

УДК 621.396.96

А.М. Артеменко¹, Д.А. Гриб², М.Р. Арасланов², В.Й. Климченко²

¹ Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

² Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків

РАДІОЛОКАЦІЯ: ВІД ВЕЛИКОЇ ВІТЧИЗНЯНОЇ ВІЙНИ ДО НАШИХ ДНІВ

В статті наводиться короткий історичний огляд розвитку радіолокаційних засобів розвідки повітряного простору з часів Великої вітчизняної війни до наших днів. Зроблена спроба систематизації історичного процесу становлення засобів радіолокації через аналіз витоків та умов їхнього зародження, а також шляхів та напрямків розвитку на різних історичних етапах повоєнного періоду. Окремо розглядається процес розвитку засобів радіолокації в Україні після здобуття нею незалежності, аналізуються сучасні умови та перспективи оновлення радіолокаційного парку Збройних Сил України.

Ключові слова: засоби радіолокації, радіолокаційні станції, висотоміри, комплекси, напрямки розвитку, модернізація, перспективи.

Вступ

Радіолокація як спосіб виявлення та визначення місцеположення різного роду об'єктів є одним з найвизначніших винаходів людства в 20-му столітті. І коли заходить мова про першість в цій області, то в більшості випадків превалюють національні фактори над об'єктивним станом речей. Так видатний англійський політик Уїнстон Черчилль після закінчення Другої світової війни заявив, що саме англіїці подарували світу радіолокацію. А вся науково-технічна та науково-популярна література радянської доби одноставно стверджувала, що саме СРСР належить пальма першості в області радіолокації.

Мета статті: показати, що з відкриттям електромагнітних хвиль ідея радіолокації висіла в повітрі і чекала свого часу на реалізацію паралельно в багатьох технічно розвинутих країнах світу.

Основна частина

1. Перші кроки радіолокації в СРСР (1934-1945 р.р.)

В СРСР ідея використання радіохвиль для виявлення літаків визріла у 1931-1932 роках незалежно і одночасно в двох центральних управліннях Народного Комісаріату Оборони – Головному артилерійському управлінні (ГАУ) [1] і Управлінні протиповітряної оборони (УППО) [2]. Різниця в задачах радіовиявлення літаків в інтересах ГАУ і УППО полягала в тому, що ГАУ виходило з необхідності радіотехнічних методів виявлення літаків для наведення прожекторів і забезпечення вогню зенітної артилерії, тобто з дальністю виявлення в кілька десятків кілометрів, а управління ППО – для служби повітряного спостереження, оповіщення та зв'язку (ВНОС – від російського "воздушное наблюдение, оповещение и связь"), тобто з дальністю виявлення цілей в сотні кілометрів. Ініціаторами ідеї використання радіохвиль для виявлення літаків були в означених організаціях М.М. Лобанов і П.К. Ощепков відповідно.

В подальшому мова буде йти про історію розвитку засобів радіолокаційної розвідки повітряного простору, тобто тих засобів, які призначались для озброєння служби ВНОС, а пізніше радіотехнічних військ ППО.

Перша серійна РЛС розвідки повітряного простору (РУС-1, "Ревень") з'явилася в 1938 році в КБ, яким керував Д.С. Стогов. Це був багатопозиційний радіолокатор з неперервним випромінюванням, який мав один передавальний пристрій і тричотири приймальних. Відстань між передавальним і приймальними пристроями становила від 35 до 50 км, що давало змогу виявляти літаки в смугах відповідної довжини. Всього було випущено 45 комплектів. Радіолокаційні станції РУС-1 були застосовані під час фінської військової кампанії 1939-1940 р.р., а в часи Великої вітчизняної війни – на кордонах в Закавказзі та на Далекому сході.

У 1937 році в Ленінградському фізико-технічному інституті (ЛФТИ) під керівництвом Ю.Б. Кобзарєва була завершена розробка імпульсного методу радіолокації, який і був в подальшому закладений в основу розвитку радіолокаційної техніки.

До кінця 1939 року науково-дослідним інститутом НДІ-20 (з 1954 р. – НДІ-244, з 1964 р. – Яузський РТІ, з 1968 р. – Всесоюзний науково-дослідний інститут радіотехніки – ВНДІРТ) був розроблений проект, а до квітня 1940 року виготовлено два дослідні зразки першої імпульсної РЛС "Редут". Це був двоантенний варіант РЛС з двома кабінами, що розташовувались на одній позиції і синхронно оберталися. Означені станції, що працювали на довжині хвилі 4 м, мали достатньо високий технічний рівень і були здатні виявляти літаки на відміну від РЛС РУС-1 не в смугах, а в області простору радіусом до 150 кілометрів.

Перехід від багатопозиційних РЛС РУС-1 з неперервним випромінюванням до однопозиційних імпульсних РЛС був значним кроком в історії радіолокації.

Полігонні випробування перша імпульсна РЛС дальнього виявлення "Редут" пройшла успішно і під шифром РУС-2 була прийнята у 1940 році на озброєння військ ППО. У цьому ж році було розпочате й серійне її виробництво.

Подальшим і не менш важливим кроком в становленні радіолокаційної техніки було використання єдиного антенного пристрою, який працював в момент роботи імпульсного передавача на випромінювання, а в проміжках між випромінюванням – на прийом. Автоматичне перемикання антенної системи на передачу або прийом здійснювалося електричними розрядниками.

Наприкінці 1941 року була прийнята на озброєння одноантенна РЛС РУС-2с під шифром "Пегматит-2". Серійне виробництво РЛС "Пегматит-2" розпочалося в 1942 році. Всього було випущено 60 комплектів. Одночасно з серійним випуском РЛС "Пегматит-2" продовжувалась і її модернізація. І наприкінці 1942 року була прийнята на озброєння РЛС "Пегматит-2М", або скорочено П-2М (з цього часу усі оглядові РЛС дальнього виявлення повітряних об'єктів стали позначатись першою літерою від назви "Пегматит" і номером розробки: П-3, П-8, П-10, ..., П-95).

