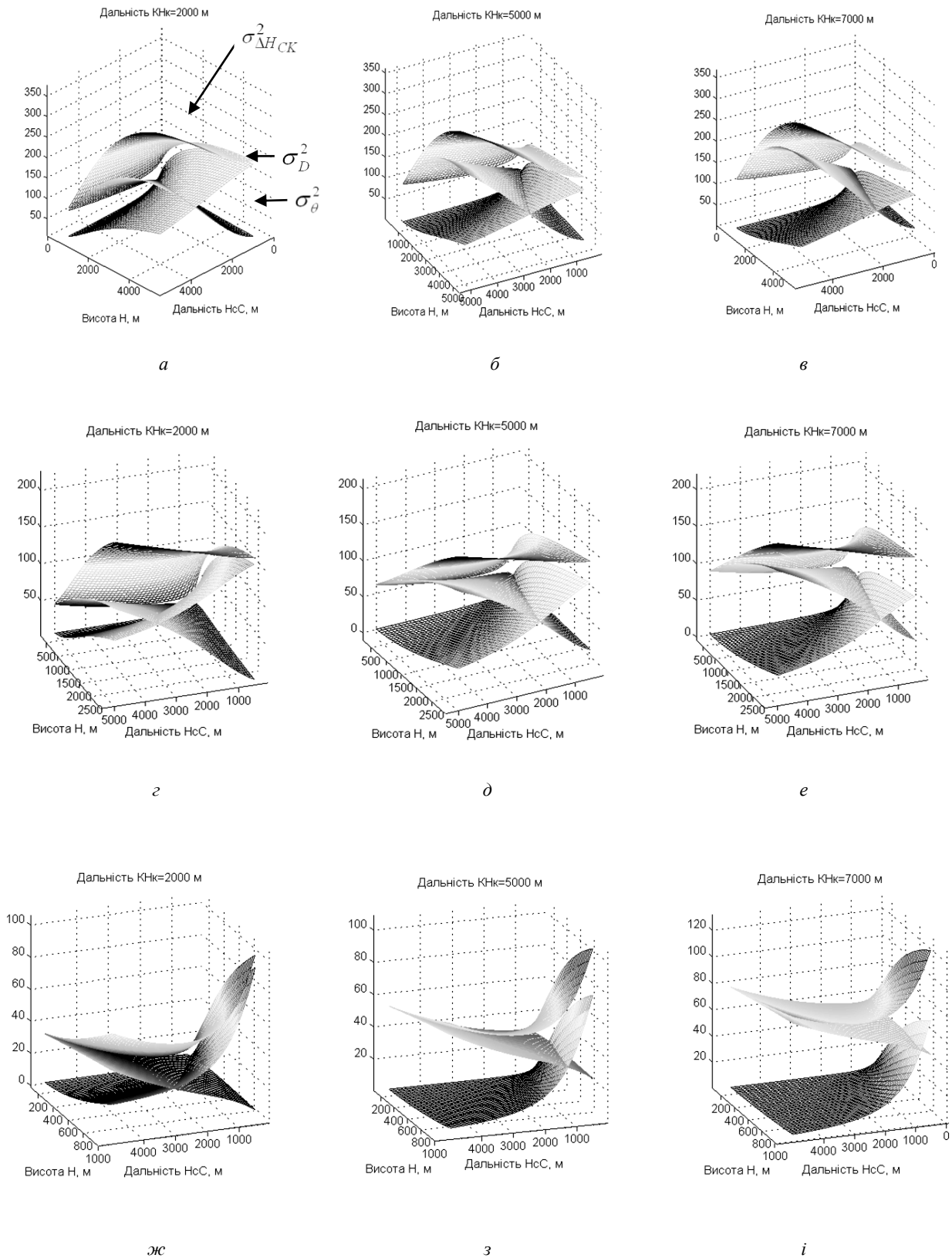


Рис. 2. Діаграми поведінки величини $\sigma_{\Delta H_{CK}}^2$ та її складових в залежності від взаємного розташування КСП, ЛПІ та цілі

Значення величини А для варіантів (а, г, ж) прийнято 2000 м; для варіантів (б, д, з) -5000 м; для варіантів (в, е, і) -7000 м.

