

О. В. Белавін,

головний інженер радіотехнічних військ Командування
Повітряних Сил Збройних Сил України,

В. Й. Климченко,

кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий
співробітник наукового центру Повітряних Сил
Харківського університету Повітряних Сил,

Г. Г. Камалтинов,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник наукового центру
Повітряних Сил Харківського університету
Повітряних Сил,

О. С. Маляренко,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник наукового центру
Повітряних Сил Харківського університету Повітряних Сил

Світові тенденції розвитку радіолокаційних засобів контролю повітряного простору

Розглядаються світові досягнення в галузі розвитку як традиційних засобів радіолокації, якими є однопозиційні первинні і вторинні РЛС, так і багатопозиційних систем пасивної радіолокації та радіолокації із зовнішнім підсвічуванням. Доводиться, що раціональне поєднання переваг однопозиційних і багатопозиційних систем радіолокаційної розвідки є загальною світовою тенденцією розвитку засобів контролю повітряного простору.

© О. В. Белавін, В. Й. Климченко, Г. Г. Камалтинов,
О. С. Маляренко, 2015

Знання світових тенденцій розвитку тих чи інших систем озброєнь є необхідною умовою для правильного вибору шляхів та напрямів розвитку аналогічних систем для збройних сил своєї країни. Означений підхід є особливо важливим при визначенні напрямів розвитку таких складних систем озброєння, якими є радіолокаційні засоби контролю повітряного простору.

Розвиток засобів радіолокаційної розвідки, які входять до систем протиповітряної оборони та управління повітряним рухом, здійснюється на сьогодні у трьох основних напрямках (рис. 1):

- удосконалення засобів активної (традиційної) радіолокації – первинних і вторинних радіолокаційних станцій (РЛС);
- розвитку засобів пасивної («тихої») радіолокації: триангуляційних, різницево-дальномірних ($\Delta r - \Delta r$), комбінованих;
- розробка і втілення в практику засобів із зовнішнім підсвічуванням, побіжним і цілеспрямованим.

Кожний з напрямів тривалий час розвивався самостійно і має свою історію. Розвиток активної радіолокації триває понад 70 років, недарма вона має назву «традиційної». Зародження пасивної («тихої») радіолокації припадає на 1960-ті рр., а дослідження радіолокаційних засобів із зовнішнім підсвічуванням розпочалися лише в 1980-х рр.

Загальною тенденцією розвитку всіх радіолокаційних засобів контролю повітряного простору є поєднання переваг різних типів і комбіноване використання різних засобів у системі. Але для кожного напрямку існують свої часткові тенденції розвитку, які й будуть розглянуті для кожного класу засобів.

1. Світові тенденції розвитку оглядових первинних РЛС систем контролю повітряного простору

Серед радіолокаційних засобів контролю повітряного простору найбільш поширеними [1] є первинні засоби активної радіолокації. Для них характерними є такі тенденції розвитку:

- широке використання фазованих та цифрових антенних решіток;
- перехід на цілковито твердотільні РЛС із широко-смуговими сигналами і зниженим рівнем випромінювання;
- широке використання спеціальних швидкодіючих процесорів при обробці сигналів (сигнальних процесорів) та інформаційних технологій при обробці та передачі інформації;
- розширення функціональних можливостей: вимірювання повних просторових координат, розпізнавання цілей, видача метеоінформації, вторинна (супроводження трас) і третинна (мультирадарна) обробки радіолокаційної інформації;
- можливість використання в системах подвійного призначення;

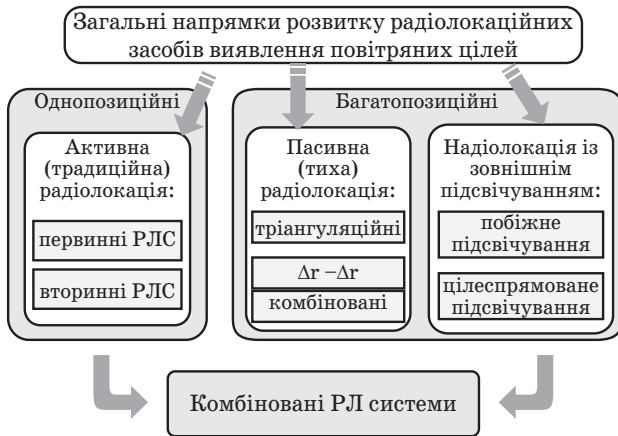


Рис. 1. Напрями розвитку радіолокаційних засобів виявлення повітряних цілей

- використання «готових до застосування модулів комерційного призначення» (Commercial Off-The-Shelf – COTS-технологій);
- підвищення експлуатаційних характеристик;
- «малообслуговуваність», економічність.

