

НАЗЕМНИЙ РОБОТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС З ПАСИВНИМ ВИМІРЮВАННЯМ ДАЛЬНОСТІ

¹⁾Микитенко В.І., ²⁾Сенаторов В.М., ²⁾Гурнович А.В.

¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського», Київ, Україна

²⁾Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних
Сил України, м. Київ, Україна

E-mail: v.mikitenko@nil-psf.kpi.ua; v.senatorov1945@i.ua

Автоматичний роботизований комплекс очевидно стане одним з основних суб'єктів у проведенні силових акцій в недалекому майбутньому. Для контролю параметрів руху, а також пошуку, виявлення цілей і прицілювання до складу комплексу входить система технічного зору. Мінімальна достатня конфігурація такої системи включає пошукову телевізійну камеру широкого поля зору, телевізійний і тепловізійний приціли, далекомір. Застосування лазерних далекомірів забезпечує високу точність наведення зброї, але генерує потужну демаскуючу ознаку. Для забезпечення скритності функціонування роботизованого комплексу далекоміри можуть працювати в пасивному режимі з використанням інформації від бортових телевізійних камер. Але при цьому суттєво погіршуються метрологічні характеристики інформаційного вимірювального каналу. В статті оцінено точність п'яти методів пасивного вимірювання дальності до цілі з використанням телевізійних камер наземного роботизованого комплексу. Класичний метод зовнішньобазового далекоміру телевізійного прицілу із шкалою, розрахованою на зріст людини 1,65 м, забезпечує точність вимірювання 135 м на дальності 1000 м. Метод зовнішньобазового далекоміру, при якому шкала далекоміру формується на віддаленому дисплеї у вигляді вертикальної лінії змінної довжини в процесі обрамлення цілі, забезпечує точність вимірювання 100,3 м на дальності 1000 м. Метод внутрішньобазового далекоміру, при якому в якості бази використовується відстань між вхідними зіницями телевізійного прицілу і камери широкого поля зору, забезпечує точність вимірювання 76 м на дальності 1000 м. Метод вимірювання дальності за рахунок переміщення наземного роботизованого комплексу забезпечує точність вимірювання 168 м на дальності 1000 м. Метод вимірювання за рахунок використання варіаоб'єктиву не придатний для наземного роботизованого комплексу. Сформульовано пропозиції щодо просторової компоновки системи технічного зору, в якій реалізовано метод внутрішньобазового далекоміру, що забезпечує найвищу точність вимірювання.

Ключові слова: наземний роботизований комплекс, дальність до цілі, телевізійний приціл, камера широкого поля зору, точність вимірювання

Постановка задачі

Проведений авторами роботи [1, 2, 3] аналіз тенденцій розвитку озброєння та військової техніки провідних країн дозволив чітко виділити важливу на їхній погляд світову тенденцію - підвищення ступеня автоматизації засобів ведення збройної боротьби, створення роботизованих, автономних та дистанційно керованих зразків та систем озброєння. Як показано в роботі [4], через 5-7 років Україна може досягти розвитку наземних роботизованих комплексів (НРК) важкого класу на рівні Російської федерації, а найближчою перспективою для України є створення НРК середнього класу.

Закордонний досвід використання НРК середнього класу вказує на те, що їхнім основним завданням є виконання бойових та інженерних задач. Для цього в структурі НРК передбачене шасі, бойовий (інженерний) модуль та системи дистанційного управління шасі і модулем. В разі інсталяції на шасі бойового модуля (БМ) - в його структуру входять: зброя

(кулемет типу ПКМ 7,62 мм, прицільна дальність – 1000 м, основне призначення – ураження живої сили), лазерний далекомір і система технічного зору. Система технічного зору умовно ділиться на дві підсистеми: перша забезпечує контроль руху НРК, друга – цілодобовий пошук цілей, прицілювання і наведення зброї. Для цього в склад другої системи входять: телевізійна камера широкого поля зору (КШПЗ) для пошуку цілей, а також телевізійний (ТВП) і тепловізійний приціли. Інформація від системи технічного зору відображається на віддаленому дисплеї системи дистанційного управління (пульті управління).