Досвід використання радіолокаційних засобів у перші місяці Великої вітчизняної війни довів їхню надзвичайну ефективність. Неоціненну роль вони відіграли в системі ППО Ленінграда та Москви. Завчасне попередження про появу повітряного противника та неперервне його супроводження значною мірою підвищувало ефективність застосування винищувальної авіації та зенітної артилерії. Оцінивши роль і значення нового виду військової техніки керівництво СРСР вжило усіх необхідних заходів щодо подальшого його розвитку.

4 липня 1943 року вийшла Постанова Державного Комітету Оборони (ДКО) про створення при ньому Ради з радіолокації. У 1943 р. за ініціативою Ради з радіолокації був створений Інститут локаційної техніки, який очолив П.З. Стась.

Склалося так, що створення нового виду озброєння припало на воєнні роки. Втілення науково-технічної думки в конкретні зразки РЛС здійснювалось уже в роки тяжких випробувань. Всього за роки війни було випущено більше 600 комплектів РЛС РУС-2 ("Редут", "Редут-41", "Пегматит-2" і П-2М) і вони становили основу радіолокаційного парку Червоної Армії. За своїми характеристиками означені РЛС не поступались зарубіжним зразкам, а за такими параметрами, як час розгортання, кількість транспортних одиниць та обсяг апаратури були значно кращими.

Це були РЛС першого покоління. Вони довели надзвичайну ефективність радіолокації і визначили загальний вигляд, склад та структуру РЛС на подальші десятиліття. Основні технічні рішення, такі як імпульсна модуляція, направлена випроміню-

вання і прийом сигналів, суміщення в одній антені функцій випромінювання і прийому, і понині лежать в основі створення радіолокаційних засобів.

2. Розвиток радіолокації в перші повоєнні роки (1945-1955 р.р.)

Другий етап розвитку радіолокації в СРСР був фактично етапом її становлення і припадав на перші післявоєнні роки (1945 – 1955 р.р.). Це були роки поступового переростання союзницьких стосунків держав антигітлерівської коаліції в протистояння між СРСР і Західним світом. Наляканий наявністю в колишнього союзника надзвичайно грізної і жахливої зброї, якою була атомна бомба, Радянський Союз неймовірними зусиллями намагався забезпечити себе від несподіваного нищівного удару. Оскільки носіями ядерної зброї на той час були лише стратегічні бомбардувальники, то єдиним засобом, який міг завчасно попередити керівництво країни про повітряний напад і навести на противника винищувачі, були радіолокаційні станції. Саме цим і визначається та увага, якої надавало керівництво СРСР розвитку засобів радіолокації в перше післявоєнне десятиліття.

Характерною рисою цього періоду є подальший розвиток РЛС метрового діапазону хвиль. Першою післявоєнною РЛС дальнього виявлення літаків метрового діапазону була станція П-3А, створена НДІ радіопромисловості за ТТВ ГАУ від 25 липня 1946 р. В 1950 році на озброєння була прийнята РЛС П-8, а в 1954 році – РЛС П-10. Дальність виявлення літаків цими станціями збільшилась не набагато в порівнянні з РЛС першого покоління. Але це були вже якісно інші станції.

Для "метрових" РЛС другого покоління характерним було використання замість амплітудного індикатора панорамного індикатора кругового огляду. Використання гоніометра дозволяло хоча б грубо вимірювати висоту польоту цілей. Наявність апаратури захисту від пасивних завад давала змогу виявляти цілі на фоні віддзеркалень від землі та штучно створюваних противником хмар півхвильових диполів. Станції були оснащені суміщеною апаратурою впізнавання цілей "СЧ-3" або "Кремній-1". Від випуску станцій в стаціонарному варіанті відмовились і всі вони розміщувались на автомобільних шасі.

І все ж РЛС метрового діапазону хвиль, особливо при довжині хвиль в 4 м, мали один суттєвий недолік: фізично неможливо забезпечити необхідну спрямованість випромінювання (хоча б в кілька градусів) за прийнятних розмірів антени. А маючи ширину характеристики направленості антени в $15^{\circ} \dots 30^{\circ}$ (саме таку спрямованість мали антени "метрових" станцій першого і другого покоління), неможливо точно визначити координати цілі і навести на неї винищувач. Доки розробники не мали в своєму розпорядженні потужних імпульсних генерато-

рів в дециметровому чи сантиметровому діапазонах хвиль, з означеним недоліком мирились. В післявоєнні роки вітчизняна промисловість опанувала нарешті виробництво потужних магнетронів, що дало новий поштовх розвитку радіолокації.

Першими станціями дальнього виявлення і наведення в сантиметровому діапазоні хвиль [3] були рухома радіолокаційна станція П-20 ("Перископ") і її стаціонарний варіант П-50 ("Обсерваторія"). Станції забезпечували круговий огляд і виявлення цілей в зоні своєї дії, відображали повітряну обстановку на ІКО самої станції і на виносному ІКО КП авіаційної частини. РЛС визначала три координати цілей: азимут, похилу дальність і висоту способом V-променю, ідея якого була висловлена професором М.А. Бонч-Бруєвичем ще в 1938 р. Для впізнавання своїх літаків до станції додавався наземний радіолокаційний запитувач НРЗ-1.

Правильність та доцільність вибору діапазону хвиль (10 см) і основних конструктивних рішень підтверджувалась світовою практикою (американський аналог РЛС AN/CPS-6) і тим, що діапазон, основні технічні рішення та конструктивне виконання РЛС зберігалися майже незмінними в наступних розробках аж до появи ФАР, які різко змінили зовнішній вигляд РЛС.

РЛС П-50 ("Обсерваторія") фактично являла собою радіолокаційний вузол, до складу якого крім РЛС входила радіотрансляційна лінія для передачі радіолокаційної інформації на об'єкти державного значення. РЛС дозволяла виявляти бомбардувальники на дальності до 400 км при верхній межі виявлення до 16 км.