Широке використання фазованих антенних решіток (ФАР), без перебільшення, здійснило революцію в радіолокації [2]. Змінився не тільки зовнішній вигляд РЛС, а й принципи їх бойового застосування, технічного обслуговування, ремонту тощо.

Стримуючим фактором для широкого використання ФАР в оглядових РЛС у діапазонах L та S тривалий час була їхня висока вартість. Використання в останні часи Ш-хвилеводів як випромінюючих елементів значно спростило технологію виготовлення ФАР і знизило їхню вартість. На сьогодні в оглядових РЛС L та S діапазонів, у яких немає потреби в гнучкому управлінні променем у горизонтальній площині, використовуються саме такі ФАР (79К6, 64Л6, РАТ-31SL).

Перехід на цілковито твердотільні РЛС зі складними (з внутрішньоімпульсною модуляцією) і складеними зондувальними сигналами в поєднанні з використанням ФАР створив передумови для створення принципово нових за структурою та складом апаратури РЛС.

Завдяки складним зондувальним сигналам можна досягти необхідного енергетичного потенціалу за низьких значень імпульсної потужності, що докорінно змінює принципи побудови передавальних пристроїв. Крім того, підвищується захищеність РЛС від імпульсних завад.

За низьких значень імпульсної потужності стає можливим використання твердотільних передавальних модулів, що, у свою чергу, дає можливість відмовитися від високовольтної апаратури, чим значно підвищується надійність передавачів і в рази зменшуються їхні вагогабаритні характеристики.

Використання складених (таких, що складаються з кількох імпульсів) зондувальних сигналів з різними законами внутрішньоімпульсної модуляції дає змогу

перекрити характерні для тривалих зондувальних сигналів «сліпі дальності» в зонах виявлення цілей.

Загалом мініатюризація передавальних твердотільних модулів відкриває можливості для створення так званих «цифрових» РЛС, у яких використовуються активні ФАР із цифровим управлінням променем і на випромінювання, і на прийом. У таких РЛС передавальний та приймальний пристрої в традиційному розумінні відсутні, а мініатюрні передавально-приймальні модулі розташовані безпосередньо на антенному полотні за кожним з випромінювачів. Яскравим прикладом таких РЛС є російські розробки 1Л119 (Небо-СВУ) [3] та РЛС 55Ж6УМ («Ниобий») [4].

Широке використання спеціальних швидкодіючих процесорів при обробці сигналів (сигнальних процесорів) та інформаційних технологій при обробці й передачі інформації надзвичайно розширюють функціональні можливості РЛС як засобів розвідки:

- реалізація оптимальних алгоритмів обробки сигналів на фоні завад;
- адаптація до швидкозмінних умов радіоелектронної обстановки;
- мультирадарна обробка інформації;
- відображення інформації в різних формах;
- розвинена система автоматичного контролю та діагностики;
- висока швидкість обміну інформації із зовнішніми споживачами.

Загалом широке використання спеціальних швидкодіючих процесорів та нових інформаційних технологій забезпечує швидку інтеграцію сучасних РЛС в інформаційні мережі різного призначення.

Для сучасних і перспективних РЛС характерним є значне **розширення їхніх функціональних можливостей.**

Усі сучасні РЛС, за винятком деяких РЛС подвійного призначення, є трикоординатними. Такий клас РЛС, як радіолокаційні висотоміри, поступово відходить у минуле.

Дедалі більшого поширення в сучасних РЛС набуває така функція, як розпізнавання цілей за класами й типами з використанням поляризаційних, просторових, спектральних і траєкторних ознак.

Початок ХХІ ст. ознаменувався появою нового класу мобільних оглядових РЛС, на які, крім традиційної задачі виявлення аеродинамічних цілей, покладена задача інформаційного забезпечення протиракетної оборони театру воєнних дій [5]. До таких РЛС належать американські РЛС подвійного призначення AN/TPS-117 і модернізована РЛС AN/TPS-59, а також російські РЛС 64Л6Е («Гамма-С1») та 67Н6 («Гамма-Д»). Такі РЛС мають максимальний кут сканування в кутомірному секторі 55–60 градусів.