Однією з проблем НРК при використанні лазерного далекоміру є ймовірне викриття його супротивником в місці виконання бойової задачі при наявності у супротивника апаратури виявлення лазерного випромінювання [5].

З цієї точки зору безумовну перевагу мають пасивні методи вимірювання дальності до цілі.

Метою статті є оцінка точності пасивних методів вимірювання дальності до цілі, які можуть бути реалізовані в НРК.

Оцінка точності методів вимірювання дальності

В теперішній час в БМ НРК найчастіше реалізується класичний метод зовнішньобазового далекоміру [6]. При цьому на віддаленому дисплеї відображається дискретна шкала далекоміру (дискретність 100 м), розрахована на базу $B = 1,65$ м, і зображення цілі, сформоване телевізійним прицілом. Дальність D до цілі розраховується за формулою:

$$D = B/\gamma,$$

де γ – кутовий розмір цілі, що відповідає поділці дискретної шкали, в яку вписується зображення цілі на дисплеї. Тобто похибка вимірювання дальності ΔD_γ , обумовлена дискретністю шкали, становить 100 м. Похибка ΔD_B , обумовлена різницею ΔB між істинною базою цілі і базою, на яку розрахована шкала, визначається залежністю:

$$\Delta D_B = \Delta B/\gamma. \quad (1)$$

Наприклад, на дистанції 1000 м кутовий розмір поділки дискретної шкали γ на цій дальності становить 1,65 мрад, і при істинній базі цілі 1,8 м похибка ΔD_B згідно (1) сягає 91 м. Сумарна похибка ΔD_Σ вимірювання дальності до цілі при цьому методі становитиме 135 м.

При реалізації методу, коли шкала далекоміру формується на віддаленому дисплеї у вигляді вертикальної лінії 3 (рис. 1) змінної довжини в процесі обрамлення цілі 1, а візуально визначена база B цілі (повний зріст людини – 1,65 м або висота грудної мішені – 0,5 м) вводиться в комп'ютер [7], похибка ΔD_γ , обумовлена дискретністю екрану дисплею, визначається залежністю:

$$\Delta D_\gamma = B\Delta\gamma/\gamma^2, \quad (2)$$

де $\Delta\gamma$ – похибка визначення кута γ залежить від розміру пікселя дисплею b_∂ , електронного збільшення прицілу $\Gamma_{ел}$, фокусної відстані об'єктиву прицілу f' і знаходиться за формулою:

$$\Delta\gamma = b_\partial/\Gamma_{ел}f'. \quad (3)$$

Наприклад, при $b_\partial = 30$ мкм, $\Gamma_{ел} = 25$ та $f' = 100$ мм похибка $\Delta\gamma$ згідно (3) становить 0,012 мрад, і підстановка цього значення в (2) дає результат $\Delta D_\gamma = 7,3$ м.

Похибка ΔD_B , що обумовлена різницею ΔB , визначається формулою (1) і становить 100 м на дистанції 1000 м. Сумарна похибка ΔD_Σ вимірювання дальності до цілі при такому методі становитиме 100,3 м.

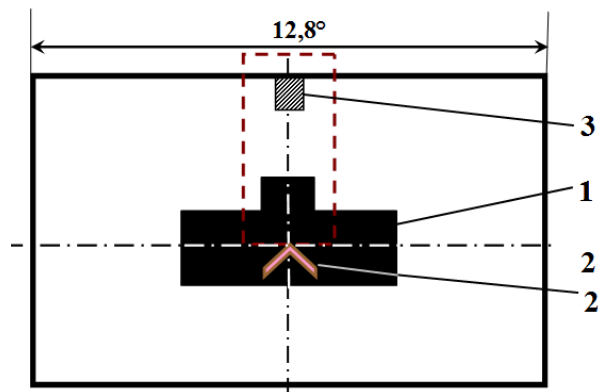


Рис. 1. Зображення на екрані дисплею: 1 – ціль, 2 – прицільна марка. 3 – шкала далекоміру змінної довжини

