

## АДАПТИВНІ МЕТОДИ ОТРИМАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

*Анотація:* Обґрунтовуються можливі шляхи виявлення сучасних літаків зі штучно зменшеною радіолокаційною помітністю та визначення параметрів їх руху. Для вирішення задачі визначення дальності до літального апарату з малою площею віддзеркалення на різних частотах зондуючого можливо використати спосіб, в основу якого покладено вимірювання затримки часу між випромінюванням збуджуючого сигналу і отриманням сигналу випромінювання композитного матеріалу фюзеляжів у збудженому стані на частоті биття.

*Ключові слова:* радіолокаційна інформація, покриття, резонанс, адаптація.

### Вступ

Сучасна авіація створюється з використанням неметалічних матеріалів у своїй конструкції. Це зрозуміло за рядом причин, основною з яких є кращі характеристики речовин, що використовуються. Існуючі підходи щодо отримання радіолокаційної інформації про такі об'єкти є невідповідними оскільки вони засновані на використанні ефектів, що протікають в металах під час їх опромінення електромагнітним НВЧ полем. Проблемою є створення умов щодо дистанційної тимчасової зміни провідних властивостей для використання викликаних ефектів у існуючих способах радіолокації. Тенденція розвитку сучасних літальних засобів полягає у використанні неметалічних композитних матеріалів у конструкції планеру. Цей напрямок суттєво знижує можливості існуючих радіолокаційних засобів по виявленню та супроводженню таких літальних апаратів. Основний недолік існуючих методів локації літальних апаратів полягає у використанні принципу „потужного сигналу”, тобто збільшенні потужності випроміненого зондуючого сигналу для підвищення рівня віддзеркаленого від повітряного об'єкту радіолокаційного сигналу і покращення прийомних характеристик РЛС виявлення.

### Основна частина

Одним з основних напрямків розвитку сучасних літаків є зменшення їх радіолокаційної помітності на основі використання властивостей композиційних матеріалів, якими вкритий фюзеляж даного типу та спеціальних геометричних форм щодо поглинання та розсіювання електромагнітних випромінювань.

Проведені розрахунки вказують на недостатню ефективність РТС у виявленні літаків зі штучно зменшеною ефективною площею

віддзеркалення (ЕПВ)[1]. Зважаючи на те, що питома вага сучасних малопомітних літаків постійно зростає, стає необхідним удосконалення основних систем РТС.

Для визначення можливих напрямків вирішення проблеми підвищення ефективності РТС необхідно в першу чергу піддати детальному аналізу фізичні процеси, які покладені в основу штучного зменшення ЕПВ, обґрунтувати можливості та розробити наукові методи удосконалення основних систем РТС щодо виявлення літальних апаратів, розроблених з використанням технології штучного зменшення ЕПВ.

Стаття присвячується аналізу напрямів та методів можливого розв'язання завдання виявлення та визначення параметрів руху літаків зі штучно зменшеною ЕПВ.

Ефективне отримання інформації про літаки зі штучно зменшеною ЕПВ в першу чергу залежить від вирішення задачі виявлення таких об'єктів. У загальному випадку при виявленні літаків зі зменшеною ЕПВ радіолокаційна станція отримує віддзеркалений сигнал, потужності якого недостатньо для перевищення порогового значення прийняття рішення про їх виявлення. Це відбувається внаслідок поглинання електромагнітних хвиль опромінювання в шарах радіопоглинаючого матеріалу, яким вкрита поверхня літальних апаратів зазначеного типу, а також завдяки іншим заходам щодо зменшення радіолокаційної помітності.

Ефект зменшення ЕПВ сучасних малопомітних літаків досягається в основному за рахунок використання покриттів, головною властивістю яких є поглинання або розсіювання електромагнітних хвиль. Цей ефект досягається різними шляхами, а саме, використанням інтерференційних властивостей покриття з певним малюнком поверхні та використанням композиційних матеріалів в декілька шарів з різними коефіцієнтами переломлення.

Для детального дослідження зазначеного ефекту з метою вивчення процесу поглинання електромагнітного випромінювання та пошуку можливих шляхів подолання його шкідливих наслідків був проведений експеримент за допомогою установки, яка складалася з передавача електромагнітного випромінювання, приймача та прямокутного хвилеводу. В хвилеводі розміщався зразок радіопоглинаючого матеріалу, що може змінювати кут опромінювання (кут падіння електромагнітного сигналу на поверхню матеріалу) зондуєчим сигналом.

