

# Розвиток, бойове застосування та озброєння радіотехнічних військ

УДК 621.396.96

С.Д. Вишневський<sup>1</sup>, Л.В. Бейліс<sup>1</sup>, В.Й. Климченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

<sup>2</sup> Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ПОТЕНЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ РЛС РТВ З ВИЯВЛЕННЯ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНИХ ТА ТАКТИЧНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*Основною проблемою при радіолокаційному виявленні оперативно-тактичних та тактичних БПЛА є їх мала радіолокаційна помітність, тому для виявлення таких літальних апаратів необхідні радіолокаційні засоби з високим енергетичним потенціалом. Такий потенціал РЛС РТВ мають, але способи його використання при виявленні пілотованих літальних апаратів на дальностях в сотні кілометрів і БПЛА на дальностях 10...20 км є принципово різними, що суттєво обмежує можливості використання РЛС РТВ для вирішення таких невластивих для них завдань, як виявлення БПЛА.*

*Досліджені можливості основних типів оглядових РЛС і радіолокаційних висотомірів з виявлення оперативно-тактичних та тактичних БПЛА. Доведено, що виявлення оперативно-тактичних БПЛА здатні здійснювати усі РЛС РТВ в межах своїх ТТХ з виявлення повітряних цілей типу "крилата ракета", а виявлення міні-БПЛА здатні здійснювати лише радіолокаційні висотоміри типу ПРВ-13 та ПРВ-17 поза зоною впливу віддзеркалень від місцевих предметів.*

**Ключові слова:** *безпілотний літальний апарат, малорозмірна ціль, радіолокаційна станція, зона виявлення повітряних об'єктів.*

### Вступ

**Постановка проблеми.** Одним з пріоритетних напрямків використання новітніх технологій у ході бойових дій в зоні проведення антитерористичної операції (АТО) є широке застосування БПЛА, як з розвідувальною метою, так і для здійснення терористичних атак. Найбільш широке застосування знайшли БПЛА оперативно-тактичного призначення російського виробництва типу "Орлан-10" та "Форпост", а також БПЛА Camcopter S100 виробництва австрійської компанії Schiebel, який використовується в зоні АТО спостережною місією ОБСЄ. Серед БПЛА тактичного призначення противником широко використовуються міні-БПЛА типу "Иркут-2М", "Иркут-3" та "Zala".

Спеціальних засобів своєчасного виявлення таких літальних апаратів на сьогодні практично не існує. Через це постає питання про можливість застосування тих радіолокаційних засобів, які є на озброєнні радіотехнічних військ (РТВ), для виявлення оперативно-тактичних та тактичних БПЛА.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ефективність застосування такого класу озброєнь, як БПЛА, наочно доведена в чисельних локальних війнах та збройних конфліктах за останні три десятиліття. На сьогодні в арміях провідних країн світу все більше і

більше бойових завдань покладаються саме на БПЛА [1]. За масштабом виконуваних завдань найбільш поширеними є БПЛА тактичного та оперативно-тактичного призначення [2; 3]. Саме ці типи БПЛА є найбільш проблемними щодо їх своєчасного виявлення та знищення. За останні роки здійснюються активні пошуки ефективних способів та засобів боротьби з означеними типами літальних апаратів. Для своєчасного виявлення БПЛА використовують різноманітні фізичні явища, які супроводжують БПЛА, як матеріальний об'єкт, і демаскують його в середовищі перебування. На основі цих явищ активно розробляються різноманітні засоби своєчасного виявлення БПЛА. Це і традиційні засоби радіолокації [4] та радіотехнічної розвідки [5], і давно забуті акустичні засоби [6], і оптико-електронні засоби та засоби розвідки в інфрачервоному діапазоні [7]. Але кожен з означених засобів уособлено не є і не може бути універсальним засобом виявлення таких своєрідних об'єктів, як БПЛА, через слабкість супроводжуючих їх явищ. Більш-менш ефективно завдання виявлення БПЛА може бути вирішено через системне поєднання усіх можливих способів, як це пропонується в [8]. На сьогодні поки що такі засоби у військах відсутні, тому в реальності виявлення БПЛА змушені здійснювати тими радіолокаційними засобами, які є в розпорядженні командування.

Але безпілотні літальні апарати (БПЛА) тактичного та оперативно-тактичного рівнів є досить специфічними об'єктами радіолокаційної розвідки.