Як показано в роботі [8], розміщення каналів БМ НРК в двох окремих корпусах обабіч зброї не тільки підвищує живучість НРК, але й створює додаткові можливості для функціонального нарощування системи. Зокрема, використання відстані B між входними зіницями камери широкого поля зору 7 з варіооб'єктивом і телевізійного прицілу 5 дає можливість реалізувати метод внутрішньобазового далекоміру (рис. 2).

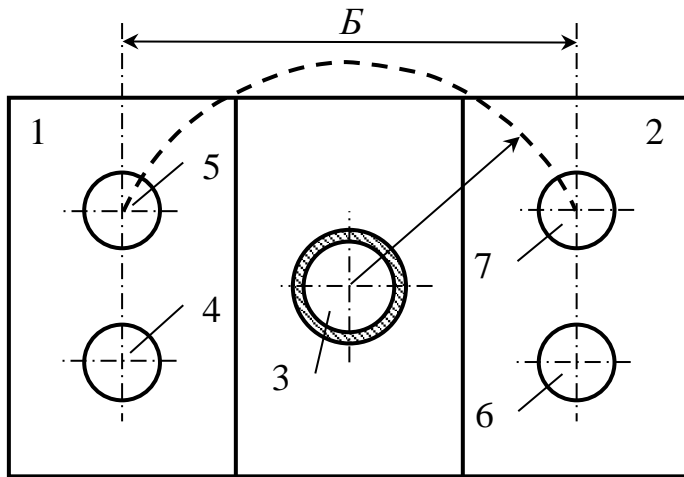


Рис. 2. Компонівка БМ: 1, 2 – корпуси елементів БМ, 3 – зброя, 4 – зіниця лазерного далекоміру, 5, 6, 7 – входні зіниці телевізійного прицілу, тепловізійного прицілу і камери широкого поля зору

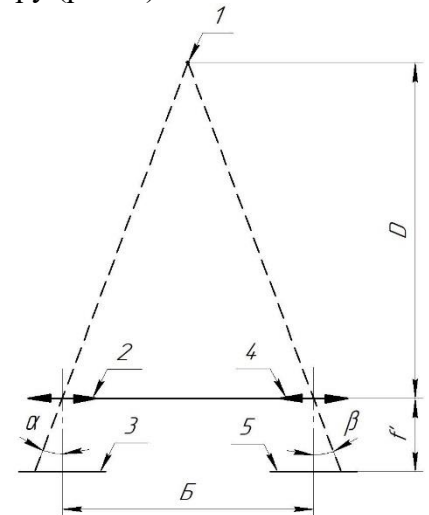


Рис. 3. Схема внутрішньобазового далекоміру: 1 – ціль, 2 і 4 – входні зіниці телевізійного прицілу і камери широкого поля зору, 3 і 5 – цифрові фотоприймачі

В цьому разі дальність D до цілі 1 (рис. 3) розраховується за формулою:

$$D = B/(\alpha + \beta),$$

де α і β – кути, які утворюють напрямки на ту саму точку на цілі 1 з центрів входних зіниць телевізійного прицілу 2 і камери широкого поля зору 4. В якості цієї точки доцільно обрати центри цілі, які утворюються на цифрових фотоприймачах прицілу і камери. Принцип розрахунку центрів цілей в площині цифрових фотоприймачів полягає в перетворенні вихідного півтонового зображення в бінарне [9] і в наступному обчисленні координат центру отриманої геометричної фігури в системі координат приймача. При цьому існує декілька методів таких розрахунків. Найбільш точним є метод обчислення енергетичного центру зображення квадрату з субпіксельною точністю – без округлення вимірних координат y'_{ij} , z'_{ij} , а рівень сигналу в пікселі I_{ij} в i -й строчці і j -му стовбці приймає дійсне значення, отримане при зчитуванні з цифрового приймача:

$$y_{\delta} = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n I_{ij} j / \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n I_{ij}, \quad z'_{\delta} = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n I_{ij} i / \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n I_{ij}.$$