Висота розташування ЛП над ціллю змінюється для варіантів (а, б, в), (г, д, е), (ж, з, і) в межах від нуля до 5000 м, 2500 м, 1000 м відповідно.

Величина В у всіх випадках змінюється в межах від 0÷5000 м.

Аналіз представлених графіків показує, що похибка визначення $\Delta H_{СК}$ перевищення для різних варіантів розташування об'єктів, які беруть участь у зовнішньому ціле вказуванні, змінюється:

- при висоті розташування ЛП порядку 5000 м вона приймає значення до 14 м;

- при висоті розташування ЛП порядку 2500 м вона приймає значення до 12-13 м;

- при розташуванні ЛП на висоті до 1000 м спостерігається зона локального мінімуму, і величина $\Delta H_{СК}$ залишається в межах від 5 м (при А=2000 м) до 8 м (при А=7000 м).

З графіків (ж, з, і) видно, що величина $\Delta H_{СК}$ приймає найменше значення в інтервалі 1500 м < В < 3500 м. При виході за межі цього інтервалу похибка визначення $\Delta H_{СК}$ зростає, особливо при малих значеннях В. Тому оптимальним є розташуванням ЛП від цілі на висотах менше за 1000 м і на відстані В від цілі, при виконанні умови 1500 м < В < 3500 м.

Для $A > 5 \cdot 10^3$ м при $B > 1,5 \cdot 10^3$ м (що відповідає найбільш характерним штатним ситуаціям) перший доданок правої частини співвідношення (3) - складова $\sigma_D^2 \cos^2 \delta + \sin^2 \varphi$, майже на порядок менший за другий доданок, що дає змогу їм знехтувати. Можна зробити висновок – основним елементом похибки $\sigma_{\Delta H_{СК}}$ є, таким чином, похибка визначення кутимірних параметрів.

Тоді для оцінки величини $\sigma_{\Delta H_{СК}}$ можна застосувати аналітичну залежність наступного вигляду

$$\sigma_{\Delta H_{СК}} = \sigma_{\theta} \cdot \sqrt{D^2_{HC} \sin^2 \varphi + D^2_{KH} \cos^2 \delta}. \quad (4)$$

Це співвідношення дозволяє оцінити точність визначення $\Delta H_{СК}$ перевищення цілі за допомогою ЛП, якщо відома похибка визначення кутимірних величин σ_{θ} , та навпаки.

В подальшому планується дослідити оцінки похибок визначення параметрів рухомої цілі.

Висновки

1. Показано, що похибка визначення перевищення висоти цілі за допомогою літаючої

2. платформи не перевищує величини порядку 14 м, якщо ЛП розташована не вище 5000 м та віддалена від КСП та цілі на відстань не більше 5000 м за умовою, що точність вимірювання дальності ± 10 м, кутів не гірше 2 п.к.

3. Показано, що при розташуванні ЛП на висоті не вище 1000 м і на відстані до цілі не ближче 1,5 км і не далі як 3,5 км похибка визначення перевищення цілі знаходиться в межах від 5 м до 8 м.

4. При штатному визначенні перевищення цілі за допомогою ЛП її доцільно розташовувати не вище 1000 м на відстані від цілі, не ближче 1500 м і не далі 3500 м.

5. Отримано аналітичне співвідношення для оцінки похибки визначення перевищення цілі, якщо відома точність кутимірних приладів, та навпаки.

