

БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ ОБТ

УДК 629.7

І.І. Балицький¹, М.І. Лисий², Ю.О. Бабій¹, В.В. Поліщук¹

¹Національна академія Державної прикордонної служби України, м. Хмельницький

²Науково-дослідний інститут Державної прикордонної служби України

ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ПОШУКУ ПРАВОПОРУШНИКА ЗА ВИКЛИКОМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА

Проведено оцінку характеристик пошуку правопорушника за викликом із застосуванням безпілотного літального апарата за умови, що відомі початкові координати перебування та напрямок руху правопорушника державного кордону. Уперше здійснено оцінку можливості застосування пошуку правопорушника безпілотним літальним апаратом в режимі пошуку за викликом. Сутність наукової новизни полягає у визначенні ширини напівкругових галсів та їх кількості, радіуса траєкторії галсу при пошуку правопорушника за викликом та кількості галсів за їх максимальним номером. Це дозволить розробити пропозиції щодо вибору безпілотного літального апарата і застосування їх для пошуку правопорушника за сигналами від технічних засобів охорони протяжних ділянок кордону. Визначено умову пошуку правопорушника державного кордону при обмеженні часу польоту безпілотного літального апарата, що також впливає на обґрунтування режиму пошуку правопорушника за викликом. Встановлено, що загальний час польоту безпілотного літального апарата із найменш впливовим фактором на обмеження кількості галсів траєкторії пошуку безпілотним літальним апаратом за вказаних вихідних даних.

Ключові слова: оцінка характеристик, безпілотний літальний апарат, пошук за викликом.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Пошук правопорушника (ПП) за викликом із застосуванням безпілотного літального апарата (БПЛА) за траєкторією руху у вигляді напівкругових галсів розглянуто у роботі [1]. Під викликом розуміється сигнал тривоги із видачею координат і напрямку (від нас або до нас) руху ПП. Пошук ПП за викликом поділяють на такі види:

пошук ПП за викликом з покроковим збільшенням радіуса напівкругових галсів;

пошук ПП за викликом за траєкторією визначеного галса.

При цьому важливо оцінити характеристики пошуку за викликом, що дозволить розробити рекомендації щодо застосування БПЛА для пошуку правопорушника за викликом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Можливою траєкторією руху БПЛА при пошуку за викликом є відрізок кривої, який з'єднує початок координат, що збігається з координатами виявлення ПП, і далі переходить в логарифмічну спіраль [2]. Проте, у такому випадку неефективно використовуються можливості засобу спостереження БПЛА. На початку траєкторії ширина смуги

спостереження необхідна мінімальна, а в кінці максимальна. Отже, маючи достатньо широку смугу пошуку, БПЛА повною мірою її використовує лише в кінці траєкторії [1].

Обґрунтування способу пошуку правопорушника із застосуванням БПЛА в режимі пошуку за викликом розглянуто у роботі [1], де складено рівняння балансу часу для застосування БПЛА в режимі польоту за викликом з покроковим збільшенням радіуса напівкругових галсів, а також в режимі польоту за траєкторією визначеного галса. Загалом запропоновані рівняння дозволили визначити залежність таких характеристик режиму пошуку, як номер галса (кількість) в залежності від ширини галса (ширина зони спостереження БПЛА) для пошуку за викликом. Отже, є потреба в оцінці зазначених характеристик.

Мета роботи

Оцінка можливості застосування БПЛА для пошуку правопорушника за викликом.

Виклад основного матеріалу дослідження

Якщо тип БПЛА, який буде застосовуватись, відомий, тобто задані його такі характеристики, як: швидкість польоту, час підготовки до розгортання, ширина зони спостереження, що буде різною в залежності від комплектації апаратурою спостереження,

а також заданих характеристик району пошуку ПП і його руху, як віддаленість місця старту від місця виявлення, час затримання ПП на рубежі, ширина району пошуку, швидкість і напрям руху (від нас або до нас) ПП. Тоді, для застосування БПЛА слід визначитись з шириною напівкругових галсів та їх кількістю для пошуку з покроковим збільшенням радіусу галсів і визначитись з радіусом траєкторії галсу при пошуку ПП за викликом за траєкторією

визначеного галса. Додатково необхідно визначити кількість галсів за максимальним номером галса, що обмежуватиметься тривалістю польоту.