Особливостями БПЛА, як цілей для засобів радіолокаційної розвідки, є:

- можливість польоту до об'єктів удару (розвідки) на гранично малих висотах, що, ускладнює їх своєчасне виявлення, а також впливає на безперервність їх супроводження підрозділами РТВ, ЗРВ;

- мала радіолокаційна помітність, яка зумовлена малою ефективною поверхнею розсіювання, також ускладнює своєчасне виявлення радіолокаційними засобами РТВ, ЗРВ;

- виявлення БПЛА відбувається в зоні засвічувань від місцевих предметів, що вимагає включення апаратури захисту від пасивних завад.

**Метою цієї статті** є визначення реальних можливостей радіолокаційних засобів, що є на озброєнні РТВ, з виявлення безпілотних літальних апаратів тактичного і оперативно-тактичного призначення.

## Виклад основного матеріалу

### 1. Аналіз можливостей РЛС РТВ з розвідки БПЛА оперативно-тактичного призначення

За основу взяті БПЛА (рис. 1) російського виробництва типу "Орлан-10" та "Форпост", а також БПЛА Camcopter S100 виробництва австрійської компанії Schiebel.



"Форпост"



"Орлан-10"



"Schiebel"

Рис. 1. БПЛА оперативно-тактичного призначення

Досліджувались можливості виявлення означених БПЛА сучасними радіолокаційними станціями 35Д6, 19Ж6, "Малахіт" та П-18МА. Експериментальних даних про відбивні властивості означених БПЛА не існує, тому в дослідженні використовувались розрахункові [9] значення ефективною відбиваючої поверхні БПЛА "Орлан-10", які наведені на рис. 2.

Оскільки аналізувались потенційні можливості РЛС РТВ з виявлення БПЛА, то зони виявлення означених цілей розраховувались в припущенні розташування РЛС на ідеальних позиціях. Вертикальний пере-

різ зони виявлення у загальному вигляді описується виразом:

$$r(\varepsilon) = r_0 \cdot F_0(\varepsilon) \cdot F_3(\varepsilon), \quad (1)$$

де  $r_0$  – максимальна дальність виявлення цілі РЛС у вільному просторі;

$F_0(\varepsilon)$  – ДНА у вільному просторі;

$F_3(\varepsilon)$  – інтерференційний множник Землі.

Форми та розміри зон виявлення оперативно-тактичних БПЛА радіолокаційними станціями "Малахіт" (П-18МА) та 19Ж6 (35Д6) наведені на рис. 3–5.

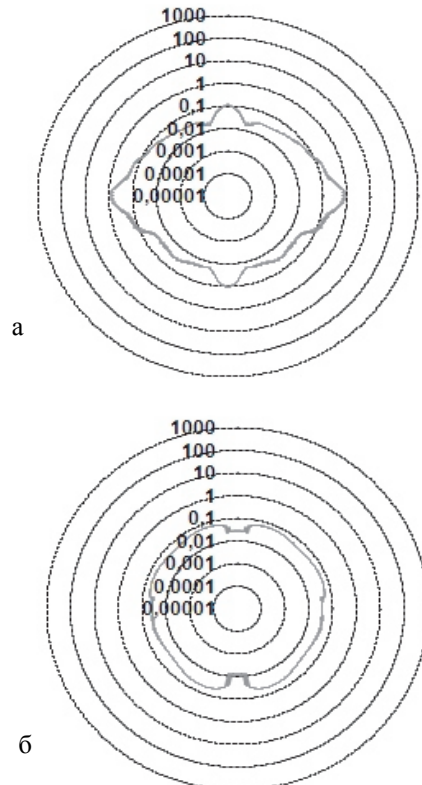


Рис. 2. Діаграми некогерентної ЕПР ( $m^2$ ) БПЛА "Орлан": а –  $\lambda = 10$  см; б –  $\lambda = 1,8$  м

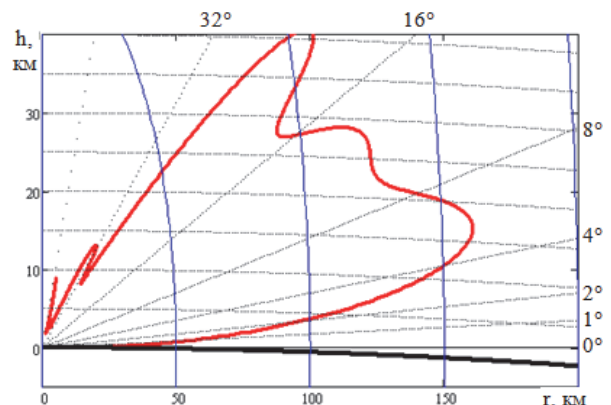


Рис. 3. Вертикальний переріз зони виявлення оперативно-тактичних БПЛА РЛС "Малахіт" (П-18МА) при роботі зі штатною антеною

