

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ БАГАТОЧАСТОТНИХ РАДІОМЕТРИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ БПЛА НА ТЛІ АТМОСФЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Микола РУЖЕНЦЕВ¹, д-р техн. наук, проф., e-mail: nvruzh@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3023-4927

Семен ЖИЛА², канд. техн. наук, доц., e-mail: simeon.zhyla@gmail.com, ORCID: 0000-0043-0000-1237

Гліб ЧЕРЕПНІН³, д-р філософії, e-mail: derfanski7@gmail.com, ORCID: 0000-0000-0123-1234

Володимир КОШАРСЬКИЙ², e-mail: kosharskyi.volodymyr@gmail.com, ORCID: 0000-0001-0000-9934

¹Державний науково-дослідний інститут технологій кібербезпеки та захисту інформації

²Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України

³Національний науковий центр «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М. С. Бокаріуса»

Вступ. При розробці та модернізації сучасних засобів протиповітряної оборони основна увага приділяється розвитку акустичних [1, 2], оптичних, інфрачервоних, активних та пасивних радіолокаційних методів зондування повітряного простору. Кожний метод має свої переваги і недоліки, проте об'єднує їх той факт, що одночасно ведуться дослідження з розроблення методів і засобів зниження помітності безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у зазначених діапазонах. Як наслідок виникає протиріччя: з одного боку розробники засобів виявлення та боротьби з БПЛА постійно підвищують точність та надійність вимірювань, а з іншого боку – на момент отримання результатів вони вже є застарілими та не актуальними по відношенню до розвинутих засобів зниження помітності. Подолати це протиріччя можливо за рахунок застосування пристроїв та систем пасивної радіолокації. Такі системи є скритними, надчутливими та здатні реєструвати власне радіотеплове випромінювання (РТВ) літальних апаратів, в тому числі виконаних з композитних матеріалів, в широкому спектрі частот на тлі випромінювання атмосфери в будь-яку погоду, вдень та вночі.

Для досягнення високих показників виявлення необхідно розробити систему з високою просторовою роздільною здатністю, високою флуктуаційною чутливістю та всепогодністю. Реалізувати данні переваги можливо в радіометричному комплексі, що працює у X, Ka та W діапазонах хвиль.

В даній роботі наводяться результати розробки теоретичних основ побудови багаточастотних радіометричних комплексів з використанням методів оптимізації інформаційно-вимірювальних систем.

Результати. Задачу оптимізації алгоритму обробки сигналів в поляриметричному багатоканальному радарі аерокосмічного базування вирішимо методом максимуму функціоналу правдоподібності

$$P[\vec{u} | \vec{s}(t, \vec{\lambda})] = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^2 \int_0^T \int_0^T [u_i(t_1) - s_i(t_2, \vec{\lambda})] dt_1 dt_2, \quad (1)$$

де $\vec{s}(t, \vec{\lambda}) = \|s_k(t, \vec{\lambda})\|$ – прийнятий корисний сигнал.

Формування цього інтеграла і пошук його максимуму при наборі параметрів $\vec{\lambda}$ є достатнім алгоритмом обробки при вирішенні задач селекції цілей та синтезування апертури. Записаний в загальному вигляді алгоритм (1) містить в собі операції поляризаційної і частотної селекції цілей, а також когерентного накопичення сигналів у часі.

З виразу (1) випливає, що нулю дорівнює сума першого і четвертого доданків, а також другого і третього. Таким чином, при $t_1 = t_2$ здійснюється повна компенсація пасивних фонових перешкод.

Зауважимо, що в загальному випадку обробка сигналів на основі використання поляризаційних і доплерівських відмінностей не факторизується окремо на поляризаційну і спектральну обробку [3]. Але, якщо врахувати, що внутрішній шум малий у порівнянні з

зовнішніми пасивними завадами і знехтувати ними в (1), то тоді можна спочатку здійснити поляризаційну селекцію цілей, а потім спектральну. Результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку ймовірностей правильного виявлення

Співвідношення сигнал-завада, дБ	Ймовірність правильного виявлення
3	0,75
10	0,9
20	0,99

На рисунку 1 зображена структурна схема бортового радару аерокосмічного базування з поляризаційною та частотною селекцією об'єкта спостереження.

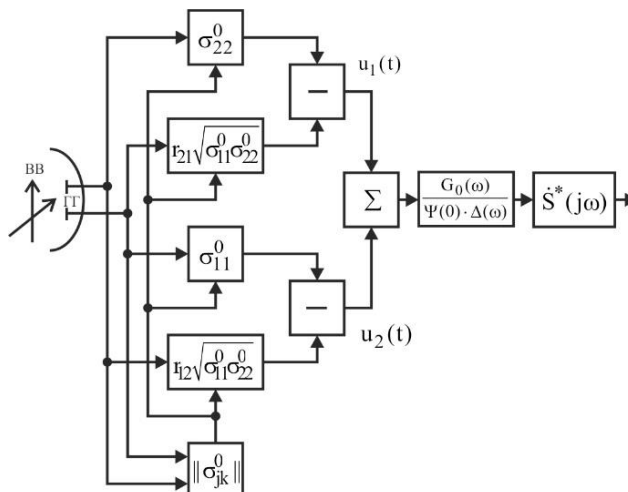


Рисунок 1 – Структурна схема бортового радару аерокосмічного базування з поляризаційною та спектральною селекцією цілей

Висновки. Таким чином, для ефективного подавлення фонового випромінювання і виділення корисних сигналів з урахуванням їх поляризаційних і доплерівських відмінностей в багатоканальних РСА необхідно, перш за все, знати або вимірювати коваріаційну матрицю розсіювання. Оптимальна радіолокаційна система поляризаційної та спектральної селекції повинна здійснювати не тільки оптимальну обробку сигналів і перешкод, але і окремо здійснювати оптимальну обробку завадових складових різних поляризацій з метою оцінок елементів їх коваріаційної матриці розсіювання. Запропонований алгоритм при відсутності доплерівських відмінностей здійснює лише поляризаційну селекцію, а при відсутності поляризаційних відмінностей - лише доплерівську. При наявності тих і інших здійснюється одночасно поляризаційно-доплерівська селекція.

Література

1. Кириченко, М. А. *Образотворче мистецтво [Текст] : підруч. для 3 кл. чотириріч. і 2 кл. триріч. почат. шк. / М. А. Кириченко. – 2-ге вид., перероб. і допов. – Київ : Освіта, 1996. – 128 с.*
2. Сосновська, О. В. *Ежекторний детонаційний двигун на екологічно чистих компонентах палива [Текст] / О. В. Сосновська, О. Є. Золотько, О. В. Золотько, В. В. Столярчук // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2021. – №4 (172). – С. 20–27. DOI: 10.32620/aktt.2021.4.03.*
3. *Наукова бібліотека ХНУРЕ [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://lib.nure.ua/> (дата звернення: 11.05.2020). — Назва з екрана.*