

ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЕЙ РАДІОТЕПЛОЛОКАТОРАМИ ДІАПАЗОНУ МІЛІМЕТРОВИХ ХВИЛЬ

К. т. н. В. В. Белоусов, к. т. н. О. В. Лукашук

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
Україна, м. Харків
lukashuk2204@gmail.com

Показано об'єктивну необхідність переходу до діапазону міліметрових хвиль для побудови радіотехнічних систем виявлення та супроводу повітряних та інших цілей. Частотна ємність цього діапазону (30—300 ГГц) перевищує смугу частот діапазону сантиметрових хвиль у 10 разів, що дозволяє на порядок підвищити розрізняльну здатність радіолокаційних систем при збереженні розмірів антенних пристроїв, успішно вирішити задачу боротьби з багатопроменевим поширенням радіохвиль і прийомом за боковими пелюстками, що суттєво покращує електромагнітну сумісність та завадозахищеність РЛС.

Ключові слова: мікрохвильові випромінювання, пасивний радіотеплолокатор, міліметровий діапазон хвиль.

Задачі створення систем огляду льотного поля та виявлення цілей обумовлені зростанням вимог до безпечного застосування авіації в різних метеоумовах. Інформацію про переміщення літальних апаратів, паливозаправників, спецтехніки, особового складу керівник польотів може отримати візуально, за допомогою різних технічних засобів: оптичних, телевізійних та відеосистем, тепловізорів. Але в умовах поганої видимості їхня ефективність мала. Ці задачі також можуть виконувати активні радіолокаційні станції огляду льотного поля та виявлення цілей. Їхні суттєві недоліки: недостатнє розрізнення протяжних і близько розташованих об'єктів із-за наявності «блискучих точок», можливість виявлення їхньої роботи радіорозвідкою і придушення системою радіоелектронної протидії.

У даній роботі функції виявлення повітряних та наземних цілей пропонується здійснювати за допомогою пасивного радіотеплолокатора (РТЛ) міліметрового діапазону хвиль (ММХ).

Принцип дії такого РТЛ базується на тому, що будь-яке фізичне тіло з термодинамічною температурою вище абсолютного нуля здатне випромінювати електромагнітну енергію в широкому спектральному діапазоні, зокрема в діапазоні ММХ [1]. Хоча в цьому діапазоні електромагнітна енергія значно поглинається атмосферою Землі, існують чотири «вікна прозорості» з довжиною хвиль $\lambda = 8,6; 3,2; 2,3; 1,4$ мм, де поглинання є мінімальним. Найменше поглинання в атмосфері Землі спостерігається у межах першого «вікна» ($\lambda = 8,6$ мм). Інтенсивність випромінювання тіла оцінюється його радіояскравісною температурою. Крім власного випромінювання металеві предмети за рахунок високої питомої провідності інтенсивно перевипромінюють радіотеплове випромінювання протяжних фонових джерел (атмосфера, різні типи земної поверхні, бетонні споруди та ін.). Результуюче випромінювання реального тіла характеризується його удаваною температурою, що дорівнює сумі власного радіотеплового випромінювання і того, що перевипромінюється. Як показали теоретичні розрахунки та експериментальні дослідження, рівень прийнятого сигналу оцінюється антенною температурою T_A , яка залежить від контрасту радіояскравісних температур «ціль — фон», площі поверхні об'єкту та його форми, дальності та ракурсу спостереження, діаграми спрямованості приймальної антени, висоти її підйому, чутливості радіометричного приймача, умов поширення ММХ в атмосфері [2, 3]:

$$T_A(\theta) = \eta_A \frac{S_u(\theta) \Delta T_u(\theta) D}{4\pi r^2} \exp(-A \sec \theta),$$

де η_A — коефіцієнт корисної дії антени;

$S_u(\theta)$ — площа цілі що спостерігається, m^2 ;

$\Delta T_u(\theta)$ — контраст температур «ціль — фон», К, $\Delta T_u(\theta) = T_v(\theta) - T_\phi(\theta)$;

$T_v(\theta)$ — удавана температура цілі, К, $T_v(\theta) = \nu T_u(\theta) + (1 - \nu) T_\phi(\theta)$;

$T_u(\theta)$ — термодинамічна температура цілі, К;

$T_{\phi}(\theta)$ – радіояскравісна температура фону, К;

ν — коефіцієнт поглинання цілі (0—1);

D — коефіцієнт спрямованої дії антени;

r — відстань до цілі, км;

A — повне поглинання потоку енергії, дБ.