Проведені розрахунки дозволили визначити, що сучасні РЛС, які знаходяться на озброєнні частин та підрозділів РТВ, можуть забезпечити виявлення БПЛА типу “Орлан-10” на висотах від 100 м – на дальностях 15...30 км, на висотах більше 500 м – на дальностях 50...60 км, та на висотах більших 1000 м – на дальностях 70...90 км.

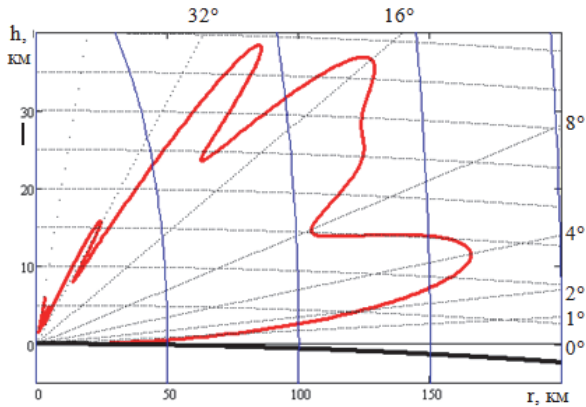


Рис. 4. Вертикальний переріз зони виявлення оперативно-тактичних БПЛА РЛС "Малахіт" (П-18МА) при піднятті антени на дві секції

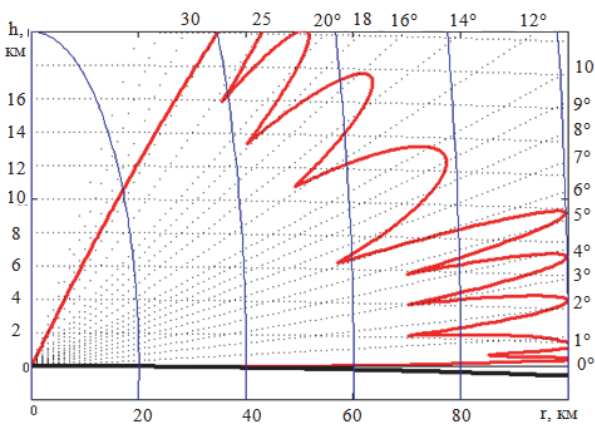


Рис. 5. Вертикальний переріз зони виявлення оперативно-тактичних БПЛА РЛС 35Д6 (19Ж6) (П-18МА) в черговому режимі

Отже, радіолокаційна розвідка БПЛА оперативно-тактичного призначення може здійснюватись так само як і розвідка аеродинамічних цілей типу “крила-ракета”.

## 2. Аналіз можливостей РЛС РТВ з розвідки БПЛА тактичного призначення

Аналіз можливостей РЛС РТВ з розвідки БПЛА тактичного призначення здійснюється на прикладі БПЛА російського виробництва типу “Иркут-2М”, “Иркут-3” та “Zala” (рис. 6).

Технічні характеристики БПЛА “Иркут-2М”, “Иркут-3” та “Zala” наведено в табл. 1. Це малорозмірні тактичні БПЛА ближньої дії, вагою в одиниці кілограм, які не потребують спеціальних стартових пристроїв і можуть запускатися “з рук”. Виготовлені

із композитних матеріалів із мінімальним використанням металевих деталей, отже мають надзвичайно низькі відбиваючі властивості. Експериментальні дані щодо їхньої ефективної площі розсіювання (ЕПР) відсутні, але враховуючи їх розміри та матеріали, з яких вони виготовлені, можна припустити, що вони мають ЕПР не більше 0,001 м<sup>2</sup>.