Рухома РЛС П-20 ("Перископ") дозволяла виявляти літаки на дальності до 200 км при висоті польоту до 13 км. Можливість її швидкої передислокації надавала їй великої переваги перед стаціонарною РЛС "Обсерваторія".

Обидві РЛС ("Обсерваторія" і "Перископ"), були трикоординатними, і для вимірювання висоти цілей використовувався V-промінь. Станції мали на той час високу точність визначення координат (середньоквадратичні похибки вимірювання дальності становили 500 м, а азимуту – 0,5°) і високу розрізняльну здатність (400 м по дальності і 1,5° по азимуту).

В 1950 році РЛС "Перископ" успішно пройшла всі випробування і відразу ж була запущена в серійне виробництво під шифром П-20. Станція випускалася великою серією. РЛС П-50 "Обсерваторія" в кінці 1950 року також пройшла державні випробування і була прийнята на озброєння, але виготовлялась в порівняно невеликих кількостях і встановлювалась на стаціонарних пунктах військ ППО на спеціально побудованих спорудах. В Україні станція П-50 була розгорнута на г. Ай-Петрі і працювала там аж до середини 60-х років.

3. Дальноміри, висотоміри і "мастодонти" (1955-1975 р.р.)

Третій етап розвитку радіолокації охоплює період з середини 50-х до середини 70-х років. Це був період жорсткого протистояння двох соціально-економічних систем, який набув форми так званої "холодної" війни. В Радянському Союзі створювалась єдина система протиповітряної оборони країни. Роздрібнені сили і засоби ППО були згуртовані в 1954 році в єдиний вид Збройних Сил – Війська ППО країни, а основним джерелом інформації про повітряну обстановку над територією країни і за її межами стали радіотехнічні війська, сформовані як окремий рід військ ще в 1952 році. Перед радіотехнічними військами було поставлене завдання на створення суцільного радіолокаційного поля над густозаселеною територією країни і смуг попередження в районах Крайньої Півночі та Сибіру. Крім цього, з появою реактивної авіації та зенітних ракетних комплексів радіотехнічним військам висувались набагато складніші завдання з наведення винищувальної авіації та цілеуказання зенітним ракетним військам. Означені об'єктивні фактори та масштабність завдань й визначили особливості та основні напрямки розвитку радіолокаційної техніки на наступні два десятиріччя.

По-перше було значно розширене коло розробників та виробників радіолокаційної техніки. Якщо розробка та виготовлення РЛС першого та другого покоління була зосереджена лише в двох центрах, Москві і Ленінграді, то на третьому етапі розвитку радіолокації географія підприємств значно розширилась. Були додатково створені потужні центри розробки і виготовлення засобів радіолокації в Нижньому Новгороді, Києві, Запоріжжі, Новосибірську, Челябінську, не враховуючи залучення суміжних організацій, які були розкидані по території всього Союзу.

По-друге, з цілого ряду економічних і фізичних причин виникла необхідність створення різних класів спеціалізованих РЛС, призначених для вирішення певного кола завдань. Так, побудова суцільного радіолокаційного поля над великими територіями з урахуванням кривизни земної поверхні обходилась дешевше, якщо воно мало дво- або триярусну структуру. А це означало, що необхідно розробляти окремо потужні радіолокатори для дальнього виявлення цілей на стратосферних і великих висотах і малопотужні радіолокатори для виявлення цілей на малих і середніх висотах. Перші мали розгортатись на позиціях радіолокаційних вузлів радіотехнічних батальйонів, а другі – у віддалених радіолокаційних ротах. Різноманітність завдань та вимог з видачі споживачам розвідувальної інформації під час цілодобового чергування і короткочасної видачі бойової інформації для забезпечення бойових дій вогневих засобів вимагала

побудови для вирішення першої групи завдань простих, дешевих у виробництві й експлуатації так званих "чергових" РЛС, а для забезпечення бойових дій авіації та ЗРВ необхідні були заводо захищені, високоточні й високопотенціальні РЛС так званого "бойового" режиму, які за визначенням мали бути набагато складнішими й дорожчими. Низька точність вимірювання висоти цілей трикоординатними РЛС другого покоління (П-3, П-8, П-10) і неможливість її підвищення через обмеженість тогочасної елементної бази спонукали конструкторів до розробки окремо двокоординатних РЛС (дальномірів) і окремо висотомірів.

По-третє, широке застосування авіацією імовірного противника засобів радіоелектронного придушення вимагало створення заводостійкого багатодіапазонного радіолокаційного поля і відповідного створення РЛС в різних частотних діапазонах. Саме в цей період визначились основні діапазони роботи РЛС розвідки повітряного простору. В метровому діапазоні був здійснений перехід від 75 МГц (4 м) на частоти 140...200 МГц (П-12, П-14, П-18, П-70, 5Н84, 5Н84А, 44Ж6). В дециметровому діапазоні був визначений діапазон 810...890 МГц (П-15, П-19), в сантиметровому діапазоні виділялися три частотні дільниці: 2000...2400 МГц (П-80, П-90, 5Н87), 2500...3100 МГц (П-30, П-35, П-40, П-37, ПРВ-10, ПРВ-11, ПРВ-13) і 6500...6900 МГц (ПРВ-9, ПРВ-16).

За цей період було розроблено кілька десятків типів радіолокаторів розвідки повітряного простору і більше двох десятків типів прийнято на озброєння. Саме в цей період окреслились основні класифікаційні ознаки РЛС розвідки повітряного простору. Створення чергового радіолокаційного поля здійснювалося переважно радіолокаційними станціями метрового діапазону хвиль, які мали назву "РЛС чергового режиму".