Приймається, що наземний пункт управління БПЛА знаходиться в точці Г, ПП виявлений в точці А. Схему польоту БПЛА в режимі пошуку ПП за викликом за траєкторією напівкругових галсів подано на рис. 1 [1].

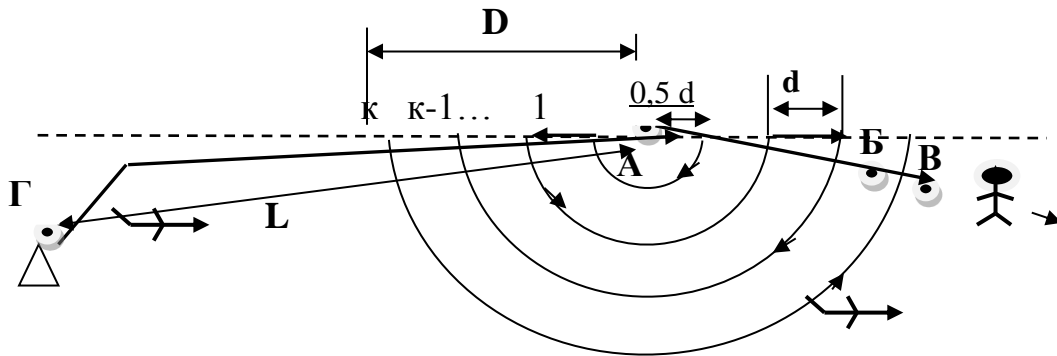


Рис. 1. Схема польоту БПЛА в режимі пошуку ПП за викликом:

А – точка виявлення ПП на рубежі охорони; Б, В – точки, які позначають межі ширини смуги виявлення БПЛА;
Г – точка пуску БПЛА; k – номер галса; d – ширина галса;
L – відстань, від місця старту БПЛА до місця виявлення ПП на рубежі; D – ширина району пошуку ПП

Пошук доцільно проводити до моменту часу, коли ПП вийде в точку В і одночасно ще встигне дана точка попасти в зону спостереження БПЛА, що знаходиться на траєкторії останнього k -го галса.

Рівняння балансу часу для застосування БПЛА в режимі польоту за викликом з покроковим збільшенням радіуса напівкругових галсів визначається виразом [1]

$$k = \frac{\frac{V_{\delta}}{V_n} - 2 \pm \sqrt{\left(2 - \frac{V_{\delta}}{V_n}\right)^2 - 2\pi \left(\frac{V_{\delta}(T_{\delta n} - T_{n3})}{d} + \frac{2L}{d} - 1\right)}}{\pi}, \quad (1)$$

де $T_{\delta c}$ – час затримки ПП на рубежі;

$T_{\delta i}$ – час підготовки до пуску БПЛА;

k – номер галса;

L – відстань від місця старту БПЛА до місця виявлення ПП;

V_{δ} – швидкість польоту БПЛА;

V_n – швидкість переміщення ПП.

Рівняння балансу часу для застосування БПЛА в режимі польоту за викликом з покроковим збільшенням радіуса напівкругових галсів має вигляд [1]

$$k = \frac{\frac{(T_{\delta n} - T_{n3})V_{\delta}}{d} + \frac{2L}{d} - 0,5\pi \cdot m - 1}{\frac{V_{\delta}}{V_n} - \pi \cdot m - 2}, \quad (2)$$

де m – кількість галсів за номером k , які пролетить БПЛА.

Пошук ПП за даними БПЛА, який рухається за траєкторією кругових галсів, доцільно вести до галса, подвійний час руху за яким і час на розворот будуть меншими часу переміщення ПП на ширину зони спостереження БПЛА (ширину галса) [1]

$$k \leq \frac{V_{\delta}}{V_n} \frac{1}{2\pi} + 0,5, \quad (3)$$

Зазвичай, для ділянок рубежу задається максимальне значення ширини району пошуку ПП, яке обмежується, наприклад, наближенням інфраструктури поселень до державного кордону. Тобто, припускаємо, що ширина району пошуку ПП є обмеженою і пошук поза ним не результативний. Згідно з рис. 1 ширина району пошуку ПП відповідає сумарній кількості галсів [1]

$$D \geq kd, \quad (4)$$

де D – ширина району пошуку ПП.

Тоді фактично одне із обмежень значення максимального номера галса визначає гіперболічна крива $k = D/d$. Стосовно нижньої межі, то вона обмежується траєкторією 1-го галса.

