

УДК 621.396.967

О.А. Малишев, В.В. Сидоров, Я.М. Беденко

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕННОСТІ ОГЛЯДОВИХ РЛС МЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ЗА РАХУНОК СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЮ ПОДАВЛЕННЯ ВІДПОВІДЕЙ ПО БОКОВИХ ПЕЛЮСТКАХ

При супроводженні повітряних об'єктів з великою ефективною поверхнею розсіювання на екрані індикатора кругового огляду РЛС можливе з'явлення хибних відміток, що обумовлено перевищенням порогу виявлення ехосигналами, прийнятими по бокових пелюстках діаграми спрямованості антени. Проаналізована залежність дальності виявлення оглядових РЛС "старого" парку від величини ефективною поверхні розсіювання повітряних об'єктів. Запропоновано варіант впровадження пристрою подавлення бокових відповідей в оглядові РЛС "старого" парку метрового діапазону без їх суттєвої модернізації.

Ключові слова: радіолокаційна станція, ефективна поверхня розсіювання, бокові пелюстки діаграми спрямованості антени, пристрій подавлення бокових відповідей.

Вступ

Постановка проблеми. У сучасних умовах спостерігається тенденція збільшення кількості літаків, що здійснюють польоти в межах території України. Ці літаки належать як до вітчизняних, так і до іноземних цивільних повітряних відомств. Серед різноманітності цих повітряних об'єктів окремо виділяються літаки великих розмірів, наприклад, Ан-225 "Мрія", Ту-95, Boeing-777 тощо. Стосовно виявлення таких повітряних об'єктів радіолокаційними засобами слід відмітити, що вони класифікуються, як об'єкти з великою ефективною поверхнею розсіювання (ЕПР). При супроводженні цих літаків можлива ситуація, коли потужності ехосигналу, прийнятого боковими пелюстками діаграми спрямованості антени (ДСА), вистачає для перевищення порогу виявлення. Це призводить до з'явлення на екрані індикатора кругового огляду РЛС хибних відміток. Для боротьби з цим явищем в РЛС радіотехнічних військ традиційно використовують пристрої подавлення бокових відповідей (ПБВ). Але на сьогодні не всі РЛС оснащені такими системами. Зокрема, вони відсутні в оглядових РЛС метрового діапазону "старого" парку.

Аналіз літератури свідчить, що в теперішній час чимало уваги приділяється докорінній модернізації РЛС (наприклад, доробка РЛС П-18 до рівня П-18МА [1] або П-18МУ [2]), що більш ефективно вирішує питання обробки сигналів. В той же час все більше залишаються осторонь питанням незначних доробок оглядових РЛС "старого" парку, зокрема, з питань боротьби з відповідями по бокових пелюстках ДСА.

Метою статті є розкриття шляхів модернізації оглядових РЛС метрового діапазону "старого" парку в інтересах підвищення їх завадозахищенності від відповідей по бокових пелюстках ДСА.

Виклад основного матеріалу

Для оцінки можливості з'явлення на екрані індикатора кругового огляду РЛС хибних відміток, обумовлених прийомом потужних ехосигналів боковими пелюстками діаграми спрямованості антени доцільно скористатись основним рівнянням радіолокації [3]

$$D = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{имп}} \cdot \sigma \cdot \lambda^2 \cdot G^2}{v \cdot P_{\text{пр min}} \cdot (4\pi)^3}}, \quad (1)$$

де $P_{\text{имп}}$ – імпульсна потужність передавача РЛС;

σ – ефективна поверхня розсіювання цілі;

λ – довжина хвилі;

G – коефіцієнт підсилення антени;

v – коефіцієнт розрізнення;

$P_{\text{пр min}}$ – чутливість приймача.

Серед параметрів (1) в інтересах статті більш детально буде розглянуто ефективну поверхню розсіювання σ , що є основною енергетичною характеристикою цілі.

ЕПР – це площа такого еквівалентного вторинного випромінювача, який рівномірно розсіюючи всю падаючу на нього електромагнітну енергію створює в точці прийому таку ж щільність потоку потужності, що і реальна цілі [4]. Розмір ЕПР залежить від геометрії та електричних властивостей матеріалу літального апарату і його покриття, співвідношення його геометричних розмірів і довжини хвилі, ракурсу опромінювання. Значення ЕПР цілі також істотно залежить від поляризації електромагнітних хвиль, що опромінюють цілі. ЕПР цілі залежить і від діапазону радіохвиль РЛС. Для РЛС метрового діапазону розміри цілі близькі за довжиною до хвилі РЛС (резонансне відбиття), а для дециметрового та сантиметрового діапазонів помітно перевищують її (поверхнево-крайове відбиття).

Для РЛС метрового діапазону хвиль усереднене значення ЕПР літаків з великими розмірами складає 15...30 м². Але оскільки ефективна поверхня розсіювання кожної конкретної цілі є мінливою та випадковою (для спостерігача) величиною, то перепади її значень можуть досягати 100...1000 і більше разів.