Основа цього класу РЛС становили мобільні середньопотенціальні станції П-12 (1955 р.), П-18 (1974 р.) з максимальною дальністю виявлення цілей до 250...300 км і верхньою межею до 25...30 км і високопотенціальні стаціонарні станції П-14 (1956р.), 44Ж6 (1974 р.), рухомі станції 5Н84 (1967 р.), 5Н84А (1974 р.) з максимальною дальністю виявлення цілей до 500...600 км і верхньою межею до 35...40 км. Особливе місце в цьому класі РЛС посідає надпотужна стаціонарна станція П-70 (1969 р.) з максимальною дальністю виявлення цілей понад 1500 км і верхньою межею понад 100 км. Високий потенціал РЛС досягався великими розмірами антени (48×28 м) і використанням зондувального ЛЧМ-сигналу з базою в 50 одиниць. Випуск означених РЛС обмежився 11 екземплярами і розгортались вони тільки по периметру СРСР на приморських напрямках. В Україні були розгорнуті дві станції П-70 в районах міст Ізмаїл і Керч.

Для радіолокаційних станцій "бойового режиму" відводився сантиметровий діапазон. Основа класу РЛС "бойового режиму" становили рухомі середньопотенціальні станції П-30 (1956 р.), П-35 (1958 р.), П-37 (1971 р.) та мобільна на гусеничному шасі станція П-40 (1963 р.) з максимальною дальністю виявлення цілей до 250...270 км і верхньою межею до 25...27 км і високопотенціальні рухомі радіолокаційні комплекси П-80 (1962р.), 5Н87 (1972 р.) з максимальною дальністю виявлення цілей до 350...400 км і верхньою межею до 40...50 км. Означені РЛС мали підвищені точнісні характеристики, високу захищеність від пасивних завод, а комплекс 5Н87 мав високу захищеність і від активних завод. Але ці РЛС мали нижчий порівняно з іншими РЛС запас ресурсу, були складними в обслуговуванні й бойовому застосуванні.

До класу РЛС "бойового режиму" можна віднести ще й два особливі стаціонарні радіолокаційні комплекси, які розроблялись в цей період. Це РЛК П-90 "Памир" (1961 р.) і 5Н88 "Машук" (1965...1977 р.) з максимальною дальністю виявлення цілей до 500 км і верхньою межею до 50 км. Вони являли собою надпотужні однопозиційні (П-90) або двопозиційні (5Н88) РЛС з розміром антенних дзеркал до 20 м і масою опорно-поворотних пристроїв разом з кабінами до 100 тон. Крім цього, до складу кожного комплексу входили кілька десятків причепів з апаратурою (в РЛК 5Н88 – 62 причепи). Звісно, що такі "мастодонти", як їх тоді називали, не набули широкого застосування у військах. Комплекс П-90 "Памир" був прийнятий на озброєння, але дуже обмеженою серією лише в 6 одиниць, а РЛК 5Н88 "Машук" державна комісія на озброєння не прийняла.

Для створення нижнього ярусу радіолокаційного поля в ці роки розроблявся спеціальний клас мобільних радіолокаційних станцій виявлення маловисотних цілей з максимальною дальністю виявлення цілей до 150 км і верхньою межею до 6 км. Основа класу "маловисотних" РЛС в цей період становили мобільні РЛС на автомобільному шасі П-15 (1956 р.) і П-19 (1975 р.). Для виявлення маловисотних цілей в труднодоступних районах Крайньої Півночі створювались автоматизовані радіолокаційно-зв'язкові комплекси П-95 "Буг" (1963 р.) і П-96 "Оскол" (1969 р.). Але вони мали обмежене застосування і випускались малими партіями по 10...15 одиниць.

Усі типи РЛС, які розроблялись в період з 1955 по 1975 рік, за винятком РЛС П-12, П-30, П-90 та 5Н88, були двокоординатними. Це пояснювалось тим, що гоніометричний метод та метод V-променя, які були реалізовані в РЛС П-12 та П-30 відповідно, не забезпечували необхідну на той час для наведення винищувальної авіації та цілевказання зенітним ракетним комплексам точність вимірювання висоти. А по-справжньому трикоорди-

натні РЛС П-90 і 5Н88, з реалізованим в них методом парціальних променів, забезпечували необхідну точність, але були при тогочасній елементній базі надзвичайно громіздкими і дорогими, що робило їх непридатними для масового використання. Єдино вірним виходом із становища на тому етапі розвитку радіолокаційної техніки була відмова від побудови трикоординатних РЛС і використання натомість радіолокаційних комплексів у складі "дальномір – висотомір". Саме на цьому етапі й виникли радіолокаційні висотоміри як окремий тип радіолокаторів. "Родоначалником" цього типу радіолокаторів став висотомір ПРВ-10 "Конус", прийнятий на озброєння у 1957 році. Подальший розвиток висотомірів відбувався в двох напрямках. Для спряження з РЛС нижнього ярусу поля (з "маловисотними" РЛС) були розроблені і прийняті на озброєння висотоміри ПРВ-9 "Наклон-2" (1960 р.) і ПРВ-16 "Наклон" (1971 р.). Вони, як і маловисотні РЛС, мали невелику дальність виявлення цілей (до 150 км), але точність вимірювання висоти мали надзвичайно високу (середньоквадратична похибка на дальності 100 км становила 70 м). Виконувались обидва висотоміри в мобільному (на автомобільному шасі) і в рухомому (в причепах) варіантах. Для спряження з РЛС верхнього ярусу поля призначались висотоміри ПРВ-11 "Вершина" (1961 р.), ПРВ-13 "Надежность" (1969 р.) і ПРВ-17 "Линейка" (1976 р.). Точність вимірювання ними висоти польоту цілей була дещо нижчою, ніж висотомірами нижнього ярусу поля, але вони мали велику дальність виявлення цілей (до 400 км) і високу захищеність від пасивних і активних завад. Висотомір ПРВ-17, крім того, міг використовуватись і як високопотенціальна РЛС виявлення маловисотних цілей, зокрема крилатих ракет.

В цілому розробки третього покоління радіолокаторів (особливо кінця 60-х і початку 70-х років) за своїми технічними рішеннями виявилися настільки вдалим, що, незважаючи на застарілу елементну базу (переважно радіолампи) та майже повну витрату ресурсу, вони і до сьогодні зберегли свою ефективність. Тільки завдяки цьому радіотехнічні війська України, на озброєнні яких перебувають переважно РЛС розробки 70-х років, успішно виконують поставлені перед ними завдання. Більше того, за умов проведення докорінної модернізації цих РЛС з переведенням їх на сучасну елементну базу може бути успішно вирішене завдання оновлення існуючого парку радіолокаційних засобів РТВ.

