

**В. Й. Климченко, В. О. Тютюнник, М. Р. Арасланов, К. А. Тах'ян**  
**ВИБІР ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ РЛС ВИЯВЛЕННЯ ТА**  
**СУПРОВОДЖЕННЯ ГІПЕРЗВУКОВИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

***Анотація:** обґрунтовано основні технічні рішення, які можуть бути реалізованими в спеціалізованих радіолокаційних станціях виявлення гіперзвукових літальних апаратів. Визначено доцільні способи огляду простору та необхідний енергетичний потенціал.*

***Ключові слова:** гіперзвукові літальні апарати радіолокаційна станція, технічні рішення, зона виявлення, енергетичний потенціал.*

***Annotation:** The main technical solutions that can be implemented in specialized radar stations for the detection of hypersonic aircraft are substantiated. Expedient methods of surveying the space and the necessary energy potential have been determined.*

***Keywords:** hypersonic aircraft, radar station, technical solutions, detection zone, energy potential.*

Гіперзвукові літальні апарати (ГЗЛА), як засоби повітряно-космічного нападу, набувають все більшого і більшого поширення в арміях провідних країн світу [1], що висуває до систем протиповітряної оборони нові вимоги та завдання. Для успішного протистояння таким специфічним засобам повітряного нападу необхідне виявлення їх на максимально можливих дальностях з метою своєчасної видачі оповіщення відповідним органам управління держави та цілевказання вогневим засобам враження. Існуючі на озброєнні радіотехнічних військ (РТВ) оглядові радіолокаційні станції (РЛС) розроблялись як засоби виявлення та супроводження дозвукових і надзвукових літальних апаратів на висотах польоту до 30...40 км і не можуть в повному обсязі вирішувати означені завдання щодо ГЗЛА [2].

Як об'єкти радіолокаційної розвідки, ГЗЛА мають наступні особливості:

– ГЗЛА здійснюють політ в розріджених шарах атмосфери на висотах 20...80 км зі швидкістю (5...10)М;

– для ГЗЛА характерним є мале значення ефективної площі розсіювання (ЕПР), завдяки невеликим розмірам і використанню технологій Stealth;

– наявність навколо ГЗЛА плазмового кокону під час польоту на висотах нижче 80 км.

Цілком очевидно, що означені особливості мають бути враховані при виборі основних технічних рішень, які можуть бути втілені в РЛС виявлення і супроводження ГЗЛА.

Характеристики РЛС в основному визначаються характеристиками її антенної системи і високочастотної приймально-передавальної частини (особливостями побудови антени, пристроїв формування, випромінювання, прийому та оброблення сигналів). Найбільш значущими конструктивно-технічними параметрами, які визначають зовнішність РЛС, є діапазон хвиль, середня потужність випромінюваного антеною сигналу і площа розкриву антени [3].

Під час формування основних вимог до РЛС та вибору технічних рішень необхідно враховувати можливості сучасної елементної бази та сучасних технологій в області радіоелектроніки.

З урахуванням специфічних властивостей ГЗЛА, як об'єктів радіолокації, та можливостей реалізації вимог до основних тактико-технічних характеристик (ТТХ) РЛС доцільним є вибір дециметрового діапазону хвиль ( $\lambda=23$  см).

При визначенні потрібної форми зони у горизонтальній площині необхідно виходити з того, що ГЗЛА мають обмежені маневрені можливості та можуть діяти тільки з певних напрямків. Через це постійно здійснювати круговий огляд немає потреби. Досить визначити сектор огляду шириною  $90^\circ$  з можливістю встановлення бісектриси сектору в будь-якому напрямку  $\beta_n$ . Отже, огляд простору у горизонтальній площині має здійснюватися в секторі  $\beta_n - 45^\circ \leq \beta \leq \beta_n + 45^\circ$ .

Під час визначення потрібної форми зони у вертикальній площині необхідно враховувати, що ГЗЛА здатні здійснювати політ на висотах до 80 км зі швидкістю до 15 М. Але більшість з них здійснюють політ на висотах 20...40 км. Це означає, що у разі виявлення їх на дальності

радіогоризонту, який для зазначених висот польоту становить 600...800 км, підлітний час до місця розташування РЛС буде становити не більше 5 хв. Отже, РЛС повинна виявляти ГЗЛА на дальностях не менше, ніж дальність радіогоризонту для найбільш імовірних висот їхнього польоту.

