

Андрій Миколайович Козуб (канд. техн. наук, с.н.с., доцент кафедри)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

## ОЦІНКА БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ З РАДІОПОДАВЛЕННЯ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПОСТАНОВКИ ПЕРЕШКОД В ОПЕРАЦІЯХ

У статті розглянуто застосування групи безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для постановки перешкод наземним станціям прийому супутникового зв'язку з використанням методів колективного управління. Завдання оцінки бойових можливостей з радіоподавлення супутникового зв'язку з використанням БПЛА постановки перешкод, як для однієї станції супутникового зв'язку (лінії супутникового зв'язку) так і для декількох є актуальним. Тому постає питання застосування групи багатofункціональних БПЛА, що можуть використовуватись також в антитерористичних операціях для постановки перешкод стаціонарним (мобільним) станціям супутникового зв'язку. На прикладі застосування БПЛА постановки перешкод була проведена оцінка бойових можливостей з радіоподавлення супутникового зв'язку.

Таким чином, проведена оцінка бойових можливостей засобів радіоподавлення супутникового зв'язку дозволяє обґрунтувати необхідний ресурс цих засобів для вирішення завдань з радіоподавлення супутникового зв'язку умовного противника в операції.

В подальших дослідженнях необхідно оцінити бойові можливості групи БПЛА (до 3-х) по радіоподавленню станції супутникового зв'язку (ССЗ) або лінії супутникового зв'язку (ЛСЗ), а також оцінити бойові можливості групи БПЛА по радіоподавленню системи супутникового зв'язку (ліній супутникового зв'язку) в операційному районі, в тому числі і мобільних станцій супутникового зв'язку.

**Ключові слова:** станція супутникового зв'язку; лінія супутникового зв'язку; радіоподавлення; безпілотний літальний апарат постановки перешкод.

### Вступ

Досвід локальних війн і збройних конфліктів свідчить про зростання ролі радіоелектронної боротьби (РЕБ) у досягненні загальних цілей операцій (бойових дій). БПЛА здатні виконувати низку завдань на дезорганізацію системи державного і військового управління противника, досягнення інформаційної переваги над ним. На тактичному рівні БПЛА можуть використовуватись для протидії радіоелектронній зброї, брати участь у реалізації таких форм і способів ведення РЕБ та вогневого ураження, як радіоелектронний удар, радіоелектронно-вогневий бій, радіоелектронне блокування (подавлення). Провідна роль при цьому належить БПЛА тактичного та оперативного-тактичного рівнів.

Таким чином, для вирішення завдань РЕБ, БПЛА можуть створювати активні та пасивні радіоелектронні перешкоди усім радіолокаційним станціям (РЛС) виявлення, наведення і цілевказання противника на визначених напрямках або вибірково придушення окремих РЛС та терміналів супутникового зв'язку [1].

**Постановка проблеми.** В статті розглядається завдання оцінки бойових можливостей з радіоподавлення (РП) супутникового зв'язку (СЗ) з використанням БПЛА постановки перешкод (БПЛА-ПП), як для однієї ССЗ (ЛСЗ) так і для декількох. Тому постає питання застосування групи багатofункціональних БПЛА, що можуть використовуватись також в антитерористичних

операціях для постановки перешкод стаціонарним (мобільним) станціям супутникового зв'язку.

Переваги групового застосування БПЛА очевидні. Це і більший радіус дії, що досягається за рахунок розосередження БПЛА по всій робочій зоні; і розширений набір виконуваних функцій, що досягається за рахунок установок на кожен БПЛА індивідуальних виконавчих пристроїв; і, нарешті, більш висока ймовірність виконання завдання, що досягається за рахунок можливості перерозподілу цілей між БПЛА групи у разі виходу з ладу деяких з них.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дане завдання відноситься до організації мультиагентної взаємодії в групах інтелектуальних роботів (управління колективною поведінкою). Зазвичай колективне управління притаманне групам людей – колективам. Однак, принципи колективного управління ефективно використовуються і в системах управління роботами, а також і БПЛА [2-4].