4. Від радіоламп до інтегральних мікросхем (1975-1990 роки)

На розвиток радіолокаційної техніки в період з 1975 по 1990 рік суттєво вплинула низка чинників науково-технічного та військового характеру.

По-перше, теоретичні розробки в області радіолокації на цей період були доведені до такої

повноти і досконалості, що для спеціалістів з розробки радіолокаційних засобів вже не залишалось темних плям в теоретичних питаннях. Питання полягало лише в тому, як теоретичні положення реалізувати на практиці.

По-друге, розвиток елементної бази вийшов на рівень мікрозборок і інтегральних мікросхем малого та середнього ступеня інтеграції. Це суттєво розв'язувало руки конструкторам і усувало обмеження, пов'язані з обсягом апаратури, надійністю її функціонування, ресурсом і т.ін.

По-третє, поява серед засобів повітряного нападу крилатих ракет, високоточної зброї і тактичних балістичних ракет суттєво змінила самі підходи до побудови радіолокаційної системи і радіолокаторів, як основних джерел інформації. Тепер основну загрозу становили або цілі на гранично малих висотах (нижче 200 м), або стратосферні цілі.

По-четверте, короткий час перебування нових типів засобів повітряного нападу в межах зон виявлення РЛС та великі швидкості вимагали автоматизації процесів обробки радіолокаційної інформації безпосередньо на РЛС і автоматичної видачі її споживачам. Тобто так звану вторинну обробку інформації, яка раніше здійснювалась на автоматизованих командних пунктах рот чи батальйонів, тепер необхідно було передавати на РЛС. Внаслідок цього радіолокатори мали стати завершеними джерелами інформації і видавати "грасову" інформацію за потребою будь-якому споживачу.

По-п'яте, низький темп оновлення даних про висоту польоту цілей, який здатні були забезпечити комплекси "дальномір – висотомір", за умов масованих ударів або за умов дії цілей на гранично малих висотах ставав дедалі неприйнятним. Через це на порядок денний знову впливало питання про створення трикоординатних РЛС, але вже на новій елементній базі.

В цілому, поділ РЛС за функціональним призначенням на цьому етапі розвитку залишився таким, яким він склався в 60-і роки, але розробка нових зразків здійснювалась під впливом і з урахуванням викладених вище особливостей.

В класі РЛС "чергового режиму", як і до цього, розробка локаторів відбувалась в двох напрямках. На заміну високопотенціальних станцій 5Н84А розроблялась РЛС 55Ж6, а на заміну РЛС П-18 мала надходити РЛС 1Л13. Обидві РЛС були розроблені Нижегородським науково-дослідним інститутом радіотехніки (ННДІРТ).

РЛС 55Ж6 була прийнята на озброєння в 1983 році і мала зону виявлення цілей за розмірами і формою майже таку, що й РЛС 5Н84А. Вона являла собою [4] рухому трикоординатну РЛС, в якій були втілені чи не всі досягнення наукової думки в області радіолокації і яка не мала і досі не має аналогів у світі. Створити рухому (8 транспортних одиниць) трикоординатну РЛС в метровому діапа-

зоні, яка б вимірювала висоту з такою точністю (середньоквадратична похибка на дальності 200 км становила 800 м), до цього не вдавалося нікому. Оригінальна побудова антенної системи у вигляді \perp -подібної конструкції двох плоских антенних решіток (дальномірної і висотомірної) виявилась настільки вдалою, що незважаючи на значні розміри (29×6,5 м – решітка дальноміра і 5,5×31 м – решітка висотоміра) та вагу (7,3 т без опорно-поворотного пристрою), антена легко обертається, є стійкою проти вітру та ожеледі і навіть зовні привертає погляд своєю завершеністю і стрункістю. А за своїми тактико-технічними характеристиками РЛС 55Ж6 (дальність виявлення цілей, завадозахищеність та точність вимірювання координат) похитнула поняття "чергової РЛС", бо могла використовуватись і як РЛС "бойового режиму".

В цілому, в РЛС 55Ж6 було втілено багато вдалих і не зовсім вдалих технічних рішень, через які РЛС справляє протирічливі враження, являючи з одного боку шедевр конструкторської думки, а з іншого – нагромадження невиправдано складних пристроїв, які тільки погіршують характеристики РЛС.

РЛС 1Л13 була прийнята на озброєння в 1986 році. Замовником виступало командування Сухопутних військ. Це була мобільна двокоординатна РЛС з максимальною дальністю виявлення цілей 320 км і верхньою межею зони виявлення в 40 км. Багато кращих технічних рішень були запозичені від РЛС 55Ж6, оскільки розробником виступала одна й та ж організація. В РЛС 1Л13 на відміну від 55Ж6 була вже реалізована цифрова обробка сигналів з використанням цифрових інтегральних мікросхем і мікропроцесорної техніки.

В класі РЛС "бойового режиму" на цьому етапі розвитку були розроблені і прийняті на озброєння РЛК 64Ж6 (1978 р.) і РЛС 22Ж6М (1987 р.) та 5Н69 (1978 р.). Що стосується РЛК 64Ж6, то він являв собою модернізований комплекс 5Н87. Модернізація комплексу стосувалась перш за все підвищення його завадозахищеності. Для підвищення захищеності від пасивних завад була введена цифрова система обробки сигналів, а для захисту від активних шумових завад, що діють по головному променю, застосовувалась поляризаційна автокомпенсація завад. Крім того, до складу РЛК 64Ж6 вводились висотоміри ПРВ-17 замість висотомірів ПРВ-13.

РЛС 22Ж6М на відміну від РЛК 64Ж6 була абсолютно новою розробкою і представляла собою рухому трикоординатну РЛС з максимальною дальністю виявлення цілей 360 км і верхньою межею зони виявлення в 40 км. Крім каналу виявлення цілей станція мала ще й канал розпізнавання цілей по їхніх "дальнісних портретах". Це була перша в СРСР радіолокаційна станція з каналом розпізнавання.

