

*Микола Іванович Лисий (доктор технічних наук, доцент)  
Юлія Олександрівна Бабій (доктор технічних наук)  
Віктор Вікторович Поліщук (кандидат технічних наук)*

*Національна академія Державної прикордонної служби України, Хмельницький, Україна*

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ДЛЯ ПОШУКУ ПРАВОПОРУШНИКА ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ ЗА ЦІЛЕВКАЗАННЯМ

Особливістю виявлення радіоелектронним комплексом моніторингу кордону правопорушника є обмеженість часу спостереження його переміщення через лінію інженерних прикордонних споруджень, що здебільшого знаходиться у межах від декількох секунд до декількох хвилин і обумовлено природно-географічними умовами проходження державного кордону України, а також ефективністю інженерних загороджень. Тому, таке виявлення, такий моніторинг рухомих об'єктів на державному кордоні України можна вважати первинним. Враховуючи тенденцію до зменшення протяжності ділянок відповідальності відділів прикордонної служби до 20-25 км і відповідним часом висунення сил та засобів реагування на зміни обстановки (СЗРЗО) до найвіддаленішої ділянки кордону, наприклад, що найменше 30 хв., є необхідність у здійсненні вторинного виявлення правопорушника і спостереження за ним до прибуття сил та засобів реагування на зміни обстановки. Зазначене може бути реалізовано із застосуванням безпілотного літального апарату для пошуку правопорушника за цілевказанням, найбільш ефективним джерелом яких є радіоелектронний комплекс моніторингу кордону.

Метою даної статті є розробка рекомендацій щодо вдосконалення застосування безпілотного літального апарату для пошуку правопорушника за цілевказанням. Автори пропонують практичні рекомендації щодо застосування безпілотного літального апарату для пошуку правопорушника, що стосується режиму польоту за цілевказанням, тобто за відомими координатами і часом первинного виявлення правопорушника на лінії інженерних прикордонних споруджень.

**Ключові слова:** безпілотний літальний апарат, радіоелектронний комплекс моніторингу кордону, пошук правопорушника за цілевказанням, траєкторія.

### Вступ

Становлення України як правової демократичної держави обумовлює безальтернативний рух в напрямку євроатлантичної інтеграції. Докорінні зміни стану зовнішнього та внутрішнього безпекового середовища вимагають адекватного реагування системи забезпечення національної безпеки на державному кордоні, що потребує поетапного впровадження нових технологій в систему охорони державного кордону на різних ділянках, а також створення умов для забезпечення готовності до охорони тимчасово неkontrolьованих ділянок державного кордону. Виконання цих задач спонукало до розробки концептуальних документів щодо формування парку засобів для охорони кордону, а саме: стратегії розвитку системи охорони та інженерно-технічного облаштування державного кордону України на період до 2030 року; програми розвитку авіації Державної прикордонної служби України на період до 2020 року, відповідно яким передбачається запровадження в охороні кордону сучасних радіоелектронних комплексів моніторингу (РКМ) кордону, безпілотних літальних апаратів (БпЛА) з метою забезпечення виявлення правопорушника (ПП) в реальному часі та забезпечення умов для його затримання.

**Постановка проблеми.** Актуальність наукового завдання даної статті обумовлена потребою подолання невідповідностей між

наявністю у підрозділах охорони кордону БпЛА, збільшенням у перспективі їх парку, розвитком парку РКМ кордону та потребою в розробці моделей застосування БпЛА для пошуку ПП за цілевказанням від РКМ кордону із забезпеченням раціональної траєкторії польоту.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питання застосування БпЛА для виконання різномірних задач в різних сферах досліджувались такими вченими: Аслоняном А. Е., Балицьким І. І., Даником С. П., Дробахом Г. А., Ільошко В. М., Мосовим С. П., Brien Alkire, Edward D. McCormack та іншими [1-5]. Оцінка ефективності застосування сил та засобів в охороні кордону розглядалась такими вченими: Боровиком О. В., Катеринчуком І. С., Купрієнком Д. А., Лисим М. І. та іншими. Разом з тим, питанню застосуванню БпЛА для пошуку ПП за цілевказанням, опису траєкторії польоту з врахуванням особливостей пошуку ПП, оцінці ефективності сумісного застосування БпЛА і РКМ кордону в достатній мірі не приділялось уваги.