Метод колективного управління та ітераційна процедура оптимізації колективних дій є основою великої кількості алгоритмів, призначених для розв'язання широкого класу задач мультиагентного управління складними технічними системами.

Основою відмінністю підходу, який базується на принципах колективного мультиагентного управління, є відносно низька обчислювальна складність реалізації його алгоритмів, що дозволяє

швидко приймати якщо не оптимальні, то близькі до них рішення в умовах динамічно мінливої ситуації.

Очевидним вирішенням вказаних вище проблем є застосування при вирішенні завдання постановки перешкод станціям прийому супутникового зв'язку відразу декількох БПЛА-агентів.

БПЛА в процесі функціонування повинні постійно підтримувати зв'язок. При відсутності зв'язку БПЛА, який опинився без зв'язку, наближається до сусіднього БПЛА на необхідну дистанцію для відновлення зв'язку, а потім підтримує його.

Активне придушення каналів супутникового зв'язку можна очікувати перед початком та під час ведення бойових дій і антитерористичних операцій. Одним з найефективніших є вплив на супутники-ретранслятори [5-7], що дає можливість ураження всіх ЛСЗ, але є складним для реалізації. Вплив перешкод на територіально рознесені ССЗ менш ефективний, так як вони можуть розміщуватись в складних умовах місцевості. Для

цього необхідно застосовувати, як одиничні БПЛА постановки перешкод, так і групу БПЛА для підвищення ефективності придушення ССЗ (ЛСЗ).

**Мета статті** – Оцінити бойові можливості по подавленню ССЗ (ЛСЗ) БПЛА постановки перешкод.

**Виклад основного матеріалу дослідження**

Розглянемо ситуацію, коли БПЛА-ПП баражує у повітрі над територією умовного противника на висоті  $h$  від земної (морської) поверхні і випромінює радіоперешкоди з потужністю  $P_p$  на частоті  $f$  в бік наземного терміналу СЗ, (рис. 1.) Супутник-ретранслятор (СР) знаходиться на висоті  $H$  і здійснює передачу радіосигналів терміналу СЗ на відстань  $D$ . Подавлення приймача терміналу СЗ ведеться БПЛА-ПП по боковій пелюстці діаграми спрямованості антени (ДСА).

Показниками бойових можливостей БПЛА-ПП з РП терміналів СЗ є:

- нахильна дальність подавлення терміналу СЗ  $d$ ;
- радіус подавлення терміналу СЗ  $R_{PP}$ .

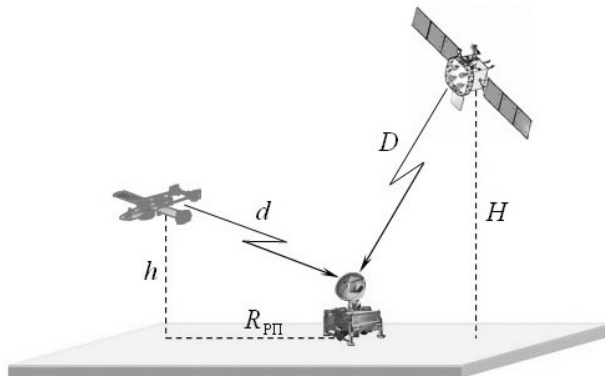


Рис. 1. Подавлення БПЛА-ПП приймача терміналу СЗ по боковій пелюстці ДСА

Після того, як буде проведена їх оцінка, необхідно порівняти  $R_{PP}$  з діаметром розгортання елементів пункту управління командного пункту (КП) умовного противника відповідної ланки, на площі якого розташовані термінали СЗ та зробити

висновок про можливість або неможливість вирішення завдань з РП терміналів СЗ умовного противника. Розміри елементів пунктів управління типових КП умовного противника наведені в табл. 1 [8].