РЛС 5Н69 являлась типовим представником сімейства РЛС -"мастодонтів" (П-90 "Памир" і 5Н88 "Машук") і її не спіткала доля "Машука" тільки тому, що вона була вже виконана на інтегральних мікросхемах і завдяки цьому обсяг апаратури був значно меншим. РЛС 5Н69 являла собою умовно рухому трикоординатну РЛС дециметрового діапазону хвиль (23 см) з максимальною дальністю виявлення цілей 450 км і верхньою межею зони виявлення в 53 км. Для вимірювання висоти цілі використовувався принцип частотного гойдання променю у вертикальній площині. Випускалась РЛС 5Н69 короткою серією всього в 38 одиниць.

В класі РЛС виявлення маловисотних цілей ситуація була набагато складніша. На середину 70-х років основними засобами радіолокаційної розвідки маловисотних цілей були двокоординатні РЛС П-15 та П-19, які використовувалися разом з висотомірами ПРВ-9 та ПРВ-16, утворюючи маловисотні радіолокаційні комплекси. Але з удосконаленням засобів повітряного нападу й оснащенням їх високоефективними системами радіопротидії та появою в 70-х роках крилатих ракет як принципово нового засобу повітряного нападу означені радіолокаційні комплекси внаслідок їхньої слабкої завадозахищеності та повної відсутності автоматизації процесів знімання й обробки радіолокаційної інформації перестали задовольняти існуючим вимогам. Нагальною стала потреба розробки та прийняття на озброєння принципово нової трикоординатної РЛС виявлення маловисотних цілей, яка могла би виявляти та супроводжувати маловисотні цілі в складних умовах радіоелектронної обстановки.

З цією метою Всесоюзному науководослідному інституту радіотехніки (ВНДІРТ, Москва) в 1970 році Постановою ЦК і Радміну була доручена розробка рухомої трикоординатної РЛС для виявлення і супроводу маловисотних цілей за умов одночасної дії активних і пасивних завад, наявності інтенсивних віддзеркалень від землі і в складних метеоумовах. Наприкінці 70-х років ВНДІРТ завершив розробку принципово нової радіолокаційної станції, яка відома під відкритим найменуванням як РЛС 5Н59 (інше позначення в СРСР – СТ-68).

За своєю побудовою РЛС СТ-68 була багатофункціональною станцією. В ній знайшли втілення останні на той час наукові досягнення в області радіотехніки та радіоелектроніки. Але, незважаючи на це, РЛС 5Н59 на озброєння так і не була прийнята через її високу вартість та громіздкість.

В 1975 році, коли роботи над проектом 5Н59 були в повному розпалі, керівництво КБ "Іскра" за власною ініціативою вийшло з пропозицією про розробку для ППО країни спрощеного варіанту трикоординатної радіолокаційної

станції, яка б забезпечувала виявлення маловисотних цілей в умовах інтенсивної дії комбінованих завад. Пізніше вона отримала найменування як СТ-68У. Передбачаючи можливі складнощі з прийняттям на озброєння військ такої складної РЛС як 5Н59, замовник зацікавився іншою, спрощеною станцією, яку запропонувало керівництво КБ "Іскра". Молодий і талановитий колектив КБ "Іскра" під керівництвом М.І.Мірошніченка в досить стислі строки виконав усі необхідні науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи і в 1980 році представив станцію на державні випробування.

У березні 1980 року були початі Державні випробування одночасно двох дослідних зразків: СТ-68У (КБ "Іскра") і СТ-68 (ВНДІРТ), які проводилися на конкурсній основі. За наслідками порівняльних випробувань державна комісія рекомендувала прийняти на озброєння РЛС СТ-68У, а витрати на розробку СТ-68 списати в збиток Держбюджету. У 1981 році РЛС СТ-68У була прийнята на озброєння і відповідно з класифікатором озброєння отримала відкрите позначення як 19Ж6.

Радіолокаційна станція 19Ж6 виявилась настільки вдалим зразком, що в короткий термін стала найбільш масовою РЛС в радіотехнічних військах ППО СРСР, а потім і країн СНД. Станція відома також далеко за межами країн СНД і успішно використовується в системах ППО багатьох країн центральної Європи, Азії, Африки та латинської Америки. Серійне виробництво РЛС 19Ж6 здійснювалось на Запорізькому електромеханічному заводі "Іскра" (з 1999 року – Казенне підприємство "Науково-виробничий комплекс "Іскра"). Всього було випущено 650 комплектів РЛС 19Ж6, із них 50 – на експорт.

З прийняттям РЛС 19Ж6 до серійного виробництва конструкторський колектив КБ "Іскра" продовжував роботи щодо її удосконалення і модернізації. В 1987 році шляхом глибокої модернізації РЛС СТ-68У (19Ж6) КБ створило фактично нову РЛС, яка за класифікатором озброєння отримала позначення 35Д6. Серійне виробництво РЛС 35Д6 здійснювалось з 1987 року на "Казенному підприємстві "Науково-виробничий комплекс "Іскра". Всього було випущено 190 комплектів РЛС 35Д6, із них 30 – на експорт (експортний варіант РЛС мав позначення 36Д6).

Паралельно з розробками рухомих трикоординатних РЛС виявлення маловисотних цілей 5Н59, 19Ж6 та 35Д6 здійснювалась і розробка простішої і дешевшої РЛС 35Н6 "Каста". Розробку здійснював ВНДІРТ і в 1987 році станція була прийнята на озброєння. Це була мобільна (на двох автомобілях) двокоординатна РЛС виявлення маловисотних цілей, основним призначенням якої в РТВ було оперативне нарощування або відновлення радіолокаційного поля.