Список літератури

1. Корольов В.М., Руденко К.В., Корольова О.В. Математична модель оцінки похибок визначення напрямку до рухомої цілі з нерухомого об'єкта координатним способом // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2009. – В. II (18). – С. 89-92.
2. Корольов В.М., Руденко К.В., Корольова О.В. Оцінка похибок визначення координат та вектора швидкості цілі з рухомого об'єкта // VII Міжнародна науково-технічна конференція "Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки". Ч.1 - Київ: НТУУ "Київський політехнічний інститут", 2009. – С. 210-215.
3. Яковенко В.В., Курбан В.А., Корольова О.В., Мількович І.Б. Оцінка похибок визначення параметрів цілі при використанні літаючої платформи // Труды Університету: Збірник наукових праць / Національний університет оборони України. – № 2(108). – К., 2012. – С. 202-208.
4. Яковенко В.В., Корольова О.В. Оцінка похибок визначення параметрів цілі для засобу вогневого ураження при використанні координат цілі, визначених за допомогою літаючої платформи // Збірник наукових праць / Національний Університет Повітряних Сил України.
5. Подготовка стрельбы и управление огнем артиллерии. Под редакцией В.И. Волобуева. - М.: Военное издательство, 1987. -376 с.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель – М.: Наука, 1969. – 576 с.
7. Корольов В.М. та інші. Технічні вимоги до навігаційної інформації та сучасних систем навігації наземних рухомих об'єктів // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2003. – № 8 – С. 218-221.

Рецензент: д.т.н., проф. С.Г. Савчук, професор Інституту геодезії НУ "Львівська політехніка", м. Львів.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ ПРИ ВНЕШНЕМ ЦЕЛЕУКАЗАНИИ В АРТИЛЛЕРИЙСКОМ ПОДРАЗДЕЛЕНИИ С ПОМОЩЬЮ ЛЕТАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМЫ

В.Н. Тарасов, Ю.М. Бусяк, Ю.В. Мирошниченко, В.В. Яковенко, О.В. Королёва

В работе предложен алгоритм определения высоты расположения цели с помощью летающей платформы. Проведен анализ погрешностей при ее определении. Исследована зависимость погрешностей определения высоты цели от взаимного расположения пункта наблюдения, платформы и цели.

Ключевые слова: высота, летающая платформа, оценка погрешностей

THE ERROR ESTIMATION OF THE HEIGHT FINDING WITH EXTERNAL TARGET DESIGNATION IN THE ARTILLERY UNIT WITH THE AID OF FLYING PLATFORM

V. Tarasov, Y. Busiak, Y. Myroshnyhenko, V. Yakovenko, O. Koroliova

The algorithm of the target height finding with the aid of the flying platform has been offered in the article. Analysis of errors when defining it has been undertaken. Dependencies of target defining errors on the positional relationship of the observation point, platform, and target have been examined.

Key words: height, flying platform, error estimation.

УДК 621.396

П.П. Ткачук¹, Д.І. Могилевич², О.К. Климович¹

¹Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

²Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», м. Київ

ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ ЄДИНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Стаття присвячена питанню застосування перспективних інтелектуальних систем управління під час створення Єдиної автоматизованої системи управління Збройних Сил України з метою досягнення якісно нового рівня системи управління та підвищення ефективності управління життєдіяльністю, підготовкою та застосуванням Збройних Сил України. Розроблені рекомендації спрямовані на удосконалення організації методів роботи посадових осіб органів і пунктів управління.

Ключові слова: Єдина автоматизована система управління, автоматизована система управління, гібридні інтелектуальні системи.

Вступ

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виходячи із завдань Державної комплексної програми реформування та розвитку Збройних Сил України на 2012-2017 роки, Державної цільової оборонної програми розробки озброєння та військової техніки Збройних Сил України на 2012-2017 роки та Концепції реформування та розвитку Збройних Сил України на період до 2017 року робота щодо розвитку засобів автоматизації в системах управління та інформатизації Збройних Сил України проводиться в рамках створення Єдиної автоматизованої системи управління Збройними Силами України. Результати відповідних

заходів призвели до повної цифрової прив'язки стаціонарних інформаційно-телекомунікаційних вузлів оперативної і часткової цифрової прив'язки тактичної ланки управління Збройних Сил України [1-3].

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування Єдиної автоматизованої системи управління (ЄАСУ) за рахунок застосування перспективних інтелектуальних систем управління військового призначення. Для прийняття раціонального варіанта побудови та функціонування автоматизованих систем управління потрібен інструмент, що дозволить у динаміці управління процесом інформаційного обміну визначити очікувану якість функціонування системи.