Таблиця 1

**Розміри типових командних пунктів умовного противника**

№ з/п	Найменування КП	Віддаленість, км		Розміри, км		Площа, км <sup>2</sup>	Кількість РЕЗ
		у наступі	в обороні	фронт	глибина		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	основний КП АК	20–30	20–40	3	4	12	23
2.	передовий КП АК	8–15	10–20	0,8	1,2	0,9	9
3.	тиловий КП АК	30–80	40–90	13	2	3	7
4.	основний КП дивізії	8–12	10–20	1,5	2,2	2-3	16
5.	передовий КП дивізії	4–6	6–10	0,2	0,3	0,6	12
6.	тиловий КП дивізії	15–30	25–45	0,3	0,3	1	9
7.	основний КП бригади	1–6	8–10	0,2	0,25	0,5	11
8.	передовий КП бригади	1,5–2	3–5	0,1	0,2	0,2	4

Використовуючи отримані результати, оцінимо величину  $d$  при виконанні БПЛА-ПП ( $h=4$  км) завдань з РП загороджувальної радіоперешкодою

терміналу військової ССЗ типу MILSTAR-2 ( $f=20...21$  ГГц) в тактичній ланці управління умовного противника за виразом

$$d = \sqrt{\frac{P_{\text{п}} \cdot G_{\text{ПП}} \cdot G_{\text{т}}}{4\pi \cdot P_{\text{п}}^{\text{ВХ}} \cdot K_{\text{атм}} \cdot K_{\text{д}}}} \quad (1)$$

при виконанні умови

$$P_{\text{п}}^{\text{ВХ}} \geq K_{\text{п}} \cdot P_{\text{с}}^{\text{ВХ}}, \quad (2)$$

де  $G_{\text{ПП}}$  – коефіцієнт підсилення антени радіопередавача БПЛА-ПП;  $G_{\text{т}}$  – коефіцієнт підсилення антени радіоприймача терміналу СЗ;  $P_{\text{п}}^{\text{ВХ}}$  – потрібна потужність перешкоди на вході радіоприймача терміналу СЗ;  $P_{\text{с}}^{\text{ВХ}}$  – потужність сигналів СР на вході радіоприймача терміналу СЗ.

Коефіцієнт подавлення лінії СЗ приймача значення  $K_{\text{п}} = 3,1 \dots 82 \cdot 10^3$  [5]. Оцінку показників  $d, R_{\text{РП}}$  проведемо для найгіршого випадку, коли  $K_{\text{п}} = 82 \cdot 10^3$ .

Потужність сигналів СР на вході радіоприймача терміналу СЗ дорівнює

$$P_{\text{с}}^{\text{ВХ}} = \frac{P_{\text{с}} \cdot G_{\text{СР}} \cdot G_{\text{т}}}{K_{\text{ВП}} \cdot K_{\text{атм}} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{НДН}}}, \quad (3)$$

де  $G_{\text{СР}}$  – коефіцієнт підсилення антени радіопередавача СР.

Для ССЗ типу MILSTAR-2  $P_{\text{с}} = 8 \cdot 10^3$  Вт,  $G_{\text{СР}} = 40$  дБ,  $G_{\text{т}} = 30$  дБ,  $D = 35888$  км. Коефіцієнти на трасі СР – термінал набували значень:  $K_{\text{ВП}} = 162,3$  дБ,  $K_{\text{атм}} = 0,4$  дБ,  $K_{\text{д}} = 31,7$  дБ,  $K_{\text{НДН}} = 19,1$  дБ. На трасі БПЛА-ПП – термінал:  $K_{\text{атм}} = 0,2$  дБ,  $K_{\text{д}} = 16,6$  дБ.

Підставляючи вихідні дані у формулу (3), отримаємо  $P_{\text{с}}^{\text{ВХ}} = 3,753 \cdot 10^{-11}$  Вт. Враховуючи (2)

оцінимо  $d$  за виразом (1) та  $R = \sqrt{d^2 - h^2}$ . Результати оцінки наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати оцінки показників РП терміналів ССЗ типу MILSTAR-2 із застосуванням БПЛА-ПП

№ з/п	Потужність передавача радіоперешкод БПЛА-ПП, Вт	Показник, який оцінювався	
		d, км	R, км
1.	3	2,847	–
2.	6	4,026	0,457
3.	15	6,366	4,952
4.	50	11,62	10,91
5.	150	20,13	19,73
6.	200	23,24	22,9
7.	270	27,01	26,71

На підставі аналізу отриманих результатів (див. табл. 2), можливо зробити висновок, що для РП наземних терміналів ССЗ типу MILSTAR-2 в тактичній ланці управління військами (силами) умовного противника можливо застосовувати БПЛА-ПП. Мінімальна потужність передавача радіоперешкод БПЛА-ПП буде складати  $P_{\text{п}} = 6$  Вт, висота польоту  $h = 4$  км, див. табл. 2.