Для виявлення маловисотних цілей в гірських районах на фоні надзвичайно потужних віддзеркалень сигналів від гірської поверхні створювались спеціальні РЛС 5У75 "Перископ" (1978 р.) і 5У76 "Перископ-В" (1984 р.), а для створення смуг попередження в труднодоступних районах Крайньої Півночі на заміну автоматизованам радіолокаційно-з'язковим комплексам П-95 "Буг" і П-96 "Оскол" був розроблений і прийнятий на озброєння в 1985 році комплекс 36Ж6 "Дельта". Але реальна потреба в таких РЛС була невеликою і вони випускались обмеженими серіями по 10...15 одиниць.

На завершення характеристики четвертого етапу розвитку радіолокаційної техніки слід розглянути найбільш характерні й спільні для цього покоління РЛС риси.

Історично склалося так, що при розробці РЛС четвертого покоління конструктори відразу перейшли від радіоламп до інтегральних мікросхем, перестрибнувши через напівпровідникові технології.

Наслідки такого стрибка були несподіваними і для розробників і для військ. Вимоги військових щодо обсягу апаратури і кількості транспортних одиниць до РЛС четвертого покоління залишились приблизно такими, що і для РЛС третього покоління: 1...3 одиниці для "маловисотних" РЛС і 5...8 для РЛС великих і стратосферних висот. І якщо лампові технології, так би мовити, дисциплінували конструкторів, змушуючи їх розробляти пристрої якомога простішими з меншою кількістю ламп, щоб втиснутись у відведені одиниці, то тепер в тих само одиницях можна було розмістити стільки пристроїв, наскільки вистачить конструкторської фантазії. А фантазії підігрівались існуючою на той час в СРСР системою заохочень на втілення в техніку власних розробок. Результатом було неймовірне ускладнення усіх без виключення РЛС четвертого покоління. Кількість органів керування, регулювання та настроювання обчислювалась тисячами. Особливо це було характерним для РЛС 55Ж6 і 22Ж6М. Таке надмірне ускладнення техніки не тільки не сприяло її надійності, а й тягнуло за собою ще цілу низку наслідків.

По-перше, самостійно освоїти таку техніку через її неймовірну складність особовий склад в більшості підрозділів не міг. Фактично нова техніка працювала до першої серйозної несправності.

По-друге, військова система експлуатації і ремонту РЕТ РТВ була нездатною і не готовою до прийняття техніки на новій елементній базі. Через це постійно виникали проблеми з ремонтом техніки.

В цілому ж, із понад десяти нових розробок РЛС четвертого покоління життєздатними показали себе лише 19Ж6 та 35Д6 виробництва казенного підприємства "Науково-виробничий комплекс "Іскра". Решта ж розробок невдовзі

були зняті з озброєння або законсервовані. Взагалі відносно короткочасний четвертий етап розвитку радіолокаційної техніки був своєрідним часовим плацдармом для справжньої революції в області радіолокаційної техніки, яким став наступний етап її розвитку.

5 Радіолокатори України

Початком наступного п'ятого періоду розвитку радіолокаційної техніки, який триває і до нині, умовно можна вважати першу половину 90-х років. На цей час небувалого розвитку досягли інформаційні технології, якісно змінилась елементна база, стало масовим виробництво сигнальних процесорів, появились швидкодіючі аналого-цифрові перетворювачі сигналів з тактовою частотою в десятки і сотні мегагерц, відбулась мініатюризація елементів техніки НВЧ, появились, завдяки досягненням в області матеріалознавства, якісно нові матеріали. Все це давало змогу повному підійти до формування зондувальних сигналів, їхнього випромінювання, прийому й обробки ехо-сигналів, добування радіолокаційної інформації та її обробки [5].

Характерними рисами, спільними для усіх класів РЛС розвідки повітряного простору, за виключенням вузькоспеціалізованих, на цьому етапі розвитку є такі:

здатність вимірювати повні просторові координати цілей, а в деяких і радіальну швидкість цілі;

здатність здійснювати автоматично й автоматизовано первинну, вторинну (трасову) і третинну (мультирадарну) обробку радіолокаційної інформації і виступати за необхідності в ролі автоматизованого командного пункту ротного рівня;

кількість транспортних одиниць становить: 1...2 для РЛС нижнього ярусу поля і 2...3 для РЛС верхнього ярусу поля;

використання переважно фазованих антенних решіток в тому числі й активних (випромінюючих) і цифрових (приймальних) ФАР;

використання твердотільних (в метровому і дециметровому діапазонах хвиль) передавальних пристроїв (в перспективі – і в сантиметровому діапазоні);

використання складених великобазових зондувальних сигналів з низькою імпульсною потужністю;

відмова від індикаторів з післясвітінням і використання безинерційних моніторів як засобів відображення інформації;

інтерфейсні способи взаємодії систем і оператора;

майже повна відсутність органів регулювання і настроювання;

спрощене обслуговування РЛС (щоденне та сезонне);

висока надійність (середнє напрацювання на

відмову – тисячі годин);

високі ресурсні показники (50...100 тисяч годин).

Звісно, що реально далеко не всі радіолокатори п'ятого покоління мають такі характеристики, але загальні тенденції розвитку РЛС на цьому етапі саме такі.

П'ятий етап розвитку радіолокаційної техніки і розробка та прийняття на озброєння РЛС п'ятого покоління відбувався і відбувається після розпаду СРСР. В кожній пострадянській країні він протікає по-своєму і має свої особливості.

Україні у спадок від військово-промислового комплексу СРСР дістались два потужні науково-виробничі об'єднання з розробки та виготовлення радіолокаційної техніки "Іскра" (м. Запоріжжя) і "Квант" (м. Київ). Науково-виробниче об'єднання "Іскра" зберегло свої потужності і профіль діяльності і з 1999 року функціонує як Казенне підприємство "Науково-виробничий комплекс "Іскра". Доля НВО "Квант", на жаль, була складнішою і після кількох реорганізацій на його уламках утворилось відкрите акціонерне товариство "Холдингова компанія "Укрспецтехніка". Крім цього, уже за роки незалежності України в м. Києві було створене товариство з обмеженою відповідальністю "Науково-виробниче підприємство "Аеротехніка-МЛТ", яке згодом стало потужною організацією з модернізації радіоелектронної техніки в тому числі й РЛС.