Отже, для ефективного застосування БпЛА, за умови облаштування сухопутного кордону РКМ, розроблено науково-методичні основи застосування БпЛА для пошуку ПП за цілевказанням від РКМ [3; 6-8], на основі чого можуть бути надані практичні рекомендації щодо вибору БпЛА і його застосування в охороні державного кордону України.

**Метою статті** є розробка практичних рекомендацій щодо вдосконалення застосування БпЛА для пошуку ПП за цільказанням.

**Виклад основного матеріалу дослідження**

З використанням БпЛА «Spectator-M» на базі Подільського загону був проведений експеримент щодо застосування БпЛА в режимі польоту за цільказанням від РКМ типу Системи оптико-електронного спостереження. Пошук ПП спочатку здійснювався за траєкторією паралельних прямолінійних галсів, а потім, за тих же умов, за траєкторією напівкругових галсів. При цьому, планування польоту здійснювалось із застосуванням програмного забезпечення БпЛА «Spectator-M» (рис. 1).



Рис. 1 Вікно програмного забезпечення безпілотного авіаційного комплексу «Spectator-M» при польоті за траєкторією напівкругових галсів

В результаті отримано стійке зменшення часу пошуку ПП на 20...28%. Виходячи із проведеної оцінки ефективності застосування БпЛА для пошуку ПП, розроблено практичні рекомендації щодо застосування БпЛА:

1. Типами БпЛА для застосування їх для пошуку ПП за цільказанням від РКМ можуть бути стаціонарний і мобільний. Для прискорення запуску БпЛА доцільно забезпечувати його транспортування у зібраному стані.

2. Зважаючи на однакову результативність різних режимів пошуку, перевагу слід надати пошуку ПП у режимі за цільказанням з покровим збільшенням радіусу напівкругових галсів, для якого характерна можливість здійснення більшої кількості галсів, обстеження більшої площі. При цьому, має забезпечуватись необхідна ширина смуги спостереження. Також, очевидно політ за траєкторією зі збільшенням радіусу галсів потребуватиме менше енергозатрат на керування польотом, що суттєво при його плануванні [6].

3. Вибір швидкості польоту БпЛА, ширини району пошуку ПП доцільно здійснювати згідно розроблених умови пошуку ПП з урахуванням часу його переміщення на ширину смуги спостереження БпЛА (1), (2) і умови пошуку ПП у межах заданого району його пошуку (3):

$$E_{ла} = \frac{1}{PL} \left( \frac{2C_{pmc}}{T_{pmc}} + \frac{2C_{ak}}{T_{ak}} + \frac{2C_{mz}}{T_{mz}} + \frac{2C_{nc}}{T_{nc}} + C_3(N_{pmc} + N_{ak} + N_{mz} + N_{me}) \right), (1)$$

де  $E_{ла}$  – приведена вартість ефективності наведення СЗРЗО на ПП із застосуванням РКМ і БпЛА, дол./ (км · рік);

$P$  – ймовірність виявлення ПП;

$L$  – протяжність ділянки охорони РКМ, км;

$C_{pmc}$  – вартість РКМ, дол.;

$T_{pmc}$  – термін служби РКМ, роки.

$C_{ak}$  – вартість БпАК, дол.;

$T_{ak}$  – термін служби БпАК, роки;

$C_{mz}$  – вартість транспортних засобів, дол.;

$T_{mz}$  – термін служби транспортних засобів, роки;

$C_{nc}$  – вартість переносних приладів спостереження, дол.;

$T_{nc}$  – термін служби переносних приладів спостереження, роки;

$C_{zm}$  – затрати на оплату праці однієї людини протягом року, дол./рік;

$N_{pmc}$  – кількість персоналу, яка експлуатує РКМ протягом доби;

$N_{ak}$  – кількість персоналу, яка експлуатує БпАК протягом доби;

$N_{me}$  – кількість персоналу тривожної групи (прийнято три);

$N_{mz}$  – кількість персоналу, яка експлуатує транспортний засіб протягом доби.

Цифра 2 при вартостях технічних засобів опосередковано враховує затрати на їх експлуатацію і прийнята однаковою для різних засобів по аналогії до транспортних засобів. У [7; 8] зазначається, що засіб доцільно експлуатувати до моменту, коли залишкова вартість зрівняється з прогнозованими затратами на подальшу експлуатацію засобу, при цьому загальні витрати на придбання і експлуатацію засобу перевищують в 1,5-2 рази його вартість. Подібний висновок зроблено і у роботі [9].