Рис. 6. Приклади БПЛА тактичного призначення

Таблиця 1

Технічні характеристики тактичних міні-БПЛА

Тип БПЛА	“Zala-421-08”	“Иркут-2М”	“Иркут-3”
Розмах крил, м	–	1,5	2,0
Довжина, м	0,4	0,5	0,9
Максимальна злітна маса, кг	2,1	3	3
Крейсерська швидкість, км/год	100	105	90
Тривалість польоту, год	1,5	1,5	1,25
Практична висота польоту, м	3000	3000	3000
ЕПР, кв. м	$5 \cdot 10^{-4} \dots 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4} \dots 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4} \dots 10^{-3}$

Незважаючи на малу радіолокаційну помітність тактичних малорозмірних БПЛА, енергетичного потенціалу РЛС РТВ вистачає для того, щоб теоретично виявляти їх на дальностях 15...20 км. На рис. 7–10 наведені розрахункові вертикальні перерізи потенціальних зон виявлення міні-БПЛА для РЛС типу 35Д6 (19Ж6) та “Малахіт” (П-18МА) за умови розташування їх на ідеально рівних позиціях без кутів закриття. На рис. 7–10 заштриховані зони, де виявлення БПЛА здійснюється на фоні віддзеркалень від земної поверхні та необхідно застосовувати систему селекції рухомих цілей (СРЦ).

Горизонтальні перетини цих зон на певних висотах без врахування кутів закриття від місцевих предметів являють собою ідеальні кільця. З урахуванням кутів закриття реальних позицій горизонтальні перетини зон мають складну форму, яка зале-

жить від складності рельєфу, наявності забудов, споруд та ін. Слід відмітити, що в зонах, які на рис. 7–10 заштриховані, виявлення міні-БПЛА неможливо внаслідок дії потужних віддзеркалень від земної поверхні та малої ефективності систем СРЦ, яке обумовлено малим значенням ЕПР та малою швидкістю польоту міні-БПЛА.

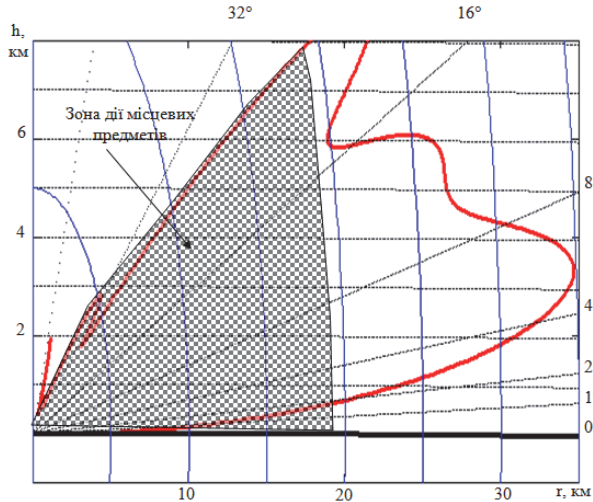


Рис. 7. Вертикальний переріз розрахункової зони виявлення тактичних міні-БПЛА РЛС “Малахіт” (П-18МА) в штатному режимі

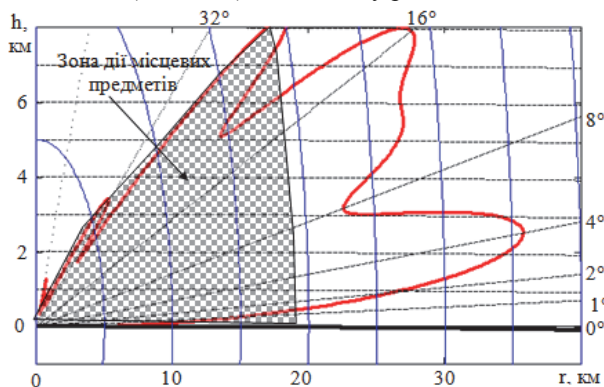


Рис. 8. Вертикальний переріз розрахункової зони виявлення тактичних міні-БПЛА РЛС “Малахіт” (П-18МА) при піднятті антени на дві секції

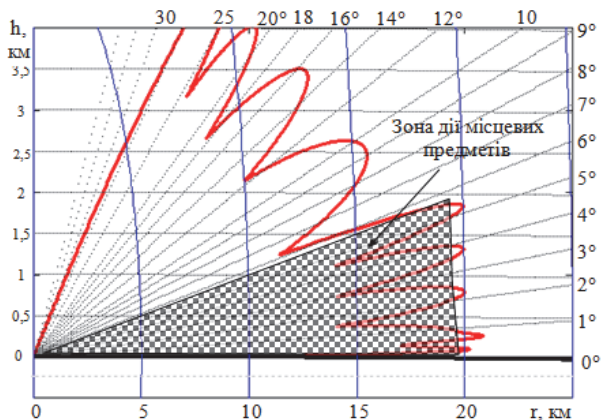


Рис. 9. Вертикальний переріз розрахункової зони виявлення тактичних міні-БПЛА РЛС 35Д6 (19Ж6) в черговому режимі

Практичні можливості з виявлення таких специфічних літальних апаратів, як міні-БПЛА, радіолокаційними станціями РТВ фактично зводяться нанівещь через низку об’єктивних чинників.