Ідеальна форма зони огляду у вертикальній площині наведена на рис. 1. Вона має дві характерні ділянки: ізодальнісну і ізовисотну (секансну). Функціональна залежність дальності

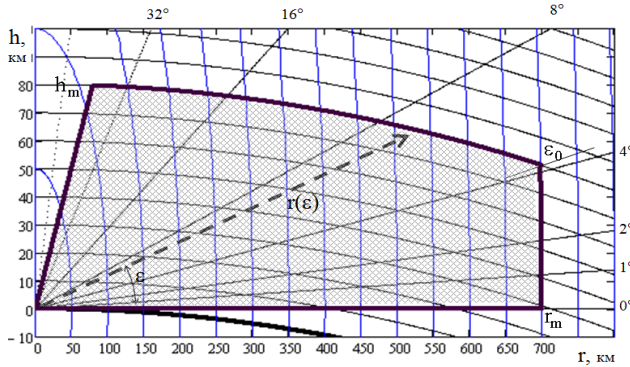


Рисунок 1. Ідеалізована форма зони огляду простору в РЛС виявлення ГЗЛА.

виявлення цілей  $r(\varepsilon)$  від кута місця на різних ділянках визначається співвідношенням:

$$F(\beta, \varepsilon) = \begin{cases} 1, & (0^\circ \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0) \wedge (\beta_H - 45^\circ \leq \beta \leq \beta_H + 45^\circ); \\ \frac{\cos\left(\varepsilon + \arcsin\left(\frac{R_{3e} \cos \varepsilon}{R_{3e} + h_m}\right)\right) \cdot \text{sc}(\varepsilon)}{\cos\left(\varepsilon_0 + \arcsin\left(\frac{R_{3e} \cos \varepsilon_0}{R_{3e} + h_m}\right)\right) \cdot \text{sc}(\varepsilon_0)}, & (\varepsilon_0 < \varepsilon \leq 45^\circ) \wedge \\ & \wedge (\beta_H - 45^\circ \leq \beta \leq \beta_H + 45^\circ) \\ 0, & (\varepsilon < 0^\circ \vee \varepsilon > 45^\circ) \vee (\beta < \beta_H - 45^\circ \vee \beta > \beta_H + 45^\circ). \end{cases}$$

Зоною виявлення (ЗВ) цілей є область простору, в межах якої виявлення цілі із заданою ЕПР здійснюється РЛС в кожному огляді з імовірністю не менш заданої  $P_e$  при рівні хибних тривог не більше заданого значення  $F_{xm}$ . За оптимального розподілу у просторі випромінюваної РЛС енергії форма зони виявлення цілей має повторювати форму зони огляду простору.

Максимальна дальність виявлення цілей із заданою ЕПР радіолокаційною станцією визначається її енергетичним потенціалом, який поєднує в собі основні технічні параметри передавальної, приймальної та антенної систем і має розмірність  $\text{Вт} \cdot \text{м}^2$ . Необхідний потенціал РЛС для виявлення ГЗЛА з ЕПР  $\sigma_{\text{ч}} = 0,1 \text{ м}^2$  в межах зони з  $r_m \approx 700 \text{ км}$  і  $h_{\text{max}} \approx 80 \text{ км}$  становить  $E = 14 \text{ кВт} \cdot \text{м}^2$ .

Аналіз можливих способів огляду простору, які використовуються в оглядовій радіолокації, доводить, що в такому специфічному засобі радіолокації, як РЛС виявлення та супроводження ГЗЛА, найбільш доцільним способом огляду простору є використання послідовно-паралельного огляду зі скануванням передавального променя у вертикальній площині.

На рис. 2 наведені ідеалізована форма ДСА приймальних антен і реальна ДСА передавальної антен. Для збереження форми зони виявлення такою, якою є ДСА приймальних антен, необхідно, щоб енергія, яку випромінює передавальна антена, змінювалась з кутом місця  $\varepsilon$  так само, як і ДСА приймальних антен. Така зміна можлива або за рахунок регулювання потужності передавального пристрою залежно від  $\varepsilon$ , або за рахунок регулювання швидкості сканування передавального променя, або з використанням обох чинників.