Сучасні оглядові РЛС сантиметрового діапазону за принципами своєї побудови мають високі потенційні можливості щодо ведення метеорологічної розвідки та видачі метеоінформації, які до сьогодні майже не використовувалися. Між тим, піддаючи прийняті ехо-сигнали

спеціальним методам доплерівської та поляризаційної селекції, можна додатково отримати таку інформацію про метеорологічні об'єкти, як фазовий стан та інтенсивність метеоутворення, переважна орієнтація частинок гідрометорів тощо. Тенденція побіжного використання оглядових РЛС сантиметрового діапазону як засобів метеорологічної розвідки набуває дедалі більшого поширення.

Маючи у своєму складі потужні обчислювальні засоби, сучасні РЛС здатні здійснювати обробку не лише своєї інформації, а й даних, отриманих від інших РЛС, тобто здійснювати так звану мультирадарну (третинну) обробку інформації. Ця обставина докорінним чином змінює роль таких РЛС у системі контролю повітряного простору. У перспективі кожна оглядова РЛС буде не тільки джерелом інформації про повітряну обстановку в певній області простору, а й зможе виконувати функції автоматизованого командного пункту радіотехнічного підрозділу.

Важливою світовою тенденцією розвитку оглядових РЛС контролю повітряного простору [6] є можливість їхнього **використання в системах подвійного призначення**. Нові підходи до розробки й застосування РЛС, які використовуються спільно системами ППО та цивільної авіації, дадуть змогу, за оцінками закордонних фахівців, з одного боку, істотно зменшити вартість означених систем, а з другого – розширити число функцій, виконуваних такими засобами, що зумовлено потребами інтегрованих систем виявлення та управління. На такі РЛС покладаються задачі підтримання безпеки польотів, управління повітряним рухом і контролю суверенітету повітряного простору. Передбачається можливість адаптації режимів роботи підсистем і елементів РЛС залежно від умов навколишнього середовища. Крім того, станції матимуть гнучкість багатофункціонального застосування у складі будь-яких інформаційних мереж при взаємодії з іншими елементами автоматизованої системи управління (АСУ).

Найсучаснішим радіолокатором подвійного призначення є РЛС ARSR-4 (W-2100), розроблена фірмою «Вестингауз»; у Росії типовими прикладами радіолокаційних засобів подвійного призначення є РЛС 1Л117, 1Л118, «Сопка-2», а в Україні – ARS-22/AL.

Одним з наслідків припинення «холодної війни» й гонки озброєнь стало те, що перевага в темпах та якості технологічного розвитку перейшла від військових технологій до загальноцивільних. Найбільш характерно ця тенденція проявляється в області радіоелектроніки та інформатики. Час, коли військові електронні технології були на вістрі науково-технічного прогресу й визначали як з фінансового, так і з технологічного погляду основу всього електронного світу, минув. Сьогодні цивільний ринок засобів обчислювальної та радіоелектронної техніки диктує свої загальні технологічні, організаційні та бізнесові правила життя ринку військовому [7].

Це ключова тенденція в розвитку сучасних військових електронних технологій. Наприклад, армія США на сьогодні цілком перейшла на використання готових

апаратних і програмних технологій відкритого типу, раніше широко апробованих і стандартизованих на ринку загальнопромислових цивільних додатків. Ця технологія одержала назву «готові до застосування модулі комерційного призначення» (COTS-технології), які сьогодні широко використовуються при створенні багатьох сучасних систем озброєнь.

Для COTS-технологій при використанні їх у розробках сучасних електронних систем керування озброєнням та військовою технікою характерні такі основні принципи [7]:

- використання сучасних процесорів і відкритих промислових стандартів при створенні апаратних і програмних засобів;
- розробка й використання в системах радіолокації та зв'язку для обробки сигналів спеціалізованих сигнальних процесорів і пристроїв на основі програмувальних логічних матриць, що застосовуються в медицині, геології та інших галузях науки й техніки;
- можливість подальшої модифікації систем на основі новітніх технологій і розробок без зміни базового системного програмного забезпечення;
- упровадження високорівневих програмних графічних інтерфейсів;
- забезпечення створення систем у бортовому виконанні;
- застосування на робочих місцях бойової обслуги стандартних промислових електронно-обчислювальних машин;
- зниження вартості нових систем порівняно з вартістю замінного спеціалізованого рішення;
- скорочення термінів розгортання прототипу системи для тестових іспитів до року й менше;
- стовідсоткова програмна сумісність модулів комерційного, промислового й військового виконання, що дає змогу мінімізувати вартість процесу зі створення кінцевого бойового виробу в цілому;
- використання стандартних апаратно-програмних модулів у різноманітних проектах – від тренажера до РЛС, від РЛС до системи АСУ протиповітряної оборони або АСУ керування вогнем;
- переважне, з метою здешевлення, використання стандартних і сумісних серійно апаратних модульних компонентів відповідного виконання.