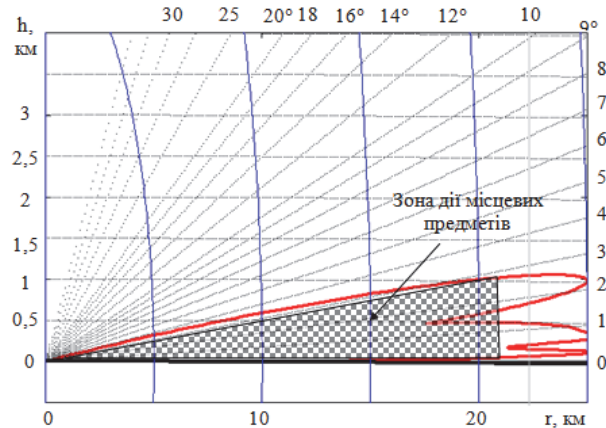


Рис. 10. Вертикальний переріз розрахункової зони виявлення тактичних міні-БПЛА радіолокаційною станцією 35Д6 (19Ж6) в режимі силової боротьби (четвертий режим)

По-перше, виявлення міні-БПЛА здійснюється виключно в зоні інтенсивних засвічень від підстильної поверхні, навіть для ідеально рівної позиції. Дійсно, радіус зони засвічень визначається висотою розташування верхньої точки антени над підстильною поверхнею і за умов нормальної рефракції визначається відомим співвідношенням:

$$R_{мп} = 4,12\sqrt{h_a}, \quad (2)$$

де  $R_{мп}$  – радіус зони засвічень (“місцевих предметів”), в кілометрах;

$h_a$  – висота розташування верхньої точки антени над підстильною поверхнею, в метрах.

При  $h_a=10...12$  м радіус зони віддзеркалень від місцевих предметів  $R_{мп}$  (засвічень на індикаторі кругового огляду (ІКО)) становить 13...15 км. З урахуванням рослинності та дрібних нерівностей, через які відбувається дифузне розсіювання радіохвиль в область радіотіні, радіус зони віддзеркалень від місцевих предметів (засвічень на ІКО) навіть для рівнинних місцевостей може становити 15...20 км. Для середньопересіченої місцевості радіус зони засвічень може сягати 30...40 км. Таким чином, виявлення міні-БПЛА радіолокаційними станціями РТВ буде здійснюватися виключно в умовах дії пасивних перешкод у вигляді віддзеркалень від місцевих предметів. Для придушення віддзеркалень від місцевих предметів необхідно вмикати системи захисту від пасивних перешкод (систему СРЦ). Якою б досконалою система не була, її вмикання приводить до додаткових втрат в обробці ехо-сигналів, внаслідок чого дальність виявлення цілей зменшується на 15...20 %. Усі типи систем захисту від пасивних

перешкод (системи СРЦ) ґрунтуються на принципі доплерівської (швидкісної) селекції сигналів на фоні пасивних перешкод.

Отже, при ввімкненій системі СРЦ разом з пасивними перешкодами, які створюються нерухомими місцевими предметами, придушуються одночасно і сигнали від малошвидкісних малорозмірних цілей. З цим пов'язаний другий важливий фактор в радіолокаційному виявленні міні-БПЛА – це їх мала швидкість польоту.

Доплерівський зсув несучої частоти ехо-сигналів залежить від радіальної швидкості цілі і пов'язаний з нею відомим співвідношенням:

$$F_d = \frac{2V_r}{\lambda}, \quad (3)$$

де  $V_r$  – радіальна швидкість цілі;

$\lambda$  – довжина хвилі.

В свою чергу, радіальна швидкість цілі залежить від її курсової швидкості, курсу цілі та її азимутального положення відносно точки стояння РЛС і визначається співвідношенням:

$$V_r = V \cdot \cos(\beta - q), \quad (4)$$

де  $V$  – курсова швидкість цілі;

$\beta$  – азимут цілі;

$q$  – курс польоту цілі.