### Висновки.

1. Найбільш важливими конструктивно-технічними рішеннями, які визначають обрис РЛС, є діапазон хвиль, енергетичний потенціал РЛС і способи огляду простору.

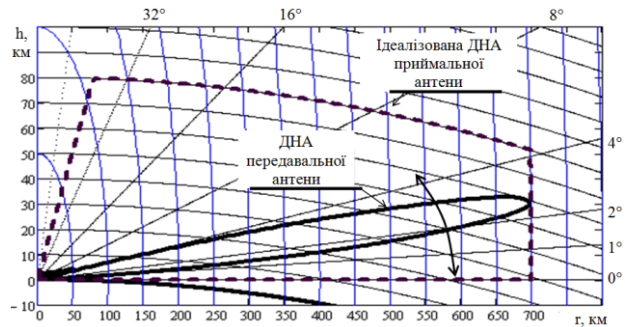


Рисунок 2. До пояснення формування зони виявлення цілей в РЛС виявлення ГЗЛА.

2. З урахування специфічних особливостей виявлення та супроводження ГЗЛА і з міркувань можливостей реалізації вимог до основних ТТХ РЛС переваги слід надавати дециметровому діапазону хвиль.

3. Для виявлення ГЗЛА з ЕПР  $\sigma_{\text{ц}} = 0,1 \text{ м}^2$  на дальності 700 км на висотах польоту до 80 км енергетичний потенціал РЛС має становити не менше, ніж  $14 \text{ кВт} \cdot \text{м}^2$ .

4. Найбільш доцільним способом огляду простору радіолокаційною станцією виявлення і супроводження ГЗЛА є послідовно-паралельний огляд зі скануванням передавального променя у вертикальній площині.

#### Список використаних джерел:

1. Карачун В. В. Гиперзвуковой прорыв: перспективы и проблемы // В. В. Карачун, В. Н. Мельник, М. Ф. Калинина / Космічна наука і технологія. 2013. Т. 19. № 2. С. 63–73.

2. Климченко В.Й. Особливості радіолокаційної розвідки гіперзвукових літальних апаратів / В.Й. Климченко, В.О. Тютюнник, К.А. Тах'ян, Г.В. Рибалка // Системи озброєння і військова техніка. Науковий журнал.– №2(72) 2022– Х.: ХНУПС. – С. 41–46.

3. Друзин С.В., Горевич Б.Н. Методика формирования облика радиолокационных станций перспективной системы вооружения войсковой ПВО. Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2020;(2):6-31. <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2020-2-6-31>.

*Климченко Василь Йонович – кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник наукового центру, e-mail: vasklim@i.ua Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків*

*ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3999-8130>*

*Харківський національний університет Повітряних вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023.*

*Тютюнник Владислав Олександрович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного відділу, e-mail: tvlad1970@gmail.com Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, м. Харків*

*ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7766-3246>*

*Харківський національний університет Повітряних вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023.*

*Арасланов Михайло Рімович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник наукового центру, e-mail: armiri@ukr.net Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків*

*ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8911-0470>*

*Харківський національний університет Повітряних вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023.*

*Тах'ян Кристина Альбертівна – науковий співробітник науково-дослідного відділу, e-mail: tadi27@ukr.net Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, м. Харків*

*ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0087-9601>*

*Харківський національний університет Повітряних вул. Сумська, 77/79, м. Харків, 61023.*

*Vasyl Klimchenko – Philosophy Doctor in Engineering Associate Professor Leading Researcher Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University Kharkiv, Ukraine <https://orcid.org/0000-0003-3999-8130>, vasklim@i.ua*

*Vladyslav Tiutiunnyk – Philosophy Doctor in Engineering Senior Researcher Head of Scientific Research Department Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University Kharkiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-7766-3246>, tvlad1970@gmail.com*

*Mikhail Araslanov Philosophy Doctor in Engineering Senior Research Lead Research Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine <https://orcid.org/0000-0002-8911-0470>, armiri@ukr.net*

*Kristina Tahyan – Senior Researcher Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University Kharkiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-0087-9601>, madi27@ukr.net*