Виходячи з цього, була проаналізована залежність дальності виявлення оглядовими РЛС метрового діапазону повітряних об'єктів від їх ЕПР за умов приймання ехосигналів боковими пелюстками

діаграми спрямованості антени. Розрахунки проводились за допомогою (1) для таких вихідних даних: $P_{\text{імп}} = 800$ кВт; $\lambda = 1,7$ м; $G = G_{\text{бок}} = 14$; $P_{\text{пр. min}} = 10^{14}$ Вт. Результати розрахунків для різних значень коефіцієнтів розрізнення ν наведені на рис. 1. Аналіз результатів показує, що для типових значень ефективної поверхні розсіювання великорозмірних цілей (30 м²) та коефіцієнтів розрізнення $\nu = 10...14$ дБ перевищення порогу виявлення (з напрямку бокових пелюсток) стає можливим на дальностях 70...90 км.

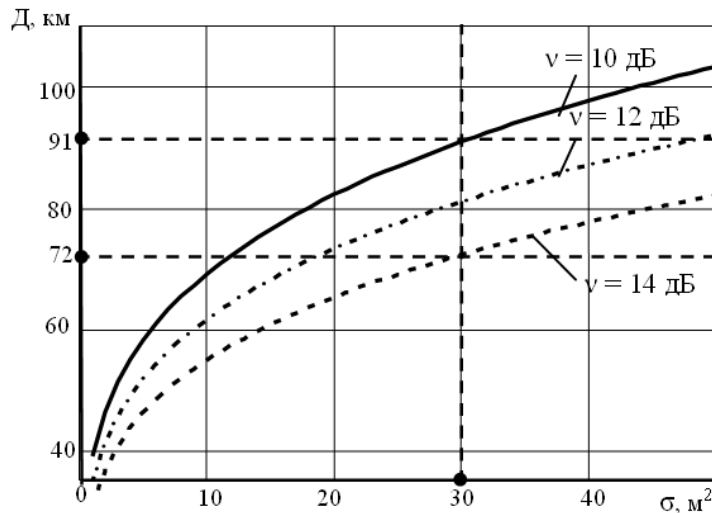


Рис. 1. Залежність дальності виявлення цілей з напрямків бокових пелюсток ДСА від ЕПР для різних значень коефіцієнтів розрізнення

Для боротьби з хибними відмітками цілей, обумовленими прийомом ехосигналів боковими пелюстками ДСА, використовуються пристрої подавлення бокових відповідей (ПБВ). Реалізація таких пристроїв передбачає (рис. 2) наявність допоміжної антени, відповідного додаткового приймального тракту (характеристики якого ідентичні характеристикам основного каналу), схеми віднімання та формувача бланків [4].

Діаграма спрямованості антени ПБВ має охоплювати бокові пелюстки ДС основної антени РЛС (рис. 3). З виходів приймального тракту продетектовані сигнали подаються на схему віднімання. В залежності від співвідношення амплітуд на її виході результат буде позитивної або негативної полярності. При перевищенні сигналами допоміжного каналу сигналів основного каналу формується бланк, який забороняє подальше проходження сигналів в основному каналі.

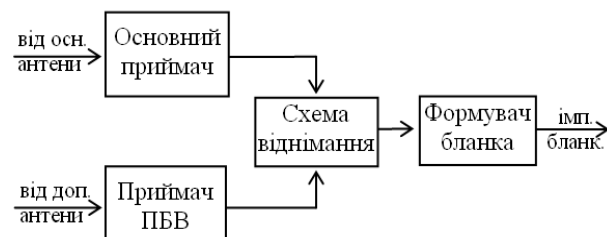


Рис. 2. Структурна схема пристрою ПБВ

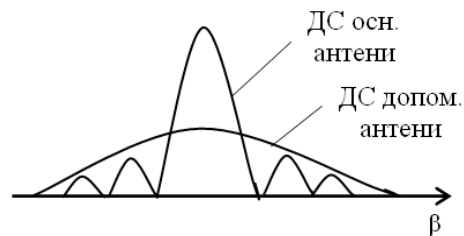


Рис. 3. Діаграми спрямованості основної та допоміжної антен

Отже, для захисту від відповідей по бокових пелюстках ДСА в РЛС окрім основного приймального тракту необхідні допоміжна антена та приймальний тракт. Серед РЛС "старого" парку зазначеним вимогам відповідає, зокрема, побудова РЛС 5Н84А [5]. Станція виконана за типовою для РЛС метрового діапазону "старого" парку схемою. Вона містить ряд допоміжних антен та відповідних додаткових приймальних трактів, які використовуються при роботі автокомпенсатора активних шумових завад (АШЗ) та пристрою пеленгування їх постановників. Така побудова РЛС дозволяє без суттєвої модернізації станції реалізувати в ній пристрій ПБВ.