Для сучасних і перспективних РЛС характерне значне **підвищення експлуатаційних характеристик**. Для більшості новітніх розробок запас ресурсу становить не менше 50 тисяч годин, а в перспективних РЛС він буде доведений до 100 тис. годин, тобто до 10–15 років цілодобової роботи. При цьому зникає поняття капітального ремонту. Основу технічного обслуговування становитиме фірмове супроводження протягом усього життєвого циклу.

Середній час напрацювання на відмову сучасних і перспективних оглядових РЛС західного виробництва становить від 450 до 2000 годин. Для нових російських РЛС «Гамма-С1Е», «Небо-СВУ», «Ниобий» середній час

напрацювання на відмову становить 500...600 годин. Для Української РЛС «Малахіт» – 2000 годин, середній час відновлення – 20–30 хв.

Використання новітніх розробок, включаючи ФАР із твердотільними приймально-передавальними модулями і засоби обчислювальної техніки з високою продуктивністю, надало реальної можливості створення станцій з **мінімальним рівнем обслуговування**, які можуть ефективно використовуватися в інформаційних системах військового і цивільного призначення.

Як при розробці нових, так і при модернізації існуючих станцій однією з найважливіших задач є зниження вартості життєвого циклу, що досягається за рахунок **зниження експлуатаційних витрат**. Проведення заходів щодо зниження експлуатаційних витрат нині є невід'ємним елементом процесу розробки РЛС західного виробництва.

Відношення енергетичного потенціалу РЛС до споживаної нею потужності, тобто своєрідний коефіцієнт корисної дії РЛС, збільшився в кілька разів.

Не менш важливою тенденцією розвитку сучасної оглядової радіолокації є **створення РЛС-роботів**, тобто цілковито автоматизованих дистанційно керованих РЛС. Перші спроби створення таких РЛС були ще в 1970-х рр. у США (лінія DEW по 70-й паралелі Північноамериканського континенту) і в СРСР – аналогічна лінія в Заполяр'ї. Але через обмежені можливості тогочасних елементної бази й технологій вони були надзвичайно складними, мали низьку надійність і, будучи умовно автоматичними, знайшли обмежене використання лише у важкодоступних районах.

На сьогодні ситуація кардинально змінилася, і РЛС-роботи стали широко використовуватись у системах контролю повітряного простору, особливо на малих і гранично малих висотах. Прикладом такого використання може слугувати [8] лінія таких постів з аеростатним базуванням уздовж південного кордону США.

До основних тактичних завдань необслуговуваних дистанційно керованих маловисотних РЛС відносять:

- створення смуг виявлення малорозмірних та маловисотних цілей на ракетонебезпечних напрямках;
- виявлення малорозмірних та маловисотних цілей у прикордонних зонах;
- спостереження за повітряним простором навколо особливо важливих об'єктів;
- створення суцільного радіолокаційного поля на малих висотах в операційних зонах.

У перспективі на основі таких необслуговуваних дистанційно керованих маловисотних РЛС, установлених на вежах висотою до 30 м, можуть бути створені нові перспективні інформаційні мережі, здатні забезпечити вогневі засоби інформацією необхідної якості.

2. Світові тенденції розвитку систем вторинної радіолокації

До сучасних систем вторинної радіолокації належать системи державного радіолокаційного впізнання (РЛВ)

об'єктів і системи вторинної оглядової радіолокації для управління повітряним рухом (ВОРЛ УПР).

Розробниками систем вторинної радіолокації були фактично лише дві країни [9, 10]: СРСР (системи РЛВ «Пароль» та «Кремний-2М» і система ВОРЛ УПР) і США (системи РЛВ Mk XA, Mk XII та Mk XIIA і система вторинної оглядової радіолокації (Secondary Surveillance Radar – SSR) для управління повітряним рухом). Решта країн виступали в ролі користувачів тією чи іншою системою.