Для побудови графіків залежностей (1) - (4) введемо такі обмеження на значення характеристик: ширина району пошуку ПП $D = 0,1 \dots 4$ км; відстань від місця старту БПЛА до місця виявлення ПП $L = 10 \dots 20$ км;

швидкість польоту БПЛА $V_d = 80 \dots 200$ км/год.; швидкість переміщення ПП $V_n = 5 \dots 10$ км/год. Значення крейсерської і максимальної швидкості польоту маловисотних БПЛА з електричним двигуном подано у табл. 1 [3].

Таблиця 1

Характеристики БПЛА

Показник/Тип	НАWK	МП-1 «Spectator-M»	Fly Eye	МАРА-2М	Sparrow
Вид двигуна	Електричний	Електричний	Електричний	Електричний	Електричний
Максимальна/крейсерська швидкість, км/год.	120/60	120/70	120/70	100/55	100/70
Тривалість польоту, год.	1,5	2	1,5	1	1
Висота польоту, км	2	2,5	2,5	3	2
Злітна маса, кг	5,5	7	10	2,3	3
Маса цільового спорядження, кг	1	1	1,5	0,5	0,5
Розвідувальне обладнання	телевізійна камера, тепловізор	телевізійна камера, тепловізор	телевізійна камера, тепловізор	телевізійна камера, тепловізор, фотокамера	телевізійна камера, тепловізор

Значення відстані від місця старту БПЛА до місця виявлення ПП засобом охорони (тотожна протяжності флангу ділянки охорони відділом прикордонної служби) прийнято виходячи з поетапного запланованого зменшення протяжності ділянок охорони кордону відділами прикордонної служби, починаючи з 40 км на відділ, і доведення до 20 км [4; 5].

Максимальне значення ширини району пошуку ПП взято виходячи з того, що значна частка кордону – це ділянки, де наближення інфраструктури до лінії кордону менше 4 км і становить близько 430 км, тобто 7% від загальної протяжності сухопутного кордону, табл. 2.

Таблиця 2

Віддаленість інфраструктури від лінії державного кордону

Область	Кількість об'єктів інфраструктури, відстань від яких до лінії державного кордону менша за: (загальна протяжність вздовж кордону інфраструктури із зазначеним наближенням до лінії кордону)			
	d < 0,5 км	d < 1,0 км	d < 2,0 км	d < 4,0 км
Київська	1 (1)	5 (5)	10 (6)	15 (8)
Житомирська	5 (2)	8 (10)	8 (14)	11 (12)
Рівненська	1 (0,5)	4 (2)	2 (7)	4 (3)
Волинська	4 (4,5)	10 (8)	13 (3)	15 (17)
Львівська	2 (1)	27 (20)	16 (20)	20 (10)
Закарпатська	12 (10)	13 (10)	14 (12)	19 (20)
Чернівецька	7 (1)	15 (10)	8 (11)	11 (13)
Вінницька	10 (10)	15 (5)	10 (7)	13 (17)
Одеська	21 (15)	25 (32)	14 (11)	17 (10)
Харківська	15 (5)	13 (28)	21 (9)	25 (30)
Сумська	10 (20)	18 (8)	13 (1)	16 (5)
Чернігівська	10 (10)	17 (12)	11 (5)	15 (15)
Лінія розмежування	21 (10)	19 (10)	14 (4)	22 (20)
Загальна протяжність вздовж кордону	90 км	150 км	110 км	180 км

Примітка: сумарна частка протяжності ділянок кордону, де наближення інфраструктури до лінії кордону менше 4 км, становить близько 430 км, тобто 7% від загальної протяжності сухопутного кордону.

Межі швидкості пересування визначені виходячи з того, що людина прискорено пересувається з швидкістю 5-10 км/год., більшість крупних тварин до 30 км/год., автомобіль по пересіченій місцевості, по ґрунтових дорогах рухається до 50 км/год.

Приймемо допущення, що час підготовки до польоту БПЛА [6] дорівнює часу затримки ПП на РОІС. Також приймемо обмеження, розглядатимемо випадки, коли БПЛА здійснює один напівкруговий галс ($m=1$) в режимі пошуку ПП за викликом за траєкторією визначеного галса. Графіки залежності номеру галса (кількості галсів) від ширини галса (ширина зони спостереження БПЛА) для пошуку за викликом, відповідно (1), (2) і з врахуванням обмежень (3), (4) подано на рис. 2.