Підставивши (4) в (3) отримаємо залежність доплерівського зсуву несучої частоти ехо-сигналів від курсової швидкості цілі, її курсу та положення у просторі:

$$F_d = \frac{2V \cdot \cos(\beta - q)}{\lambda}. \quad (5)$$

Будь-яка система СРЦ характеризується шириною смуги частотної режекції пасивних перешкод, і якщо доплерівський зсув частоти ехо-сигналу від цілі попадає в означену смугу, то така ціль виявлена не буде. Отже, якщо потенціальна дальність виявлення цілей становить величину  $r_0$  і смуга режекції має прямокутну форму, то форма зони виявлення цілей в залежності від курсової швидкості цілі, її курсу та азимутального положення буде описуватись виразом:

$$r(V, q, \beta) = \begin{cases} r_0, & \left| \frac{2 \cdot V \cdot \cos(\beta - q)}{\lambda} \right| > \Delta F; \\ 0, & \left| \frac{2 \cdot V \cdot \cos(\beta - q)}{\lambda} \right| \leq \Delta F, \end{cases} \quad (6)$$

де  $\Delta F$  – ширина зони режекції за частотою Доплера.

Для РЛС “Малахіт” та П-18МА ширина зони режекції становить близько  $\Delta F \approx \pm 20$  Гц, і при курсовій швидкості БПЛА  $V=90$  км/год та курсі  $q=270^\circ$  форма зони виявлення має вигляд, наведений на рис. 11.

Отже, якщо РЛС типу “Малахіт” розташована від лінії контролю на відстані 15 км і більше, то вона принципово не може виявляти міні-БПЛА, які ведуть розвідку в смузі 5...7 км, здійснюючи польоти вздовж лінії контролю.

Аналогічна ситуація із формою зони виявлення міні-БПЛА радіолокаційними станціями 35Д6, 19Ж6 та іншими оглядовими РЛС РТВ. Отже вони не можуть забезпечити вирішення задач з виявлення міні-БПЛА.

Певне виключення становлять радіолокаційні висотоміри ПРВ-13 та ПРВ-17. Маючи високий енергетичний потенціал та ширину діаграми направленості антени (ДНА) у вертикальній площині  $0,9^\circ$ , вони можуть частково виявляти цілі типу міні-БПЛА поза зоною дії віддзеркалень від місцевих предметів.

На рис. 12–13 наведені вертикальні перетини зони виявлення міні-БПЛА радіолокаційним висотоміром ПРВ-13 при встановленні променю під кутом місця в  $1^\circ$  і під нульовим кутом місця.

В означених висотомірах антену можна встановлювати під будь-яким кутом місця від  $-2^\circ$  до  $30^\circ$  ( $45^\circ$  – в ПРВ-17) і вони можуть працювати в режимі кругового огляду з відображенням радіолокаційної інформації на штатному ІКО.

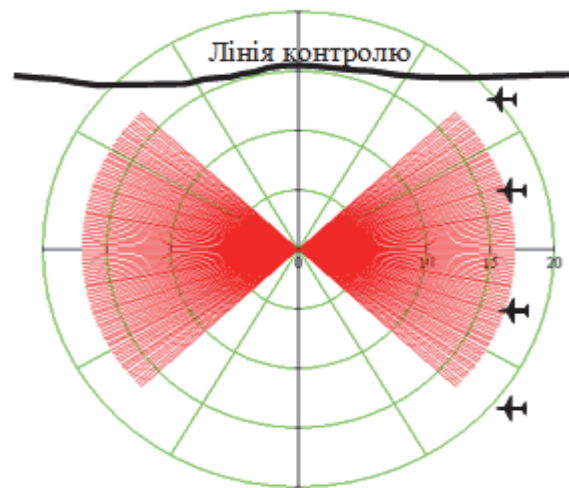


Рис. 11. Потенціальна розрахункова зона виявлення РЛС “Малахіт” при польоті тактичних БПЛА вздовж лінії контролю на висоті 500 м і швидкості польоту 90...100 км/год

При встановленні ДНА під кутом місця в  $1^\circ$  (рис. 12) можливе виявлення міні-БПЛА з дальності приблизно 40 км (висота польоту 800 м) і супроводження до дальності 15...20 км (до зони “місцевих предметів”).