Системою РЛВ «Пароль» користуються на сьогодні всі держави СНД.

Система радіолокаційного впізнання «Кремний-2М» досі використовується в окремих країнах Південно-Східної Азії, Близького Сходу, Африки та Південної Америки.

Систему ВОРЛ УПР використовує сьогодні лише військова авіація країн СНД, а цивільні авіаційні структури СНД поступово відмовляються від її використання.

Система ВОРЛ УПР SSR стала міжнародною й використовується цивільною та військовою авіацією всіх країн світу (крім військової авіації СНД і країн, які закуповували військові літаки виробництва СРСР).

Система РЛВ Mk XA (охоплює й режими SSR) використовується в усіх країнах НАТО й у багатьох позаблокових країнах.

Системи РЛВ Mk XII, Mk XIIA (включають і режими Mk XA) використовуються в США, Канаді й деяких європейських країнах НАТО.

Основним принципом розвитку означених систем є принцип спадкоємності, сутність якого полягає в поступовому вдосконаленні систем з набуттям ними нових властивостей і збереженням старих [10]. Такий принцип є об'єктивною необхідністю, оскільки одномоментна заміна всіх елементів системи (запитувачів і відповідачів) є практично неможливою та економічно недоцільною.

Виходячи із цього принципу, **основними тенденціями розвитку систем вторинної радіолокації є:**

1. Створення нових режимів за умови незмінності самої системи (Mk XA + режим 4 → Mk XII + режим S і режим 5 → Mk XIIA).
2. Створення режиму національного впізнання в існуючій системі Mk XA (Франція, Велика Британія, Польща).
3. Уніфікація наземних, літакових, корабельних засобів.
4. Створення вторинних РЛС подвійного призначення з інтегруванням режимів цивільних і військових систем.
5. Інтенсивне впровадження режиму S у системі SSR, який суттєво розширює інформаційні можливості системи спостереження, надає можливості автоматичної передачі даних з борта на землю й із землі на борт, забезпечує даними засоби запобігання зіткненням.
6. Поступовий перехід до моноімпульсної обробки сигналів відповіді (у режимі S моноімпульсна обробка є обов'язковою).

7. Підвищення експлуатаційної надійності за рахунок використання новітніх технологій, елементної бази, резервування.

8. Запровадження системи впізнання на полі бою, що дасть змогу здійснювати впізнання в лініях «земля – земля» і «повітря – земля» до окремого зразка ОБТ, солдата.

У світовій практиці побудови цивільної системи радіолокаційного спостереження існує тенденція надавати вторинним радіолокаторам функції основного джерела інформації. Застосування первинних каналів є обов'язковим лише в аеродромних РЛС. Суттєвим недоліком таких рішень є залежність якості спостереження від роботи бортової апаратури. Якщо відповідач утрачає працездатність або навмисно вимикається, втрачається контроль над повітряним судном. Останнім прикладом цього є втрата малайзійського пасажирського літака, стосовно якого відповідні служби навіть не могли визначити район пошуку.

Основними напрямками розвитку засобів вторинної радіолокації Повітряних Сил ЗСУ є:

1. Реалізація режиму національного впізнання в системі «Пароль» за принципом «свій України – чужий».

2. Невідкладна модернізація запитувачів системи «Пароль».

3. Негайне впровадження в практику військ рухомого автономного вторинного радіолокатора «Траса», здатного працювати й у режимах міжнародної системи SSR, й у режимах систем радіолокаційного впізнання «Пароль» та Mk XA.

3. Загальні тенденції розвитку багатопозиційних систем радіолокації

Основним недоліком однопозиційних систем активної радіолокації є неможливість скритної роботи. До певного часу означений недолік виступав лише як демаскуючий фактор. З появою ж самонавідної на випромінювання зброї РЛС стали настільки вразливими, що постає питання про кризу [11] активної радіолокації як способу розвідки повітряного супротивника.

Альтернативою традиційній активній радіолокації може бути використання багатопозиційних [12] систем радіолокації.

Що стосується розвитку триангуляційних систем пасивної («тихої») радіолокації, то вони функціонально поєднуються з активною радіолокацією й розвиваються разом з нею. На сьогодні кожна нова РЛС і перспективні розробки вже обов'язково мають у своєму складі пеленгаційні канали для визначення кутових координат постановників активних завад (ПАЗ).