Удосконалимо вираз (1) щодо застосування тільки РКМ:

$$E_{pmc} = \frac{1}{PL} \left( \frac{2C_{pmc}}{T_{pmc}} + \frac{2C_{mz}}{T_{mz}} + \frac{2C_{nc}}{T_{nc}} + C_3(N_{pmc} + N_{mz} + N_{me} + N_{en}) \right), (2)$$

де  $E_{pmc}$  – приведена вартість ефективності наведення СЗРЗО на ПП із застосуванням РКМ, дол./ (км · рік);

$N_{en}$  – кількість персоналу групи прикриття.

Тоді, з врахуванням (1) і (2) показник оцінки ефективності пошуку ПП із застосуванням БпЛА буде мати вигляд:

$$E = \frac{E_{pmc}}{E_{ла}}. (3)$$

Чим більше одиниці значення показника ефективності (3), тим більша ефективність. Значення окремих однакових часткових показників у виразах (2), (3) будуть різними. Від кількості персоналу групи прикриття залежатиме кількість, а значить і вартість транспортних засобів, переносних приладів спостереження.

4. Виявлення РО доцільно здійснювати автоматизовано.

Застосування БпЛА для пошуку ПП потребуватиме врахування геоінформаційних властивостей місцевості для коректування траєкторії польоту.

Одним із важливих напрямів застосування БпЛА в охороні державного кордону України є визначення необхідної кількості комплексів, БпЛА для виконання завдань на певних ділянках державного кордону України. Раціональне число БпЛА буде залежати:

при веденні контрольного пошуку: від кількості районів патрулювання, які визначені на ділянках відповідальності прикордонного підрозділу; від необхідності, за частотою, ведення контрольного пошуку у визначених районах; від розташування та характеристик місцевості районів відповідальності; від можливості та необхідності ведення контрольного пошуку у декількох районах одночасно;

при пошуку за цілевказанням: від облаштування державного кордону України в інженерному відношенні; від можливостей отримання достовірної інформації про місце перебування ПП; від оперативних сил прикордонних підрозділів та технічних засобів охорони кордону; від інтенсивності та характеристик можливих порушень на державному кордоні України.

Проте, в останньому випадку суттєво менше буде навантаження на БпЛА, що дозволяє

стверджувати про достатність одного комплексу БпЛА для відділу прикордонної служби за умови обладнання ділянки охорони РКМ. Таким чином, для визначення раціональної кількості БпЛА, яка необхідна для впровадження в охорону державного кордону на відповідних ділянках відповідальності прикордонних підрозділів, необхідно визначити необхідний об'єм контролю державного кордону України та необхідну інтенсивність застосування.

#### Висновки і перспективи подальших досліджень

Отримано стійке зменшення часу пошуку ПП на 20-28 % із застосуванням БпЛА «Spectator-M» в режимі польоту за цілевказанням від Системи оптико-електронного спостереження.

Значення отриманих у статті результатів для практики полягає в оцінці ефективності та розробці практичних рекомендацій застосування БпЛА для пошуку ПП за цілевказанням від РКМ.

Перспективні напрямки подальших досліджень у технічній галузі може бути обґрунтування вимог до більш ефективних БпЛА, у військовій сфері – розробка методики протидії БпЛА, які порушують кордон.

#### Література

1. Патент UA104494 U. Система виявлення, розпізнавання, супроводження повітряних та наземних цілей / Ю. Г. Даник, С. О. Дупелич; власники патенту Ю. Г. Даник, С. О. Дупелич заявл. 25.05.15; опубл. 10.02.16. Бюл. № 3. – 6 с. : іл. 2. Данник Ю. Г., Балицький І. І. Здійснення охорони державного кордону із інтегральним застосуванням безпілотних і космічних засобів. *Застосування космічних систем в інтересах національної безпеки та оборони: Матеріали наук.-практ. семінару*. 2008. С. 17-25. 3. Балицький І. І., Лисий М. І., Поліщук В. В. Методика підготовки і проведення польових випробувань безпілотних авіаційних комплексів охорони державного кордону. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки: наукове видання*. 2015. №4(66). С. 6–17. 4. Данник Ю. Г., Катеринчук І. С., Балицький І. І. Методика забезпечення безпеки застосування БпЛА при виконанні спеціальних задач в складних умовах. *Науковий журнал Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2017. С. 116-125. 5. Зіатдінов Ю. К., Кукліньський М. В., Мосов С. П., Фещенко А. Л. Застосування безпілотних літальних апаратів у воєнних конфліктах сучасності. 2013. С. 248. 6. Лисий М. І., Балицький І. І.,