Кути α і β визначаються відношенням додатку кількості пікселів $N_{ТВП}$ ($N_{КШПЗ}$) на розмір пікселя цифрового фотоприймача $b_{ТВП}$ ($b_{КШПЗ}$) до фокусної відстані об'єктиву 2 (4); в режимі вимірювання дальності $f'_2 = f'_4 = f'$.

Похибка $\Delta D_{\alpha(\beta)}$ вимірювання дальності до цілі, що обумовлена похибками вимірювання кутів α і β , визначається формулою:

$$\Delta D_{\alpha(\beta)} = B \Delta \alpha / (\alpha + \Delta \alpha), \quad (4)$$

де $\Delta \alpha$ - похибка визначення кута α залежить від розміру пікселя цифрового фотоприймача $b_{ТВП(КШПЗ)}$ та фокусної відстані об'єктивів f' і знаходиться за формулою:

$$\Delta \alpha = b_{ТВП(КШПЗ)} / f'. \quad (5)$$

Наприклад, при $b_{ТВП(КШПЗ)} = 2,2$ мкм [10] та $f' = 100$ мм похибка $\Delta \alpha$ згідно (5) становить 0,022 мрад, і підстановка цього значення в (4) дає результат $\Delta D_{\alpha(\beta)} = 75,9$ м.

Похибка ΔD_B вимірювання дальності до цілі, що обумовлена похибкою ΔB паспортизації відстані між вхідними зіницями, визначається формулою:

$$\Delta D_B = \Delta B / 2\alpha$$

і на дальності 1000 м при $\Delta B = 1$ мм становить 2 м. Сумарна похибка ΔD_{Σ} вимірювання дальності до цілі при такому методі становитиме 76 м.

Дослідимо можливість вимірювання дальності до цілі при її невідомому розмірі. Згідно з патентом [11] це можливо здійснити за рахунок руху НРК (віддалення від цілі або наближення вздовж лінії візування) і високоточного вимірювання дистанції переміщення НРК (рис. 4). Зрозуміло, що в цьому разі виміряти дальність можливо лише до нерухомої цілі, оскільки рух цілі впливатиме на точність вимірювання дальності до цілі.

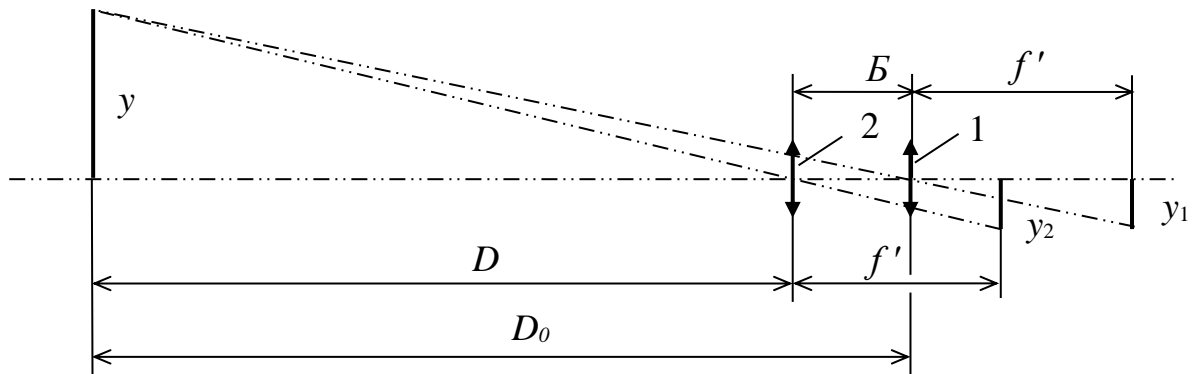


Рис. 4. Схема вимірювання дальності до цілі: 1 – об'єктив телевізійного прицілу з фокусною відстанню f' до переміщення НРК, 2 - об'єктив телевізійного прицілу після переміщення НРК, y – висота цілі