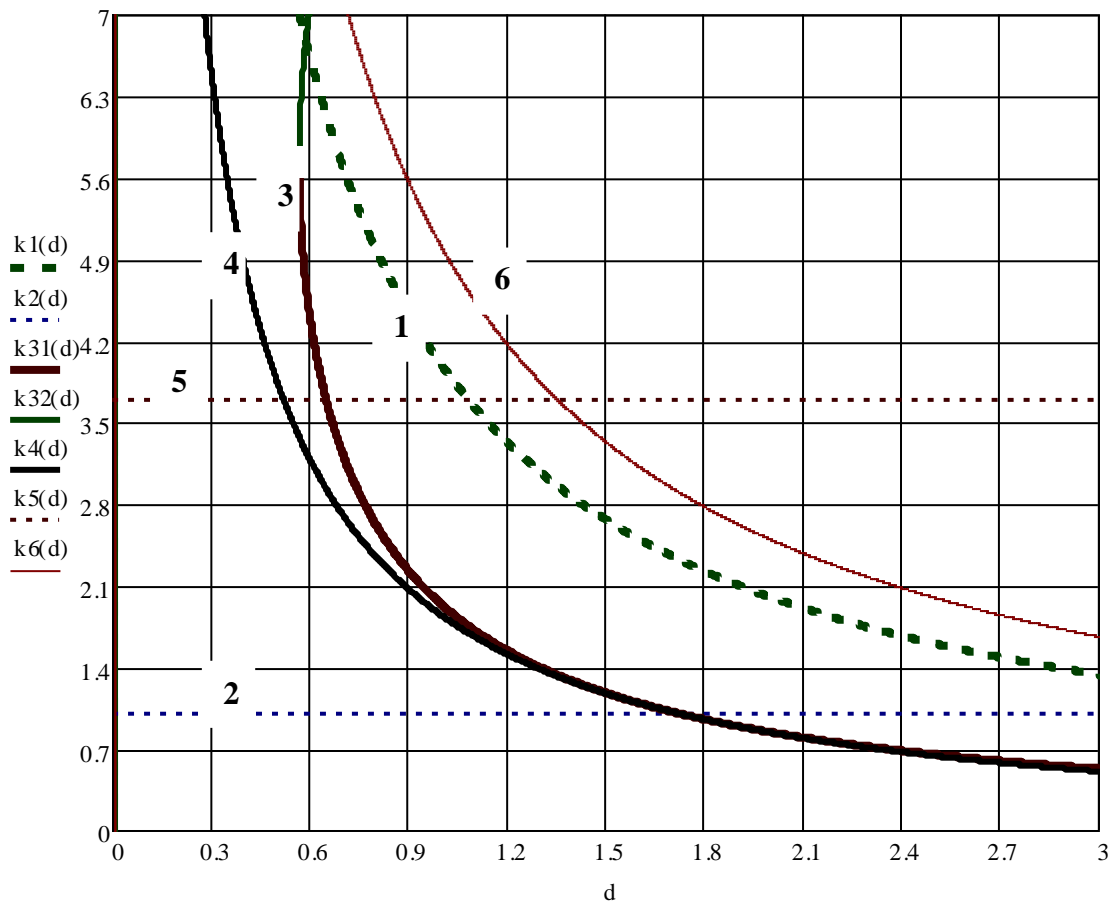


Рис. 2. Графіки залежності номеру галса (кількості галсів) від ширини галса (ширина зони спостереження БПЛА) для пошуку за викликом при початкових даних $T_{\text{он}} - T_{\text{нз}} = 0$ год., $D = 4$ км, $V_d = 100$ км/год.,

$$V_n = 5 \text{ км/год.}, L = 15 \text{ км}, T_{\text{заг}} = 1 \text{ год.}:$$

1 – лінія верхньої межі значень номеру галса відповідно (9), що обмежується шириною району пошуку ПП;

2 – лінія нижньої межі номеру (кількості) галсів, дорівнює 1;

3 – лінія залежності номеру галса (кількості галсів) від ширини галса для пошуку з покроковим збільшенням радіуса напівкругових галсів; 4 – лінія залежності номеру галса (кількості галсів) від ширини галса для пошуку за траєкторією визначеного галса; 5 – лінія верхньої межі значень номеру галса відповідно (8), що обмежується умовою пошуку ПП за викликом із забезпеченням його виявлення в будь-якій точці траєкторії;