Бабій Ю. О., Поліщук В. В. Оцінка характеристик пошуку правопорушника за цілевказанням із застосуванням безпілотного літального апарату. *Військово-технічний збірник Національної академії Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного*. 2017. С. 38–43. 7. Лисий М. І., Бабій Ю. О., Дармороз М. М., Поліщук В. В. Удосконалення моделі оцінки ефективності радіотехнічного комплексу охорони сухопутного кордону. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2016. №3(27). С. 59–66. 8. Поліщук В. В. Удосконалення методики військово-економічної оцінки ефективності застосування безпілотного літального апарату за комплексом показників для пошуку правопорушника за цілевказанням від радіоелектронного комплексу моніторингу. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки: наукове видання*. 2018. № 1 (75). С. 6–19. 9. Бабій Ю. О., Поліщук В. В. Класифікація та перспективи розвитку технічних засобів охорони та захисту кордону. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського*. 2017. №3(61). С. 105–108.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПОИСКА ПРАВОНАРУШИТЕЛЯМИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ ЗА ЦЕЛЕУКАЗАНИЯ

Николай Иванович Лысый (доктор технических наук, доцент)

Юлия Александровна Бабий (доктор технических наук)

Виктор Викторович Полищук (кандидат технических наук)

Национальная академия Государственной пограничной службы Украины, Хмельницкий, Украина

Особенностью выявления радиоэлектронным комплексом мониторинга границы правонарушителя является ограниченность времени наблюдения его перемещения через линию инженерных пограничных сооружений, что в основном находится в пределах от нескольких секунд до нескольких минут и обусловлено природно-географическими условиями прохождения государственной границы Украины, а также эффективностью инженерных заграждений. Поэтому, такое обнаружения, такой мониторинг подвижных объектов на государственной границе Украины можно считать первичным. Учитывая тенденцию к уменьшению протяженности участков ответственности отделов пограничной службы до 20-25 км и соответствующим временем выдвигения сил и средств реагирования на изменения обстановки до самого участка границы, например, по меньшей мере 30 мин., есть необходимость в осуществлении вторичного выявления правонарушителя и наблюдения за ним до

прибытия сил и средств реагирования на изменения обстановки. Указанное может быть реализовано с применением беспилотного летательного аппарата для поиска правонарушителя за целеуказанием, наиболее эффективным источником которых является радиоэлектронный комплекс мониторинга границы.

Целью данной статьи является разработка рекомендаций по совершенствованию применения беспилотного летательного аппарата для поиска правонарушителя за целеуказанием. Авторы предлагают рекомендации по применению беспилотного летательного аппарата для поиска правонарушителя, касательно режима полета по целеуказанию, то есть по известным координатам и времени первичного выявления правонарушителя на линии инженерных пограничных сооружений.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, радиоэлектронный комплекс мониторинга границы, поиск правонарушителя по целеуказанию.

## PRACTICAL RECOMMENDATIONS FOR APPLICATION OF A SAFE LITERAL APPARATUS FOR THE PURPOSE OF THE GOVERNMENT OF THE STATE BORDER FOR AIM OF TARGETING

*Nikolay Lisiy (Doctor of technical sciences, chief of doctorate)*

*Juliiy Babii (Doctor of technical sciences)*

*Viktor Polishchuk (Candidate of technical sciences)*

*National academy of state border guard service of Ukraine, Khmelnytskyi, Ukraine*

The peculiarity of detecting a radio-electronic complex of monitoring the offender's border is the limited time of observing its movement through the line of engineering boundary constructions, which is basically in the range of several seconds to several minutes and is conditioned by the natural-geographical conditions of the passage of the state border of Ukraine, as well as the effectiveness of engineering barriers. Therefore, such discovery, such monitoring of mobile objects on the state border of Ukraine can be considered primary. Taking into account the tendency to reduce the length of the areas of responsibility of the border service departments up to 20-25 km and the corresponding time of advancing forces and means of responding to changes in the situation to the very border of the border, for example, at least 30 minutes, there is a need for a secondary identification of the offender and the observation of before the arrival of forces and means of responding to changes in the situation. The above can be realized with the use of an unmanned aerial vehicle for the search of the offender for the target, the most effective source of which is the radio-electronic complex of monitoring of the border.