Суть методу полягає в тому, що вимірюють розмір зображення цілі в площині цифрового фотоприймача телевізійного прицілу в двох положеннях НРК (до і після переміщення НРК на відому дистанцію $B = D_0 - D$) і розрахунку дальності за формулою

$$D = B y_1 / (y_2 - y_1), \quad (6)$$

де y_1 – розмір зображення цілі на цифровому фотоприймачі телевізійного прицілу до переміщення, y_2 – розмір зображення цілі на цифровому фотоприймачі телевізійного прицілу після переміщення НРК. Дистанція переміщення НРК визначається за допомогою GPS системи, розміщеної на НРК. При використанні станції типу EGNOS точність визначення положення об'єкта не перевищує $1,5 \pm 0,5$ м [12]. При цьому похибка ΔB вимірювання дистанції B при двократному вимірюванні становитиме 2,12 м.

Похибка ΔD_B вимірювання дальності до цілі, що обумовлена похибкою ΔB вимірювання дистанції B , визначається формулою:

$$\Delta D_B = \Delta B y_1 / (y_2 - y_1)$$

і на дальності 1000 м при $B = 100$ м і $\Delta B = 2,12$ м становить 19,44 м.

Похибка ΔD_{y1} вимірювання дальності до цілі, що обумовлена похибкою Δy_1 вимірювання розміру зображення y_1 , визначається формулою:

$$\Delta D_{y1} = B y_2 \Delta y_1 / (y_2 - y_1)^2.$$

Оскільки контроль процесу вимірювання параметрів y_i здійснюється на екрані дисплею з похибкою одного пікселя (рис. 1), то $\Delta y_i = b_0 / \Gamma_{ел}$, і при $b_0 = 30$ мкм та $\Gamma_{ел} = 25$: $\Delta y_i = 1,25$ мкм. Враховуючи, що $y_i = b_0 N$, де N – кількість пікселів в зображенні, то похибка Δy_i не може бути менше розміру одного пікселя цифрового фотоприймача, приймаємо $\Delta y_i = b_{ТП} = 2,2$ мкм. Наприклад, на дальності 1000 м при $B = 100$ м і $\Delta y_1 = 2,2$ мкм похибка ΔD_{y1} становить 124 м.

Похибка ΔD_{y2} вимірювання дальності до цілі, що обумовлена похибкою Δy_2 вимірювання розміру зображення y_2 , визначається формулою:

$$\Delta D_{y2} = B y_1 \Delta y_2 / (y_2 - y_1)^2$$

і на дальності 1000 м при $B = 100$ м і $\Delta y_2 = 2,2$ мкм похибка ΔD_{y1} становить 112 м.

Сумарна похибка ΔD_{Σ} вимірювання дальності до цілі при такому методі становитиме 168 м.

В технічній літературі [13, 14] описується метод пасивного вимірювання дальності до цілі, при якому у дискретні проміжки часу, за допомогою оптичного фотоприймача, що має оптичну систему з двома відомими фокусними відрізками f'_1 і f'_2 , вимірюються розміри зображень цілі y_1 , y_2 при кожному фокусі і дальність до цілі визначається за формулою:

$$D = (y_1 - y_2) / (y_1 / f'_1 - y_2 / f'_2). \quad (7)$$

Автори [13] стверджують, що цей метод має високу точність показування результатів. Теоретично, в НРК в якості такої оптичної системи може використовуватись камера широкого поля зору в разі застосування варіооб'єктиву. Але, якщо врахувати, що відстань до цілі набагато перевищує фокусну відстань об'єктиву, то зображення цілі y_1 і y_2 формуються практично у фокальних площинах. Наприклад, при $D = 1000$ м і $f'_2 = 100$ мм відстань зображення від фокальної поверхні сягне 0,01 мм. При цьому виконується умова: $y_1 / f'_1 - y_2 / f'_2$. Підстановка цієї умови в (7) обумовлює невизначеність параметру D .