6 – лінія верхньої межі значень номеру галса відповідно (11), що обмежується загальним часом

За результатами аналізу графіків рис. 2 можна зазначити:

1) за результативністю два види пошуку за викликом, за умови здійснення 1-го галса польоту БПЛА будуть однаковими, що пояснюється застосуванням однакової траєкторії польоту;

2) застосування виду пошуку за визначеним галсом більш ефективніше, оскільки виявлення ПП буде здійснено при менших вимогах до ширини зони спостереження БПЛА;

3) для фіксованого значення ширини зони спостереження БПЛА правопорушник буде швидше

виявлений при пошуку за траєкторією визначеного галса (номер галса менший, ніж для пошуку з покрововим збільшенням радіуса напівкругових галсів);

4) для виду пошуку з покрововим збільшенням радіуса напівкругових галсів обмеження, яке визначено умовою пошуку ПП за викликом із забезпеченням його виявлення в будь-якій точці траєкторії, не є суворим. За умови рівномірного руху ПП буде виявлений, при цьому максимальна кількість галсів обмежуватиметься відношенням ширини району пошуку ПП до ширини галса (ширини зони спостереження БПЛА);

5) чим більша відстань між кривою залежності номера галса і кривою верхньої межі значень номера галса, що обмежується шириною району пошуку ПП, тим менший час на його виявлення.

Для визначення умову пошуку ПП при обмеженні часу польоту БПЛА, що також впливатиме на обґрунтування режиму пошуку ПП за викликом із застосуванням БПЛА, приймемо таке: ліва частина рівняння – це час перебування ПП в зоні виявлення, який має бути меншим за загальний час польоту БПЛА

$$\frac{kd}{V_n} + T_{n3} \leq T_{заг}, \quad (5)$$

де $T_{заг}$ – загальний час польоту БПЛА.

Тоді кількість галсів становитиме

$$k \leq \frac{V_n(T_{заг} - T_{n3})}{d}. \quad (6)$$

Графік залежності номера галса (кількості галсів) від ширини галса (ширина зони спостереження БПЛА) для різних видів пошуку за викликом подано кривою 6 на рис. 2. За даними рис. 2 видно, що загальний час польоту безпілотної літальної апарату є найменш впливовим фактором на обмеження кількості галсів траєкторії пошуку за вказаних вихідних даних.

Подальшим напрямом дослідження є розробка алгоритму методики обґрунтування способу пошуку правопорушника із застосуванням БПЛА, а також оцінку показників траєкторії руху БПЛА при варіації початкових даних.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Уперше здійснено оцінку можливості застосування пошуку правопорушника безпілотною літальною апаратурою в режимі пошуку за викликом. Сутність наукової новизни полягає у визначенні ширини напівкругових галсів та їх кількості, радіуса траєкторії галса при пошуку правопорушника за викликом та кількості галсів за їх максимальним номером. Це дозволить розробити пропозиції щодо вибору БПЛА і застосування їх для пошуку правопорушника за сигналами від технічних засобів охорони протяжних ділянок кордону.

Список літератури

1. Методика обґрунтування способу пошуку правопорушника із застосуванням БПЛА / Поліщук В.В. // Зб. наук. пр. Національної академії Державної прикордонної служби України. – Хмельницький: НАДПСУ, 2016. – № 2 (68), ч. II. – С. 45 – 49.
2. Даник Ю.Г. Здійснення охорони державного кордону із інтегральним застосуванням безпілотної космічних засобів / Ю.Г. Даник, І.І. Балицький // Застосування космічних систем в інтересах національної безпеки та оборони: Матеріали наук.-практ. семінару. – К.: НАОУ, 2008. – С. 17 – 25.
3. Звіт про проведення випробування БпАК. – К.: АДПСУ. 2016. – С 81.
4. Серватюк В.М. Інженерно-технічне облаштування українсько-російської ділянки державного кордону України в сучасних умовах / В.М. Серватюк // Історія, сучасність та перспективи розвитку ДПСУ та охорони державного кордону: Матеріали міжн. наук.-практ. конф. Київ, НДІ. – Хмельницький: НАДПСУ, 2015. – С. 10 – 15.
5. Про схвалення “Стратегії розвитку Державної прикордонної служби”: розпорядження Кабінету Міністрів України від 23 листопада 2015 року № 1189-р.
6. Ананьїн О.В. Вимоги до застосування та комплектації безпілотної авіаційних комплексів / О.В. Ананьїн // Історія, сучасність та перспективи розвитку ДПСУ та охорони державного кордону: Матеріали міжн. наук.-практ. конф. Київ, НДІ. – Хмельницький. : НАДПСУ, 2015. – С. 229 – 232.