За даною схемою був змонтований стенд з різними типами хвилеводу відповідно до надвисокого діапазонів частот, які використовувались в експерименті.

Об'єм простору, в якому здійснювалося дослідження зразків радіопоглинаючого матеріалу, обмежувався розмірами хвилеводу, вимірювання проводилися при кімнатній температурі без впливу зовнішніх штучних енергетичних полів.

В експерименті проводилося вимірювання параметрів радіопоглинаючого матеріалу за допомогою методу короткохвильового замикання (вимірювання електричної і магнітної проникностей радіопоглинаючого матеріалу в прямокутному хвилеводі) і були отримані графіки розподілу енергії віддзеркаленого сигналу в залежності від кута опромінювання при однопозиційній локації.

Зразок радіопоглинаючого матеріалу був встановлений всередині хвилеводу й опромінювався прямокутними радіоімпульсами певної частоти для оцінки його властивостей щодо розсіювання електромагнітних хвиль. В кожному досліді відповідним чином змінювали ракурс опромінювання зразка за допомогою мікрометричного гвинта. В ході проведення експерименту змінювалися частоти опромінювання з встановлюванням зразку матеріалу у відповідний хвилевод. Після проведення вимірювань таким самим чином був досліджений другий зразок радіопоглинаючого матеріалу.

В ході проведеного експерименту було визначено, що поглинання електромагнітної енергії дослідженим радіопоглинаючим матеріалом носить нерівномірний характер і залежить від кута опромінювання поверхні матеріалу зразка.

Основним результатом проведеного дослідження було отримання ефекту збудження та перевипромінювання при зміні стану прикордонного шару радіопоглинаючого матеріалу при його опроміненні високочастотним радіолокаційним сигналом на певних частотах [2].

Цей ефект можна пояснити наступним чином: якщо зважити на те, що кристалічна структура радіопоглинаючого матеріалу може бути описана у вигляді коливальних ланок з розосередженими параметрами [3], то у випадку співпадіння або кратності частот опромінюючого електромагнітного сигналу та власних коливань елементарних частинок, що складають кристалічну решітку радіопоглинаючого матеріалу, виникає резонансний ефект перевипромінювання електромагнітної енергії.

Таким чином, радіопоглинаючий матеріал переходить в збуджений стан і втрачає свої поглинаючі властивості. Також, було визначено, що управління станом прикордонного шару радіопоглинаючого матеріалу можливе за допомогою варіювання фази зондуючого сигналу (тобто підстроюванням несучої частоти).

Характер залежностей амплітуди віддзеркаленого сигналу від кута опромінювання, який був отриманий в результаті вимірювань свідчить про появу періодичних резонансних, так би мовити, "вікон прозорості" відповідно до кількості напівхвиль, розташованих в лінійному розмірі цілі. Зазначений ефект дозволяє стверджувати, що при можливості знаходження оптимальних кутів опромінювання, прийому, значень частоти, а також при відповідних

удосконаленнях РЛС щодо методу їх визначення, існують шляхи виявлення зі штучно зменшеною площею віддзеркалення.

Головним недоліком отриманого резонансного сигналу є його нестабільність, мерехтіння, що, в свою чергу, призводить до інформаційної невизначеності про параметри руху. Крім того, сигнал биття є некорельованим у часі і не дає можливості визначення його параметрів, які необхідні для подальшого розрахунку дальності та швидкості руху.

Виходячи з цього, отриманий резонансний сигнал не дозволяє здійснювати стійке супроводження літака. Аналіз існуючих способів вторинної обробки радіолокаційної інформації свідчить про неможливість їх застосування при супроводженні в умовах виникнення інформаційної невизначеності про параметри руху. Тому виникає необхідність розробки інших методів і алгоритмів для вирішення завдання надійного супроводження.

Проведені дослідження [2] показують, що нестабільності отриманого збудженого резонансного сигналу можливо позбутись завдяки комплексному використанню декількох джерел для оцінки параметрів руху цілі від активних (РЛС) та пасивних (оптичні засоби, тепловізори) засобів локації при поєднанні отриманої інформації у вирішальному правилі. Це правило можна покласти в основу пасивно-активного методу траєкторної підтримки супроводження траси в системах супроводження. Метод полягає в узагальненні інформації про параметри руху і, яка надійшла від активних та пасивних засобів виявлення. Підвищення точності ґрунтується на отриманні оціночних значень вимірних координат положення в кутомірній і азимутальній площинах та обчисленні і оцінці дальності до цілі. Оцінені значення параметрів руху в подальшому можуть використовуватись в навігації.