Таким чином, цей метод придатний для визначення малої дальності і не придатний для НРК.

Висновок

1. Оцінено точність п'яти варіантів пасивного вимірювання дальності до цілі, які можуть бути реалізовані в наземному робототехнічному комплексі середнього класу.
2. Найвищу точність має метод внутрішньобазового далекоміру: на дальності 1000 м похибка складає 7,6%, що достатньо для виконання бойової задачі із застосуванням кулемету ПКМ.
3. Для реалізації цього методу необхідно переглянути підхід до проектування бойового модуля: інформаційні канали повинні розміщуватись в двох окремих корпусах обабіч зброї: в одному корпусі повинен розміщуватись телевізійний приціл та лазерний далекомір, в іншому – камера широкого поля зору з варіооб'єктивом та тепловізійний приціл.
4. Повітряним аналогом наземних робототехнічних комплексів є безпілотні літальні апарати. Наразі вони випереджають наземні комплекси за об'ємами використання. В подальшому доцільно дослідити схемотехнічні рішення вхідних оптико-електронних блоків робототехнічних комплексів щодо можливості спостереження у верхній напівсфері для виявлення безпілотних літальних апаратів.

Література

1. Василенко О.В. Взаємозв'язок світових тенденцій розвитку ОБТ і форм та способів ведення збройної боротьби/ Василенко О.В., Нор П.І., Єфіменко В.А. // Стратегічна панорама. № 4, 2009. – С. 119-127.

2. *Нор П.І.* Загальні тенденції розвитку озброєння та військової техніки / Нор П.І., Чепков І.Б., Мельник О.Д. // Науковий твір. Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 60828 від 27.07.2015. Державна служба інтелектуальної власності України.
3. *Гусляков О.М.* Критичні технології для створення наземних робототехнічних комплексів важкого та середнього класу. / Гусляков О.М., Довгополий А.С., Чепков І.Б. // Озброєння та військова техніка, №1(25), 2020. –С. 24-34. DOI 1034169/2414-0651.2020.1(25).24-34..
4. *Чепков І.Б.* Концептуальні засади створення вітчизняних ударно-розвідувальних наземних роботизованих комплексів важкого класу. / Чепков І.Б., Довгополий А.С., Гусляков О.М. // Озброєння та військова техніка, №3(23), 2019. –С. 16-25. DOI 1034169/2414-0651. 2019.3(23).16-25.
5. Устройство обнаружения лазерных излучений. Патент RU133325U1 (Росія). Бюл. №28, 2013 р.
6. *Кулагин С.В.* Оптико-механические приборы. / Кулагин С.В., Дикарев В.Н., Мосягин Г.М. и др. // М.: "Машиностроение", 1975.- 400 с.
7. *Сенаторов В.М.* Прицільна система наземного роботизованого комплексу / Сенаторов В.М., Гусляков О.М. // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗСУ. - №4 (79)/2020. – С. 356-361.
8. *Микитенко В.І.* Підвищення живучості прицільно-пошукової системи наземного роботизованого комплексу/ Микитенко В.І., Мельник О.Д., Сенаторов В.М. // Вісник Київського політехнічного інституту. Серія «Приладобудування».- 2021. – № 61(1) (2021). – С. 26-31.
9. *Сойфер В.А.* Методи компьютерной обработки изображений / В.А. Сойфер. // 2-е изд. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 784 с.
10. Камера телевизионная VEC-454-USB. Електронний ресурс. Режим доступу www.evs.ru/d_sheet/VEC-545-USB.pdf. Дата звернення 13.10.2021 р.
11. Способ определения расстояния до объекта при помощи оптического прибора. Патент RU2095756 C1 (Росія). Бюл. №30, 1997 р.
12. GPS, Система глобального позиціонування. Електронний ресурс. Режим доступу www.wikipedia.org/wiki/GPS. Дата звернення 13.10.2021 р.
13. Искрик А.Н. Пассивная оптическая локация: возможности и ограничения/ Искрик А.Н., Вильчиков А.И., Гашков С.В.// Кодирование и цифровая обработка сигналов в инфокоммуникациях. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Минск 2019. С. 90-95. Електронний ресурс. Режим доступу <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/35698>. Дата звернення 20.10.2021 р.
14. Моностаτικός способ определения расстояния до объекта, его направления и скорости движения. Патент RU2340872 (Росія). Бюл. №34, 2008 р.