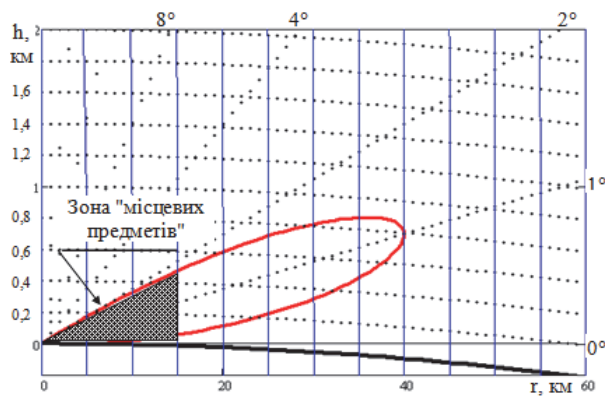


Рис. 12. Вертикальний переріз розрахункової зони виявлення міні-БПЛА радіолокаційним висотоміром ПРВ-13 при встановленні променя під кутом місця  $1^\circ$

При встановленні ДНА під нульовим кутом місця (рис. 13) на формування результуючої ДНА сильно впливає підстильна поверхня. Промінь “розвалюється” на кілька дрібних, а зона “місцевих предметів” розширюється до 25...30 км. Зате максимальна дальність виявлення збільшується до 55...60 км при польоті міні-БПЛА на висотах 200...400 м. На висотах більше 400 м виявлення не буде, а супроводження виявлених цілей буде розривним через сильну порізанисть ДНА.

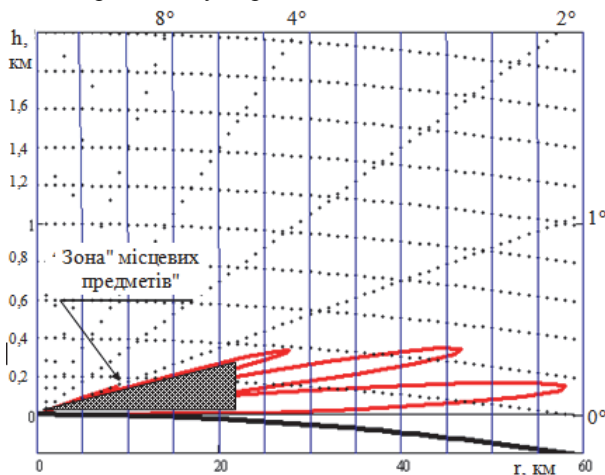


Рис. 13. Вертикальний перетин розрахункової зони виявлення міні-БПЛА радіолокаційним висотоміром ПРВ-13 при встановленні променя під нульовим кутом місця

Очевидно, що доцільним буде поєднання обох варіантів, працюючи в штатному дво-витковому або три-витковому режимах кругового огляду.

## Висновки

1. Радіолокаційні засоби, які перебувають на озброєнні РТВ, здатні виявляти оперативно-тактичні БПЛА в межах своїх тактико-технічних характеристик щодо виявлення цілей типу “крилата ракета”.

2. Використання оглядових РЛС РТВ для виявлення тактичних міні-БПЛА є недоцільним і не виправданим. Недоцільним – через надзвичайно низькі можливості з виявлення означеного типу цілей, а не виправданим – через невідповідність масштабів задач, для вирішення яких розроблялись РЛС РТВ, і задач з виявлення міні-БПЛА.

3. З усього парку радіолокаційних засобів, що є на озброєнні РТВ, вирішення задач з виявлення міні-БПЛА частково здатні виконувати лише спеціалізовані радіолокатори, такі як радіолокаційні висотоміри ПРВ-13 та ПРВ-17. При цьому суміщення завдань з виявлення міні-БПЛА з основними завданнями, для вирішення яких призначені ПРВ-13 та ПРВ-17, є неможливим. Враховуючи це, а також їхні характеристики мобільності, склад апаратури та її вартість, використання висотомірів ПРВ-13 та ПРВ-17, як масового засобу з виявлення міні-БПЛА, є недоцільним. Можливе використання означених засобів для вирішення завдань з виявлення міні-БПЛА лише в окремих випадках.