В якості пасивних засобів отримання інформації про параметри руху повітряної цілі пропонується використовувати радіооптичні антенні решітки в оптичному діапазоні електромагнітних хвиль [4]. В інфрачервоному діапазоні електромагнітних хвиль існує можливість первинної обробки інформації про об'єкт за допомогою застосування принципів, покладених в основу функціонування тепловізорів [5]. Дальність дії цих засобів співвідноситься з дальністю дії активних РЛС.

З аналізу певних залежностей [2] можна визначити, що при відстані між динамічними об'єктами і при імовірності ухвалення рішення правильного ототожнення вимірів, імовірність помилкового рішення не буде перевищувати допустиме значення. Таким чином, реалізація даного методу ототожнення вимірів РЛС і пасивних засобів виявлення дозволить істотно зменшити кількість помилкових траєкторій на етапах зв'язки і їхньому супроводі.

Для вирішення задачі визначення дальності літаків з малою ЕПВ на різних частотах зондуючого та збудженого сигналу переви-

промінювання (сигналу биття) можна використати спосіб, в основу якого покладено вимірювання затримки часу між випромінюванням збуджуючого сигналу і отриманням сигналу випромінювання композитного матеріалу фюзеляжів у збудженому стані на частоті биття.

Запропонований спосіб виміру дальності може бути використаний при неможливості застосування когерентно-імпульсного способу, оскільки не відбувається віддзеркалення зонduючого радіоімпульсу на фіксованій частоті. Для реалізації цього способу збуджуючий сигнал повинен містити спектральні складові, які кратні до резонансної частоти вільних коливань композитного матеріалу фюзеляжу.

Енергетичні коливання як елементарних частинок, так і кристалічної решітки в цілому, – складний процес, який умовно можна зобразити у вигляді гармонічної функції з амплітудою, що промодульована гармонічною функцією з енергетичним спектром [3]. Відомо, що коливання елементарних частинок відбувається на сталій частоті [3], тобто вплив збуджуючого сигналу неможливий, оскільки існуючі НВЧ-генератори не здатні генерувати електромагнітний сигнал такої високої частоти.

Однак, відповідно до результатів проведеного експерименту [2], спектр зонduючого сигналу має спектральні складові в діапазоні власних коливань елементарних частинок і, за умови фазового збігу, здатний збуджувати радіопоглинаючий матеріал. Відповідно до класичного методу виміру дальності [6], необхідно визначити час появи від цілі збудженого сигналу на частоті биття. Це завдання можливо вирішити за допомогою використання панорамного приймача з миттєвою зміною смуги пропускання.

Спектр прийнятого сигналу биття на виході панорамного приймача буде наближатись до вигляду аروحного синусу.

## Висновки

Виходячи з цього, можна зробити висновок, що резонансний ефект покладений в основу адаптивного методу отримання радіолокаційної інформації може досягатися не тільки за рахунок співпадіння частоти зонduючого сигналу і власних коливань кристалічної структури фюзеляжу, вкритого радіопоглинаючим матеріалом, але й при виконанні умов фазового збігу. Ефект фазового збігу і спостерігався під час проведення експерименту при зміні кута опромінювання зразка.

Резонансні явища на близьких до розрахованих частотах при повторних експериментах підтверджують правильність одержаних результатів

### Список використаної літератури

1. Пархомей І.Р. Щодо можливостей виявлення літаків зі штучно зниженою площею віддзеркалення. – К.: Зб. наук. пр. НАОУ . – №6, 2004 р. – С.13-17
2. Пархомей І.Р. Літак як об'єкт радіолокації // Адаптивні системи управління. – К.: Сб. НТУУ “КПІ”. – №3(24), 2000р. – С.26-32
3. Дракин С.И. Физическая химия. – М.: Высшая школа, 1979 г. – 300с.
4. Воскресенский Д.И. Антенные решетки. – М.: Радио и связь, 1984 г. – 237с.
5. Несветей Э.А. Радиоэлектроники. – К.: Изд. КНУ, 1999 г. – 406с.
6. Алмазова В.Б.. Системотехника.– Харьков, изд. ХВУ, 1999. – 608с.

Отримано 08.04.2015 р.