УДК 623.4.023.41

¹⁾Микитенко В.І., ²⁾Сенаторов В.Н., ²⁾Гурнович А.В.

¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сикорського», Київ, Україна

²⁾Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины, Киев, Украина

НАЗЕМНИЙ РОБОТИЗИРОВАННИЙ КОМПЛЕКС С ПАССИВНИМ ИЗМЕРЕНИЕМ ДАЛЬНОСТИ

Автоматический роботизированный комплекс очевидно станет одним из основных субъектов в проведении силовых акций в недалеком будущем. Для контроля параметров движения, а также поиска, обнаружения целей и прицеливания в состав комплекса входит система технического зрения. Минимальная достаточная конфигурация такой системы включает в себя поисковую телевизионную камеру широкого поля зрения, телевизионный

и тепловизионный прицелы, дальномер. Применение лазерных дальномеров обеспечивает высокую точность наведения оружия, но генерирует мощный демаскирующий признак. Для обеспечения скрытности функционирования роботизированного комплекса дальномеры могут работать в пассивном режиме с использованием информации от бортовых телевизионных камер. Но при этом значительно ухудшаются метрологические характеристики информационного измерительного канала. В статье оценена точность пяти методов пассивного измерения дальности до цели с использованием телевизионных камер наземного роботизированного комплекса. Классический метод внешнебазового дальномера телевизионного прицела со шкалой, рассчитанной на рост человека 1,65 м, обеспечивает точность измерения 135 м на дальности 1000 м. Метод внешнебазового дальномера, при котором шкала дальномера формируется на отдаленном дисплее в виде вертикальной линии переменной длины в процессе обрамления цели, обеспечивает точность измерения 100,3 м на дальности 1000 м. Метод внутрибазового дальномера, при котором в качестве базы используется расстояние между входными зрачками телевизионного прицела и камеры широкого поля зрения, обеспечивает точность измерения 76 м на дальности 1000 м. Метод измерения дальности за счет перемещения наземного роботизированного комплекса обеспечивает точность измерения 168 м на дальности 1000 м. Метод измерения за счет использования вариообъектива не пригоден для наземного роботизированного комплекса. Сформулированы предложения по пространственной компоновке системы технического зрения, в которой реализован метод внутрибазового дальномера, обеспечивающий наивысшую точность измерения.

Ключевые слова: наземный роботизированный комплекс, дальность до цели, телевизионные прицел, камера широкого поля зрения, точность измерения