The purpose of this article is to develop recommendations for improving the use of an unmanned aerial vehicle for the search of the offender for a purpose-finding. The authors propose recommendations for the use of an unmanned aerial vehicle for the search of the offender in relation to the flight regime for target identification, that is, according to known coordinates and time of the primary identification of the offender on the line of engineering boundary constructions.

**Key words:** unmanned aerial vehicle, radio-electronic complex of border monitoring, search of the offender for the purpose-finding.

### References

1. Patent UA104494 U. Systema vyivlennia, rozpoznavannia, suprovodzhennia povitrianykh ta nazemnykh tsilei. Yu. H. Danyk, S. O. Dupelych; vlasnyky patentu Yu. H. Danyk, S. O. Dupelych zaiavl. 25.05.15; opubl. 10.02.16.Biul. № 3. – 6 s. : il. 2. **Dannyk Yu., Balytskyi I.** (2008). Zdiisnennia okhorony derzhavnoho kordonu iz intehralnym zastosuvanniam bezpilotnykh i kosmichnykh zasobiv [Implementation of the protection of the state border with the integrated application of unmanned and space vehicles]. Zastosuvannia kosmichnykh system v interesakh natsionalnoi bezpeky ta oborony: Materialy nauk.-prakt. seminaru. 17-25. 3. **Balytskyi I., Lysyi M., Polishchuk V.** (2015). Metodyka pidhotovky i provedennia polovykh vyprobuvan bezpilotnykh aviatsiinykh kompleksiv okhorony derzhavnoho kordonu [Methodology for preparing and conducting field trials of unmanned aviation complexes for the protection of the state border]. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Serii : viiskovi ta tekhnichni nauky : naukove vydannia. 6–17. 4. **Dannyk Yu., Katerynchuk I., Balytskyi I.** (2017). Metodyka zabezpechennia bezpeky zastosuvannia BpLA pry vykonanni spetsialnykh zadach v skladnykh umovakh [The method of ensuring the safety of the use of ABS in the performance of special tasks in difficult conditions]. Naukovyi zhurnal Suchasni informatsiini tekhnologii u sferi bezpeky ta oborony. 116-125. 5. **Ziatdinov Yu., Kuklinskyi M., Mosov S., Feshchenko A.** (2013). Zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ u voiennykh konfliktakh suchasnosti [The use of 6.unmanned aerial vehicles in the military conflict of the present]. 248. 6. **Lysyi M., Balytskyi I., Babii Yu., Polishchuk V.** (2017). Otsinka kharakterystyk poshuku

pravoporushnyka za tsilevkazanniam iz zastosuvanniam bezpilotnoho litalnoho aparatu [Assessment of the characteristics of the offender's search by targeting with the use of an unmanned flying vehicle]. Viiskovo-tekhnichniy zbirnyk Natsionalnoi akademii Sukhoputnykh viisk imeni hetmana Petra Sahaidachnoho. 38–43. 7. **Lysyi M., Babii Yu., Darmoroz M., Polishchuk V.** (2016). Udoskonalennia modeli otsinky efektyvnosti radiotekhnichnoho kompleksu okhorony sukhoputnoho kordonu [Improvement of the model for assessing the effectiveness of the radio engineering complex for the protection of the land border]. Suchasni informatsiini tekhnologii u sferi bezpeky ta oborony. 59–66. 8. **Polishchuk V.** (2018). Udoskonalennia metodyky voienno-ekonomichnoi otsinky efektyvnosti zastosuvannia bezpilotnoho litalnoho aparatu za kompleksom pokaznykiv dlia poshuku pravoporushnyka za tsilevkazanniam vid radioelektronnoho kompleksu monitoringu [Improvement of the methodology of military-economic evaluation of the efficiency of the use of an unmanned aerial vehicle on a set of indicators for the search of the offender on the target from the radio electronic monitoring complex]. Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Serii : viiskovi ta tekhnichni nauky : naukove vydannia. 6–19. 9. **Babii Yu., Polishchuk V.** (2017). Klasyfikatsiia ta perspektyvy rozvytku tekhnichnykh zasobiv okhorony ta zakhystu kordonu [Classification and prospects of the development of technical means of protection and protection of the border]. Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen Natsionalnoho universytetu oborony Ukrainy imeni Ivana Cherniakhovskoho. 105–108.