## Список літератури

1. *Airland Battle Doctrine*. Mark R. Schwartz. *Modern war*, #6. – Jul–Aug 2013. – P. 28-31.
2. Харченко О.В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення / О.В. Харченко, В.В. Кулешин, Ю.В. Коцуренко // *Наука і оборона*. – 2005. – №1. – С. 47-54.
3. ДСТУ В 7371:2013. Комплекси авіаційні безпілотні військового призначення. Основні терміни та визначення понять.
4. Профессиональная радиолокационная система для обнаружения и отслеживания любых типов беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <http://anti-drone.ru>.
5. Moses A. Radar-based detection and identification for miniature air vehicles / A. Moses, M.J. Rutherford, K.P. Valavanis // *IEEE International Conference on Control Applications*. – Denver, CO, USA. September 28-30, 2011. – P. 933-940.
6. Pham T. TTCP AG-6: Acoustic detection and tracking of UAVs / T. Pham, N. Srour // *U.S. Army Research Laboratory. Proc. of SPIE*. – 2004. – Vol. 5417. – P. 24-29.
7. Соловьев В.А. Проблемы обнаружения беспилотных летательных аппаратов оптико-электронными устройствами / В.А. Соловьев, А.В. Купреев, М.В. Жндарев, И.В. Якименко // *Электронный математический и медико-биологический журнал*. – Т. 10. – 2011. Вып. 3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до журналу: <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-31-html/solovjov/solovjov.htm>.
8. Даник Ю.Г. Анализ эффективности выявления тактичных безпілотних літальних апаратів пасивними та активними засобами спостереження / Ю.Г. Даник, М.В. Бугайов // *Збірник наукових праць ЖВІ ДУТ*, 2015. – Вип. 10. – С. 5-20.

9. Сухаревський О.І. Оцінювання параметрів зон виявлення безпілотного літального апарату "Орлан-10" радіолокаційними засобами самохідного зенітного ракетного комплексу 9К33МЗ "Оса-АКМ" / О.І. Сухаревський, В.О. Василюк, І.С. Ряполов // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 4(48). – С. 13-18.

Надійшла до редколегії 13.04.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук ст. наук. співр. Г.С. Залевський, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЛС РТВ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКИХ И ТАКТИЧЕСКИХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

С.Д. Вишнеvский, Л.В. Бейлис, В.И. Клиmченко

Основной проблемой при радиолокационном обнаружении оперативно-тактических и тактических БПЛА является их малая радиолокационная заметность. Поэтому для обнаружения таких летательных аппаратов необходимы радиолокационные средства с высоким энергетическим потенциалом. Такой потенциал РЛС РТВ имеют, но способы его использования при обнаружении пилотируемых летательных аппаратов на дальностях в сотни километров и БПЛА на дальностях 10...20 км являются принципиально разными, что существенно ограничивает возможности использования РЛС РТВ для решения таких несвойственных им задач, как обнаружение БПЛА.

Исследованы возможности основных типов обзорных РЛС и радиолокационных высотомеров по обнаружению оперативно-тактических и тактических БПЛА. Доказано, что обнаружение оперативно-тактических БПЛА способны осуществлять все РЛС РТВ в пределах своих ГТХ по обнаружению воздушных целей типа "крылатая ракета", а обнаружение мини-БПЛА способны осуществлять лишь радиолокационные высотомеры типа ПРВ-13 и ПРВ-17 вне зоны влияния отражений от местных предметов.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, малоразмерная цель, радиолокационная станция, зона обнаружения воздушных объектов.

## POTENTIAL CAPABILITIES OF RADIOTECHNICAL TROOPS RADARS TO DETECT OPERATIONAL-TACTICAL AND TACTICAL UNMANNED AIR VEHICLE

S. Vishnevsky, L. Beylis, V. Klimchenko

The main problem in radar detection of operational-tactical and tactical UAVs is their small radar visibility. Therefore, to detect such aircrafts, radars with a high energy potential are needed. Such potential have radars of radiotechnical troops, but the methods of using it when detecting manned aircraft at distances of hundreds kilometers and UAVs at distances of 10...20 km are fundamentally different. This significantly limits the possibilities of radiotechnical troops radars using to solve such uncharacteristic tasks as detecting UAVs.

The capabilities of basic types of radiotechnical troops surveillance radars and radar altimeters to detect of operational-tactical and tactical UAV are explored. It has been proved that detection of operational-tactical UAVs is possible for all radars of the radiotechnical troops within their performance characteristics to detect air targets such as a cruise missile. Detection of mini-UAVs is only possible for radar altimeters such as ПРВ-13 and ПРВ-17 outside the zone of influence reflections from local objects.

**Keywords:** unmanned air vehicle, low-sized target, radar, detection area.