Рецензент: д.т.н., проф. О.С. Андрощук, начальник докторантури, старший науковий співробітник Національної академії Державної прикордонної служби України, Хмельницький.

Оценка характеристик поиска правонарушителя за вызовом с применением беспилотного летательного аппарата

И.И. Балицкий, М.И. Лысый, Ю.А. Бабий, В.В. Полищук

Проведено оцінку характеристик пошуку правонарушителя за вызовом с применением беспилотного летательного аппарата при условиях, что известны начальные координаты пребывания и направление движения правонарушителя государственной границы.

Впервые осуществлено оцінку возможностей применения пошуку правонарушителя беспилотным летательным аппаратом в режиме пошуку за вызовом. Сущность научной новизны заключается в определении ширины полукруговых галсов и их количества, радиуса траектории галса во время пошуку правонарушителя за вызовом и количества галсов за их максимальным номером. Это разрешит разработать предложения относительно выбора БПЛА и применения их для пошуку правонарушителя за сигналами от технических средств охраны протяжённых участков границы.

Определено условия пошуку правонарушителя при ограниченном времени полёта беспилотного летательного аппарата, что также влияет на обоснование режима пошуку правонарушителя за вызовом.

Установлено, что общее время полёта беспилотного летательного аппарата есть наименее влияющим фактором на ограничение количества галсов траектории пошуку беспилотным летательным аппаратом за указанными исходными данными.

Ключевые слова: оценка характеристик, беспилотный летательный аппарат, поиск за вызовом.

Evaluation of the characteristics of on-call search for violators using unmanned aircraft flight

I. Balytskyi, M. Lysyi, Y. Babiy, V. Polishchuk

Evaluation of the characteristics of search for violators on an on-call basis with the use of unmanned aircraft flight on conditions that the initial coordinates and direction of movement of a border violator are known has been conducted.

Assessment of unmanned aircraft flight capabilities in an on-call mode while searching for trespassers has been carried out for the first time. The essence of scientific novelty consists in determining the width of the semicircular tacks and their number, the radius of tacks trajectory during search for violators in an on-call mode as well as the number of tacks and their maximum number. This enables working out of the suggestions regarding the choice of UAV's and their use in finding violators after receiving the signals from technical means used in guarding of extended sectors of the border.

Conditions of the search for violators under limited time of unmanned aircraft flight, which also affects selection of the search mode on an on-call basis, have been determined.

It was determined the total time of unmanned aircraft flight is least influenced factor of restriction the trajectory tacks number of searching by unmanned aircraft in accordance with data mentioned.

Keywords: assessment of capabilities, unmanned aircraft flight, on-call search.

УДК 623.488

Л.В. Корчак¹, Ю.М. Корчак², Ю.М. Фургала²¹Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного²Львівський національний університет імені Івана Франка**ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ І ПРИСТРОЇВ ОПТОЕЛЕКТРОНІКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК**

Описано удосконалену методику визначення кута розбіжності лазерного пучка, розташування площини найкращого зображення та фокальної площини оптичного об'єктива з використанням фотодіода. Запропоновані експериментальні рішення дозволяють підвищити точність вимірювання наведених параметрів та характеристик і можуть знайти своє подальше застосування в лабораторних практикумах з фізичних дисциплін під час навчання курсантів вищих військових навчальних закладів.

Ключові слова: кут розбіжності лазерного пучка, фокусна відстань, площина найкращого зображення, фотодіод, оптичний об'єктив, растровий модулятор, перша гармоніка.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень та публікацій

Сьогодні пристрої та засоби оптоелектроніки як галузі науки, що утворилась на перетині оптики

та електроніки, досить широко використовують у повсякденному житті. Відомо, що у військовій справі усе ширшого використання набувають лазери (у лазерних прицілах, лазерних системах наведення тощо) та різного типу оптичні системи (системи