Завдяки цьому Україна як розробник і виробник радіолокаційної техніки і сьогодні має досить великі можливості в цій галузі і за наявності відповідного фінансування здатна самостійно забезпечити свої Збройні Сили необхідною радіолокаційною технікою.

Науково-виробничий комплекс "Іскра" закінчив розробку сучасної РЛС 79К6 "Пелікан", яка успішно пройшла випробування і в 2007 році була прийнята на озброєння. Трикоординатна РЛС 79К6, яка за своїми ТТХ здатна замінити РЛС П-37 і РЛК 5Н87 (64Ж6), є типовою РЛС п'ятого покоління і не поступається кращим світовим зразкам. Але вартість її серійного виробництва при серії у кілька десятків одиниць залишається занадто високою.

Розвиток оглядових РЛС показаний на рис. 1.

Тому в умовах обмеженого фінансування Міністерство оборони змушене оновлювати парк РЛС шляхом глибокої модернізації існуючих зразків. Суть глибокої модернізації полягає в доведенні РЛС третього й четвертого покоління до елементній базі до рівня п'ятого і підвищенні, завдяки цьому, їх інформаційних можливостей і завадозахищеності, а також надійності і ресурсних показників, залишаючи незмінним конструктив антени, опорно-поворотних пристроїв і базових шасі.

В класі РЛС метрового діапазону вже проведена модернізація РЛС П-18 відразу двома фірмами: науково-виробничим підприємством "Аеротехніка-МЛТ" і холдинговою компанією "Укрспецтехніка". Обидві станції під шифром П-18МА і П-18МУ відповідно прийняті на озброєння в 2007 році. Крім цього, підприємством "Аеротехніка-МЛТ" розроблена РЛС П-180МА на вітчизняному автомобільному шасі. В стадії державних випробувань перебуває модернізований варіант РЛС 5Н84А – 5Н84АМА. Плануються на модернізацію і РЛС 55Ж6 та 1Л13 за розробленими для них Міністерством оборони тактико-технічним завданнями.

В класі станцій виявлення маловисотних цілей науково-виробничий комплекс "Іскра" здійснив настільки глибоку модернізацію РЛС 35Д6, що фактично створена нова станція п'ятого покоління 35Д6М, яка за своїми характеристиками може використовуватися і як РЛС верхнього ярусу поля. Науково-виробниче підприємство "Аеротехніка-МЛТ" також модернізувало РЛС П-19 в РЛС П-19МА та П-190У, а наземний радіолокаційний запитувач 1Л22 в первинно-вторинний локатор ASR-22/AL. Планується глибока модернізація й існуючого парку висотомірів ПРВ-13 і ПРВ-16.

В цілому, Україна на сьогодні є однією з небагатьох країн світу, яка може розробляти і виготовляти таку наукоємну і високотехнологічну продукцію, як військові засоби радіолокації. І дуже прикро, що за станом на сьогодні цією продукцією Збройні Сили України оснащуються вкрай недостатньо. Хотілося б сподіватися, що у держави вистачить мудрості зберегти ті науково-

технічні надбання, які створювалися в тяжкі повоєнні роки звитяжною працею наших батьків.

Висновки

В 2010 році всі народи колишнього Радянського Союзу відзначають 65-у річницю своєї спільної Великої Перемоги. Певна частка в цій перемозі належить і засобам радіолокації, які почали надходити на озброєння армії перед війною, адже саме 70 років назад був створений перший імпульсний радіолокатор "Редут". 65 і 70 років, для історії це – мить, для людини – життя, для науково-технічного прогресу – епоха. Епоха радіолокації.

Список літератури

1. Лобанов М.М. Развитие советской радиолокационной техники / М.М. Лобанов. – М.: Воениздат, 1982. – 239 с.
2. Ощепков П.К. Жизнь и мечта. Изд. 4-е / П.К. Ощепков. – М.: Московский рабочий, 1984. – 336 с.
3. Корляков В.В. Первый локатор сантиметровых волн / В.В. Корляков, Ю.С. Кучеров // Воздушно-космическая оборона. – 2008. – № 6.
4. Зачеицкий А.А. Страж советского неба / А.А. Зачеицкий // Воздушно-космическая оборона. – 2007. – № 3.
5. Корляков В.В. Радиолокация на современном этапе / В.В. Корляков // Воздушно-космическая оборона. – 2006. – № 6.

Надійшла до редколегії 15.03.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Лошаков, Національний університет радіоелектроніки, Харків.

РАДИОЛОКАЦИЯ: С ВОЕННЫХ ЛЕТ ДО НАШИХ ДНЕЙ

А.М. Артеменко, Д.А. Гриб, М.Р. Арасланов, В.И. Климченко

В статье приводится краткий исторический обзор развития радиолокационных средств разведки воздушного пространства со времен Великой отечественной войны до наших дней. Сделана попытка систематизации исторического процесса становления средств радиолокации путем анализа истоков и условий их зарождения, а также путей и направлений их развития на разных исторических этапах послевоенного периода. Отдельно рассматривается процесс развития средств радиолокации в Украине после обретения ею независимости, анализируются современные условия и перспективы обновления радиолокационного парка Вооруженных Сил Украины.

Ключевые слова: средства радиолокации, радиолокационные станции, высотометры, комплексы, направления развития, модернизация, перспективы.

RADIOLOCATION: FROM THE GREAT PATRIOTIC WAR UP TO NOWADAYS

A.M. Artemenko, D.A. Grib, M.R. Araslanov, V.I. Klimchenko

A short historical review of air space radar reconnaissance means development since the Great Patriotic War up to nowadays is resulted in the article. The attempt to systematize the historical process of radar facilities formation by the analysis of sources and conditions of their origin, and the ways and directions of their development at different historical stages of the post-war period was made. Development of radar facilities in Ukraine after receiving the independence is separately considered; modern conditions and prospects of Armed Forces of Ukraine radar park updating are analyzed.

Keywords: radar facilities, radar stations, altimeters, complexes, development directions, modernization, prospects.