Порівняв значення величин  $R_{\text{РП}}$  (див. табл. 2) та діаметру вузлів зв'язку КП (див. табл. 1) робимо висновок, що для РП вузла зв'язку КП будь-якої ланки управління умовного противника, а також окремого терміналу будь-якої ССЗ достатньо одного БПЛА-ПП. Радіус баражування БПЛА-ПП  $R_{\text{РП}}$  над об'єктом радіоелектронного подавлення (рис.1)

буде визначатись в залежності від потужності передавача перешкод.

### Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, проведена оцінка бойових можливостей засобів РП супутникового зв'язку дозволяє обґрунтувати необхідний ресурс цих засобів для вирішення завдань з РП СЗ умовного противника в операції.

В подальших дослідженнях необхідно оцінити бойові можливості групи БПЛА (до 3-х) по РП ССЗ (ЛСЗ), а також оцінити бойові можливості групи БПЛА по радіоподавленню системи ССЗ (ЛСЗ) в операційному районі, в тому числі і мобільних ССЗ.

### Література

1. Радецький В. Г. Безпілотна авіація в сучасній збройній боротьбі / В. Г. Радецький, І. С. Руснак, Ю. Г. Даник; Монографія. – К. : НАОУ, 2008. – 224 с.  
 2. Каляев И. А. Распределенные системы планирования действий коллективов роботов / И. А. Каляев, А. Р. Гайдук, С. Г. Капустян; Монография. – М. : Янус-К, 2002. – 292 с.  
 3. Кунцевич В. М. Некоторые задачи управления групповым движением подвижных роботов / В. М. Кунцевич // Проблемы управления и автоматизации. – № 1. – 2012. – С. 5–18.  
 4. Каляев И. А. Использование принципов коллективного принятия решений при распределении потока задач в компьютерных сетях / И. А. Каляев // Информационные технологии. – 2002. – №6, – С. 82–85.  
 5. Куприянов А. И. Теоретические основы

радиоэлектронной борьбы / А. И. Куприянов, А. В. Сахаров – М. : “Вузовская книга”, 2007. – 350 с.  
 6. Современная радиоэлектронная борьба. Вопросы методологии / Под ред. Радзиевского В.Г. – М. : “Радиотехника”, 2006. – С. 154–276.  
 7. Ліпатов А. О. Захист систем супутникового зв'язку від радіоелектронного придушення / А. О. Ліпатов, Ю. А. Мазниченко, Ю. О. Черкасова, О. Є. Бондаренко // Науковий журнал “Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони”. – № 1(19). – 2014. – С. 43–48.  
 8. Заїка В.Ф. Оперативне мистецтво іноземних армій: навчальний посібник / В. Ф. Заїка, О. М. Мішков, М. М. Кузьмін та ін. – 2-ге вид. доп. – К. : НУОУ, 2011. – 96 с.

**ОЦЕНКА БОЕВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПО РАДИОПОДАВЛЕНИЮ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПОСТАНОВКИ ПОМЕХ В ОПЕРАЦИЯХ**

*Андрей Николаевич Козуб (канд. техн. наук, с.н.с., доцент кафедры)*

*Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина*

*В статье рассмотрено применение группы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для постановки помех наземным станциям приема спутниковой связи с использованием методов коллективного управления. Задача оценки боевых возможностей по радиоподавлению спутниковой связи с использованием БПЛА постановки помех, как для одной станции спутниковой связи (линии спутниковой связи) так и для нескольких является актуальной.*