Розвиток різницево-дальномірних ($\Delta r - \Delta r$) і комбінованих систем пасивної радіолокації також перейшов із фази теоретично-експериментальних досліджень у фазу практичного використання. На сьогодні прикладами таких багатопозиційних пасивних систем є сімейство систем VERA та система «Кольчуга-КЕ», які перебувають на озброєнні і здатні виявляти літаки за сигналами, які випро-

мінюються бортовою апаратурою SSR, Mk XA, Mk XII, «Пароль».

У рамках діяльності ICAO розвиваються багатопозиційні різницево-дальномірні системи вторинної локації MLAT, які працюють у системах SSR та Mk XA, Mk XII.

Європейська система CELLDAR [13] та американська система «Silent Sentry» [14] є прикладами багатопозиційних пасивних систем, які працюють у полі підсвічування передавачів стільникового зв'язку.

На думку військових експертів, рознесеним багатопозиційним системам із зовнішнім підсвічуванням, подібним до американської системи «Silent Sentry» та європейської CELLDAR, притаманне достатньо широке коло переваг, і вони можуть стати одним з найефективніших засобів радіолокаційної розвідки повітряного простору.

4. Інтеграція активно-пасивних радіолокаційних засобів систем контролю повітряного простору

Проте рознесені багатопозиційні системи також не можуть розглядатись як ідеальний засіб радіолокаційної розвідки, оскільки мають такий суттєвий недолік, як втрата працездатності за відсутності випромінювань об'єктами розвідки (режим радіомовчання) або за відсутності зовнішнього підсвічування.

Вихід, на наш погляд, може бути в інтеграції активно-пасивних радіолокаційних засобів систем контролю повітряного простору. Для цього є об'єктивні передумови, пов'язані з використанням радіочастотного ресурсу. Історично склалося так, що радіочастотні діапазони роботи первинних і вторинних РЛС цивільного та військового призначення, а також можливих зовнішніх джерел підсвічування (стільниковий зв'язок, ГЛОНАС, GPS та ін.) розташовані поруч. Особливо це характерно для L-діапазону.

L-діапазон характеризується такими особливостями:

- виділені частоти для активної локації (23 см);
- є джерела випромінювання (передавачі стільникового зв'язку), що створює умови для виявлення повітряних об'єктів у полі їх підсвічування в пасивному режимі;
- працюють системи SSR, Mk XA, Mk XII, Mk XIIA, «Пароль», що створює умови для виявлення літаків у пасивному режимі за сигналами, що випромінюються бортовим обладнанням цих систем.

Проведені в Харківському університеті Повітряних Сил дослідження [15] показують, що найбільший ефект від інтеграції активно-пасивних радіолокаційних засобів систем контролю повітряного простору може бути отриманий у класі РЛС виявлення маловисотних цілей, які працюють у L-діапазоні. У цьому діапазоні можливе створення уніфікованої активно-пасивної маловисотної РЛС кругового огляду з електронним скануванням, яка може працювати в таких режимах:

- як однопозиційна активна РЛС із круговим оглядом простору;
- як елемент багатопозиційної системи пасивної локації, здатної виявляти повітряні об'єкти за сигналами

бортової апаратури систем SSR, Мк ХА, Мк ХІІ, Мк ХІІА, «Пароль»;

- як елемент багатопозиційної системи радіолокації із зовнішнім побіжним підсвічуванням, здатної працювати в полі підсвічування передавачів стільникового зв'язку;

- як активний або пасивний елемент багатопозиційної системи радіолокації із зовнішнім цілеспрямованим підсвічуванням.

Розташування таких РЛС на вежах висотою 30 м на відстані прямої видимості і створення на їх основі необслуговуваних маловисотних радіолокаційних постів дасть змогу створити перспективну інформаційну мережу, яка становитиме основу системи радіолокаційної розвідки повітряного супротивника в Повітряних Силах Збройних Сил України.

Висновки

1. Основу радіолокаційних засобів контролю повітряного простору в найближчій і середньостроковій перспективі, як і раніше, становитимуть однопозиційні первинні та вторинні РЛС, розміщені певним чином на відповідній території та об'єднані в єдину інформаційну мережу.

2. Основною тенденцією розвитку первинних РЛС є розширення функціональних можливостей і підвищення тактико-технічних характеристик за рахунок використання сучасної й перспективної елементної бази і зниження вартості життєвого циклу виробів за рахунок використання COTS-технологій.