Для цього після переносу спектру сигналів на першу проміжну частоту можливо паралельно пристрою пеленгування постановників АШЗ встановити пристрій ПБВ. Тобто на схему віднімання будуть

надходити ті ж сигнали, що й на пристрій пеленгування, але попередньо продетектовані. За результатами віднімання створюється імпульс бланкування, який забороняє проходження сигналів на вихід основного приймального тракту.

Реалізувати пристрій ПБВ в станції можливо з використанням сучасної елементної бази (ПЛІС, мікроконтролер, мікроЕОМ тощо).

Для дослідження ефективності застосування пристрою ПБВ в РЛС було промодельовано його роботу для різних співвідношень амплітуд ехосигналів та відношень "сигнал/шум" (під шумом розуміються внутрішні шуми) в основному та допоміжному каналах.

Результати моделювання показали, що пристрій ПБВ працює достатньо ефективно. При "типовому" перевищенні амплітуди ехосигнала допоміжного каналу U_d над амплітудою ехосигнала основного каналу U_o на 3 дБ пристрій приймає "вірні рішення" та формує відповідні бланки. "Пропуск" відповідей по бокових пелюстках починає спостерігатись практично лише при вирівнюванні амплітуд U_o та U_d (при певних відношеннях "сигнал/шум").

Висновки

При супроводженні повітряних об'єктів з великою ЕПР оглядовими РЛС можливо виявлення "хибних" цілей, що обумовлено прийомом ехосигналів боковими пелюстками ДСА. Для недопущення їх відображення на екрані індикатора кругового огляду використовують пристрої ПБВ.

В РЛС метрового діапазону "старого" парку, що мають допоміжні антени та відповідні приймальні тракти, можливо реалізувати такий пристрій без суттєвої модернізації станції.

Проведений аналіз ефективності роботи пристрою ПБВ показав, що при типових співвідношеннях амплітуд ехосигналів в основному та допоміжному каналах ($U_d / U_o = 3$ дБ) пристрій працює ефективно та формує відповідні бланкуючі імпульси.

Практичне значення отриманих результатів полягає у підвищенні завадозахищеності РЛС при виявленні та супроводженні повітряних об'єктів з великою ЕПР.

Подальшим шляхом досліджень є аналіз ефективності роботи пристрою ПБВ при дії активних імпульсних завад у відповідь.

Список літератури

1. Сайт Научно-производственного предприятия «Аэротехника-МЛТ» [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <http://www.aerotechnica.ua/index.php>.
2. Оборонно-промышленный комплекс Украины: продукция и услуги [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <http://www.ukrspecexport.com/index/catalogue>.
3. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория: справочник / Я.Д. Ширман, С.Т. Багдасарян, А.С. Маляренко и др. // под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007 – 1024 с.
4. Литвинов В.В. Основы построения радиолокационного вооружения РТВ: учеб. пос. / В.В. Литвинов. – Х.: ВИРТА, 1986. – 348 с.
5. Климченко В.Й. Озброєння радіотехнічних підрозділів і частин ППО. РЛС 5Н84А: навч. посіб. / В.Й. Климченко, О.А. Малишев, Ю.Г. Ульянов, Ю.І. Рафальський – Х.: ХУПС, 2005. – 328 с.

Надійшла до редколегії 12.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ ОБЗОРНЫХ РЛС МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ЗА СЧЕТ СОЗДАНИЯ УСТРОЙСТВА ПОДАВЛЕНИЯ ОТВЕТОВ ПО БОКОВЫМ ЛЕПЕСТКАМ

А.А. Малышев, В.В. Сидоров, Я.Н. Беденко

При сопровождении воздушных объектов с большой эффективной поверхностью рассеивания на экране индикатора кругового обзора РЛС возможно появление ложных отметок, что обусловлено превышением порога обнаружения эхосигналами, принятыми по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны. Проанализирована зависимость дальности обнаружения обзорных РЛС "старого" парка от величины эффективной поверхности рассеивания воздушных объектов. Предложен вариант внедрения устройства подавления боковых ответов в обзорные РЛС "старого" парка метрового диапазона без их существенной модернизации.

Ключевые слова: радиолокационная станция, эффективная поверхность рассеивания, боковые лепестки диаграммы направленности антенны, устройство подавления боковых ответов.

INCREASING ANTIJAMMINGNESS OF SURVEILLANCE RADARS OF METER RANGE BY CREATING SUPPRESSION DEVICES ON SIDE-LOBE RESPONSES

A.A. Malyshev, V.V. Sidorov, Y.N. Bedenko

Appearance of false targets on the display screen radar may be by accompanied of air objects with the large effective surface scattering; it is cause by the detection threshold exceeding of echosignals that are receive by the side lobes of the antenna pattern. The dependence of the detection range by the surveillance radars of "old" park from the effective surface scattering value of air objects is analysed. A variant of implementation the device of suppression the side responses in the surveillance radar of "old" park by meter range without their substantial upgrading is offered.

Keywords: radar, the effective surface scattering, the side lobes of the antenna pattern, suppression device of side responses.