При спостереженні за цілями під кутами $\theta \rightarrow 90^\circ$ (знизу або зверху) контраст радіояскравісних температур збільшується і може досягати 150—200 К, тому що радіояскравісна температура атмосфери в цьому напрямку мінімальна (30—40 К), а поверхні — максимальна (200—300 К). Чутливість сучасних радіометричних приймачів лежить у межах 0,01—0,1 К [1—3]. Розрахунки показують, що сигнал від літака військово-транспортної авіації може бути виявлений на відстані до 10 км із заданою вірогідністю навіть при пологих кутах спостереження.

Результати експериментальних досліджень міри відбивання та розсіювання ММХ обшивкою літака-винищувача в активному та пасивному режимах показують, що розподіл радіотеплового сигналу по поверхні літака у меншій мірі корельований, ніж розподіл відбитого сигналу в активному режимі. Радіотехнічні системи діапазону ММХ невеликого радіуса дії мають ряд істотних переваг у порівнянні з аналогічними пристроями інших діапазонів, у тому числі й оптичного. На основі пасивних радіотеплолокаторів можна створювати локатори огляду льотного поля, посадкові локатори для необладнаних аеродромів, системи огляду земної поверхні для безпілотних літальних апаратів, головки самонаведення ракет на цілі, що побудовані за технологією Stealth, приймачі для приймання власного радіотеплового випромінювання земної поверхні в кореляційно-екстремальних навігаційних системах крилатих ракет та ін.

Таким чином, можна зробити наступні висновки.

1. Активні радіолокаційні станції огляду льотного поля та виявлення цілей мають суттєві недоліки: недостатнє розрізнення протяжних і близько розташованих об'єктів із-за наявності «блискучих точок», виявлення їх роботи радіорозвідкою і придушення системою РЕП.

2. Перехід в діапазон ММХ дозволяє на порядок підвищити розрізняльну здатність радіолокаційних систем у порівнянні з діапазоном СМХ при збереженні розмірів антенних пристроїв.

3. Усі об'єкти, здатні поглинати електромагнітну енергію, випромінюють її в широкому спектральному діапазоні, у тому числі в діапазоні ММХ.

4. Результуюче випромінювання реального тіла оцінюється його уявною температурою, що враховує як власне випромінювання тіла, так і випромінювання навколишнього фону.

5. Для виявлення цілі на будь-якому фоні необхідно, щоб між ними існував радіояскравісний контраст, величина і знак якого залежать від різниці їх уявних температур, кута спостереження та умов поширення хвиль в атмосфері Землі.

6. На основі пасивних радіотеплолокаторів можна створювати локатори огляду льотного поля, посадкові локатори для необладнаних аеродромів, системи огляду земної поверхні для БПЛА та ін.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Белоусов В.В., Тузіков С.А., Лукашук О.В., Тригуб Ю.І. Огляд льотного поля за допомогою пасивного радіотеплолокатора міліметрового діапазону довжин хвиль // Системи озброєння і військова техніка.— 2018.— № 1(53).— С. 67—75.

2. Белоусов В.В., Бутакова С.В. Особливості застосування радіотеплолокаторів в авіації // Авіаційно-космічна техніка і технології.— Харків: НАКУ (ХАІ), 2001.— С. 28—36.

3. Лукашук О. В., Белоусов В. В. Радіометричний метод огляду переднього краю // Зб. тез Х МНПК «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних Військ».— Львів, 2017.— С. 77—78.

V. V. Belousov, O. V. Lukashuk

Detection of targets using radio telescopes in the millimeter wave range

The paper demonstrates the objective necessity of transition to the millimeter wave range for the construction of radio engineering systems for the detection and tracking of air and other targets. The frequency capacity of this range (30 ... 300 GHz) 10 times exceeds the frequency band of centimeter wave range, which makes it possible to increase the resolution of radar systems in order to maintain the size of antenna devices, as well as to successfully solve the problem of combating multipath propagation of radio waves and reception on lateral petals, which greatly improves electromagnetic compatibility and noise immunity of the radar.

Keywords: microwave radiation, passive radio heat detector, millimeter wavelength range.