¹Volodymyr I.Mikitenko, ²Volodymyr M.Senatorov, ²Anatolii Gurnovych

¹*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine*

²*Central Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

LAND UNMANNED COMPLEX WITH PASSIVE RANGE MEASUREMENT

The automatic robotic complex will obviously become one of the main subjects in the conduct of military actions in the near future. To control movement parameters, as well as search, target detection and aiming, the complex includes a technical vision system. The minimum sufficient configuration of such a system includes a television search camera with a wide field of view, television and thermal imaging sights, and a rangefinder. The use of laser rangefinders ensures high accuracy of aiming weapons, but generates a powerful unmasking feature. To ensure the secrecy of the functioning of the robotic complex, range finders can operate in a passive mode using information from on-board television cameras. But at the same time, the metrological characteristics of the information measuring channel are significantly deteriorated. Accuracy of five methods of passive distance measurement with application of TV-systems of land unmanned complex is assessed in paper. Classic method of TV-sight external-base range-finder with scale, designed on human height 1,65 m, is ensuring measurement accuracy 135 m on distance 1000 m. External base method, when a range finger scale is forming on remote display as variable length vertical line in process of target framing, is ensuring measurement accuracy 100,3 m on distance 1000 m. Fixed-base range-finder method, when distance between entrance pupils of TV-sight and wide viewing field camera using as base, is ensuring measurement accuracy 76 m on distance 1000 m. Distance measurement method due to displacement of land unmanned complex ensures a measurement accuracy up to 168 m on distance 1000 m. Measurement method due to using zoom-objective is not suitable for land unmanned complex. Proposals have been formulated for the

spatial layout of the computer vision system, in which the method of the fixed-base rangefinder is implemented, which ensures the highest measurement accuracy.

Key words: land unmanned complex, distance to target TV-sight, wide viewing field camera, measurement accuracy

Біографії авторів

Микитенко Володимир Іванович

Доктор технічних наук, доцент

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського", професор

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

E-mail: v.mikitenko@nil-psf.kpi.ua

Контактний телефон: 067-500-57-20

Номер ORCID: [http:// orcid.org/0000-0001-7213-9368](http://orcid.org/0000-0001-7213-9368)

Микитенко Владимир Иванович

Доктор технических наук, доцент

Кафедра компьютерно-интегрированных оптических и навигационных систем

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского", профессор

пр. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056

E-mail: v.mikitenko@nil-psf.kpi.ua

Контактный телефон: 067-500-57-20

Номер ORCID: 0000-0001-7213-9368

Mykytenko Volodymyr

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Department of Computer-Integrated Optical and Navigation Systems

National technical university of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute», professor

Peremohy ave., 37, Kyiv, Ukraine, 03056

E-mail: v.mikitenko@nil-psf.kpi.ua

Contact tel.: 067-500-57-20

Number ORCID: 0000-0001-7213-9368

Сенаторов Володимир Миколайович, канд. техн. наук, доцент,

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, старший наук. співробітник,

пр-т Повітрофлотський, 28, 03049, м. Київ,

тел. (050)-1384182,

e-mail: v.senatorov1945@i.ua,

ORCID 0000-0001-5387-5693

Сенаторов Владимир Николаевич, канд. техн. наук, доцент,

Центральний науково-дослідницький інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, старший научн. сотрудник,

пр-т Воздухофлотский, 28, 03049, г. Киев,

тел. (050)-1384182,

e-mail: v.senatorov1945@i.ua,

ORCID 0000-0001-5387-5693

Volodymyr M.Senatorov, PhD, Ass. Professor,
Central Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine,
senior scientist,
28, Povitroflotsky ave., 03049, Kyiv,
tel. (050)-1384182,
e-mail: v.senatorov1945@i.ua,
ORCID 0000-0001-5387-5693

Гурнович Анатолій Вікторович, доктор техн. наук, професор,
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил
України, провідний наук. співробітник,
пр-т Повітрофлотський, 28, 03049, м. Київ,
тел. (095)-1354492,
e-mail: gurnovav@gmail.com
ORCID 0000-0002-2041-4978.

Гурнович Анатолій Вікторович, доктор техн. наук, професор,
Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил
України, провідний наук. співробітник,
пр-т Повітрофлотський, 28, 03049, м. Київ,
тел. (095)-1354492,
e-mail: gurnovav@gmail.com
ORCID 0000-0002-2041-4978.

Anatolii V. Gurnovych, Dr, Prof.,
Central Research Institute of Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine,
lead scientist,
28, Povitroflotsky ave., 03049, Kyiv,
tel. (095)-1354492,
e-mail: gurnovav@gmail.com
ORCID 0000-0002-2041-4978.