*Таким образом, проведенная оценка боевых возможностей средств радиоподавления спутниковой связи позволяет обосновать необходимый ресурс этих средств для решения задач радиоподавления спутниковой связи вероятного противника в операции.*

*В дальнейших исследованиях необходимо оценить боевые возможности группы БПЛА (до 3-х) по радиоподавлению станции спутниковой связи (линии спутниковой связи), а также оценить боевые возможности группы БПЛА по радиоподавлению системы спутниковой связи (линий спутниковой связи) в операционном районе, в том числе и мобильных станций спутниковой связи.*

**Ключевые слова:** станция спутниковой связи; линия спутниковой связи; радиоподавление; беспилотный летательный аппарат постановки помех.

**JAMMING COMBAT CAPABILITIES ASSESSMENT OF SATELLITE COMMUNICATION USING JAMMING UNMANNED AIR VEHICLES IN OPERATIONS**

*Andrii M. Kozub (Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, Associate Professor of a Department)*

*National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine*

*Using group of unmanned air vehicles (UAV) for ground stations of receiving satellite communication jamming using collective management methods was considered in the article. The task of jamming combat capabilities assessment of satellite communication using jamming UAV for both one station of satellite communication (satellite communication line) and several is relevant.*

*Therefore, the conducted combat capabilities assessment of satellite communication jamming means allows to justify the necessary resource of these means for solving jamming tasks of enemy satellite communications in an operation.*

*Further researches is necessary to assess the UAV group combat capabilities (up to 3) according to satellite station jamming (satellite communication line), as well as to assess the UAV group combat capabilities according to satellite system jamming (satellite communication lines) in the operational area, including mobile satellite communication stations.*

**Keywords:** satellite communication station; satellite communication line; jamming; jamming unmanned air vehicles.

**References**

- 1. Radetskiy V.G.,** Rusnak I.S., Danik Y.G. (2008), Unmanned aviation in modern armed struggle: Monograph, [Bezpilotna aviatsiia v suchasni zbroinii borotbi], Kyiv, NAOU, 224 p.
- 2. Kalyaev, I.A.** Gayduk A.R., Kapustyan S.G. (2002), Distributed systems of action planning teams of robots: Monograph. [Raspredelennye sistemy planirovaniya dejstvij kollektivov robotov: monografiya], Yanus-K, Moscow, 292 p.
- 3. Kuncovich V.M.** (2012), Some tasks of mobile robots group motion, [Nekotorye zadachi upravlenija gruppovym dvizheniem podvizhnyh robotov], Problemy upravleniya i avtomatiki, № 1, P. 5-18.
- 4. Kalyaev I.A.** (2002), Using collective decision-making principles when distribution of tasks flow in computer networks. [Ispolzovanie printsipov kollektivnogo primyatiya resheniy pri raspredelenii potoka zadach v kompyuternykh setyah], Informatsionnye tehnologii, № 6, pp. 82-85.
- 5. Kupriyanov A.I.,** Saharov A.V. (2007), Theoretical foundations of radioelectronic warfare. [Teoreticheskie osnovy radioelektronnoy borby], "Vuzovskaya kniga", Moscow, 350 p.
- 6. Modern** radioelectronic warfare. Methodological issues. [Sovremennaya radioelektronnaya borba. Voprosy metodologii], Pod red. Radzievskogo V.G., "Radiotekhnika", Moscow, 2006, pp. 154-276.
- 7. Lipatov A.O.,** Maznychenko Y.A., Cherkasova Y.O., Bondarenko O.E., (2014), Protection of satellite communications systems of radio electronic suppression", [Zakhyst system suputnykovoho zviazku vid radioelektronnoho prydushennia], Naukovyi zhurnal "Suchasni informatsiini tekhnologii u sferi bezpeky ta oborony", № 1 (19), pp. 43-48.
- 8. Zai'ka V.F.** Mishkov O.M., Kuz'min M.M. (2011), Foreign armies operational art. [Operatyvne mystetstvo inozemnykh armii], navchalnyi posibnyk, 2 vydannia, NUOU, Kyiv, 96 p.

Отримано: 8.10.2014 р.