3. Основною тенденцією розвитку вторинних РЛС є введення режимів національного впізнавання в існуючі системи радіолокаційного впізнавання і перехід усіх країн світу на єдину систему ВОРЛІ SSR.

4. Багатопозиційні системи пасивної та активної радіолокації набувають дедалі більшого поширення і поступово втілюються в існуючі системи контролю повітряного простору.

5. Загальною тенденцією розвитку всіх радіолокаційних засобів контролю повітряного простору є поєднання переваг різних типів і комбіноване використання різних засобів у системі.

Перелік літератури

1. Камалтынов Г. Г. Состояние, направления развития обзорных РЛС ПВО большой дальности и РЛС двойного назначения: аналитический обзор / Г. Г. Камалтынов, А. Н. Колесник, М. В. Бейлин, А. Г. Варкута. – Харьков : Научный центр Войск ПВО, 2003. – 52 с.

2. Ремезов А. Максимальная эффективность при ограниченной стоимости на реализацию и эксплуатацию. Фазированные антенные решетки в радиолокационных станциях радиотехнических войск / А. Ремезов // Воздушно-космическая оборона. –

2012. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vko.ru/oruzhie/maksimalnaya-effektivnost-pri-ogranichennoy-stoimosti-na-realizaciyu-i-ekspluataciyu>.

3. Таныгин Н. А. Первая в мире мобильная РЛС метрового диапазона / Н. А. Таныгин, В. С. Гагауз // Воздушно-космическая оборона. – 2010. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vko.ru/oruzhie/pervaya-v-mire-mobilnaya-rls-metrovogo-diapazona>.

4. Рябов К. Радиолокационная станция 55Ж6УМ («Ниобий») / К. Рябов // Военное обозрение. – 2014. – 16 січня [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://topwar.ru/38435-radiolokacionnaya-stanciya-55zh6um-niobiy.html>.

5. Петров В. Наземные радиолокационные станции ПВО-ПРО на ТВД стран НАТО / В. Петров, С. Гришулин // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – № 8. – С. 63–68.

6. Кореньков В. М. Новые локаторы осваивают Арктику / В. М. Кореньков // Воздушно-космическая оборона. – 2014. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vko.ru/oruzhie/novye-lokatory-osvaivayut-arktiku>.

7. Рыбаков А. Н. Открытые компьютерные COTS-технологии в военных приложениях / А. Н. Рыбаков. – М. : Открытые Системы. – 2000. – № 4.

8. Силкин А. Т., Бренер Б. А. ПВО Северо-Американского континента: сегодня и завтра / А. Т. Силкин, Б. А. Бренер // Воздушно-космическая оборона. – 2002. – № 3, 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vko.ru/konkerpcii/pvo-severo-amerikanskogo-kontingenta-segodnya-i-zavtra>.

9. Литвинов В. В. Пути развития системы и средств радиолокационного контроля воздушного пространства / В. В. Литвинов, В. Ф. Зюкин, А. С. Маляренко // Наука і оборона. – 1994. – № 3. – С. 10–16.

10. Маляренко А. С. Системы вторичной радиолокации для управления воздушным движением и радиолокационного опознавания: справочник / А. С. Маляренко. – Харьков : Изд-во ХУВС, 2007. – 78 с.

11. Рябов Б. Время тихой локации / Б. Рябов // Воздушно-космическая оборона. – 2002. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vko.ru/oruzhie/vremya-tihoy-lokacii>.

12. Дробот Н. Многопозиционные РЛС: Новый этап в развитии локации / Н. Дробот, М. Фролов // Воздушно-космическая оборона. – 2006. – № 4.

13. Advances in Bistatic Radar / edited by Nicholas J. Willis, Hugh D. Griffiths. – SciTech Publishing Inc., 2007. – 515 p.

14. Innovative Technology for Passive, Persistent Surveillance [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.lockheedmartin.com/data/assets/isgs/documents/SilentSentry.pdf>.

15. Гриб Д. А. Про можливість створення комбінованого активно-пасивного маловисотного радіолокаційного поля при використанні кільцевих активних фазованих антенних решіток / Д. А. Гриб, В. О. Тютюнник // Системи озброєння і військова техніка. – 2013. – № 3 (35). – С. 17–24.

Надійшла до редакції 13 лютого 2014 р.