

ЗАДАЧІ УДОСКОНАЛЕННЯ АЕРОДРОМНИХ ОГЛЯДОВИХ РАДІОЛОКАТОРІВ

Досліджено основні характеристики сучасних оглядових радіолокаторів аеродромної зони. Проведено порівняння визначених характеристик із рекомендаціями ICAO. Встановлено, що за окремими параметрами сучасні оглядові радіолокатори не відповідають рекомендаціям встановленим ICAO. Визначені задачі подальшого удосконалення радіосистем огляду аеродромної зони.

Ключові слова: аеродромний оглядовий радіолокатор, радіосистема, дальність, рекомендації ICAO.

M.O. LANTVOYT

Khmelnitsky National University, Khmelnytsky, Ukraine

OBJECTIVES OF IMPROVEMENT AIRFIELD SURVEILLANCE RADAR

Investigation the basic characteristics of modern airfield surveillance radar zone. A comparison the characteristics with the recommendations ICAO. In the article the observation radars, which are currently used to ensure safety. Determined their main characteristics: range of action, the measurement error range, distinguished capacity, operating frequencies. All observation radars operate in two modes: active and passive. The use of both modes allows the measurement range and azimuth in active mode and in the passive mode of response selection purposes conducted by the speed. Established that same certain parameters of modern observation radar not meet the guidelines established by ICAO. Defined problems further improve of radio view of the airfield area.

Keywords: Aerodrome surveillance radar, radio system, range, recommendations ICAO.

Безпечність і регулярність польотів повітряних суден, а також економічні показники повітряного руху літаків цивільної авіації значною мірою визначається радіотехнічними засобами забезпечення польотів. Забезпечення безпеки руху літальних апаратів покладається на різноманітні служби і технічні засоби. На них покладаються задачі керування рухом повітряних суден (ПС) на землі та у польоті, попередження конфліктних ситуацій в повітря, забезпечення безпечних інтервалів між ПС в вертикальній та горизонтальній площинах, прийняття своєчасних заходів для допомоги екіпажам у особливих випадках в польоті. Одним із необхідних компонентів системи забезпечення руху літаків є автоматизовані системи керування повітряним рухом. Відповідно до наказу Міністерства транспорту України, автоматизовані системи керування повітряним рухом повинні забезпечувати індикацію на радіолокаційних дисплеях сповіщень та попереджень, пов'язаних з безпекою польотів, у тому числі сповіщень про виникнення конфліктної ситуації, попереджень про досягнення мінімальної безпечної висоти, прогнозів щодо конфліктної ситуації та ненавмисного дублювання кодів SSR. [1]

Будь-які автоматизовані систем управління повітряним рухом за своєю структурою складають із багатьох підсистем. Важливими складовими системи забезпечення повітряного руху є радіолокаційні станції та комплекси. До їх властивостей відносяться:

- Висока оперативність отримання даних о координатах літаків і додаткової політної інформації необхідної для керування повітряним рухом (номер рейсу, висота, запас палива, вектор швидкості, сигнали о аварійних ситуаціях);
- Достатньо висока об'єктивність отриманих даних;
- Повнота інформації про стан повітряної обстановки у всій контрольованій зоні управління;
- Наглядність представлення про місцезоположення літаків і траєкторій їх руху, а також радіолокаційне зображення повітряної обстановки на екрані індикаторів РЛС;
- Висока точність та надійність наземних РЛС, оскільки умови роботи апаратури на землі в стаціонарних умовах дозволяють використовувати резервування, зменшити діапазон кліматичних впливів на обладнання, збільшення розмірів антен, захист антен від аеродинамічних навантажень, полегшення умов обслуговування апаратури.

Споживачі радіолокаційної інформації висувають до РЛС часто протиречиві вимоги. Часто задовольнити усі вимоги одна станція не може. Тому вони диференціюються за певними групами в залежності від різних служб, що використовують радіолокаційну інформацію. Так існують трасові, аеродромні, посадкові, огляду льотного поля, метеорологічні і інші види РЛС. В окремих випадках функції двох або декількох видів радіолокаційних станцій об'єднуються в одному радіолокаційному комплексі. Однією із важливих складових підсистем забезпечення повітряного руху є аеродромний оглядовий радіолокатор [2, 3, 4, 5].

Аеродромні оглядові РЛС (ОРЛ-А) призначені для отримання інформації про повітряну обстановку, яка необхідна під час контролю і керуванні повітряного руху в районі аеродрому і для введення повітряного судна в зону дії посадкових засобів. Усі ОРЛ-А поділяються на класи: первинні радіолокатори-В-1 (ПРЛ-В1) – із дальністю дії $R_{\max} = 150$ км; ПРЛ-В2 – із дальністю дії $R_{\max} = 80$ км та ПРЛ-В2 – із дальністю дії $R_{\max} = 46$ км. Інформація отримувана від аеродромних оглядових станцій використовується різноманітними диспетчерськими службами. Технічні характеристики аеродромних РЛС повинні

забезпечувати точність та розрізнявальну спроможність відповідно до вітчизняних та міжнародних норм []. Дальність дії аеродромної РЛС залежить від інтенсивності руху в зоні аеропорту. Відповідно до рекомендацій ІКАО, для забезпечення диспетчера необхідною інформацією достатньо забезпечити дальність дії радіолокатора не менше 46 км [].

Розглядаючи нормативи ІКАО для аеродромних РЛС встановлено наступне. Аеродромний радіолокатор повинен виявляти ПС з ефективною відбиває площею 15 м² і більше, що знаходяться в зоні прямої видимості (з точки розташування антени) в межах простору, охопленого обертанням на 360° навколо вертикальної осі антени плоскої фігури. Водночас нормами ІКАО рекомендується збільшити зону виявлення.

Похибка у визначенні положення відмітки цілі по азимуту не повинна бути більше $\pm 2^\circ$.

Похибка індикації дальності не повинна перевищувати 5% від дійсного відстані до цілі або 150 м у залежності від того, яка з цих величин більше, тобто $\therefore \sigma_{max} r \leq 0,05 r$; $\sigma_{max} r \geq 150$ м, де r - похила дальність до цілі.

Для нових РЛС, спроектованих після прийняття норм ІКАО, похибка індикації дальності не повинна перевищувати 3% від дійсного відстані до цілі або 150 м і в залежності від того, яка з цих величин більше.

Роздільна здатність станції по азимуту повинна бути не гірше 4 град.

Роздільна здатність по дальності повинна бути не гірше 1% відстані від антени радіолокатора до цілі чи 230 м у залежності від того, яка з цих величин більше, тобто $\therefore \delta r \leq 0,01 r$; $\delta r \geq 230$ м.

Інформація про дальності і азимут НД, які у межах зони виявлення радіолокатора, повинна поновлюватися не рідше ніж кожні 4 с.

Основні вимоги ІКАО для оглядових аеродромних радіолокаторів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Нормативні вимоги ІКАО до аеродромних радіолокаторів

Характеристика	Рекомендації ІКАО
Максимальна дальність, км	46
Ймовірність правильного виявлення	0,9
Ймовірність помилкових тривоги	10-6
Еквівалентна площа цілі, м ²	15
Кут місця, градус	0,5-30
Швидкість огляду, об / хв	15
Роздільна здатність:	
по дальності, м	230 або 1% від R_{max}
по азимуту, градус	4
Похибка вимірювання (СКП) дальності:	
за індикатором (після цифрової обробки), м	150 або 0.03% від R_{max}
точність азимута по індикатору, градус	2

Використовувані на даний час аеродромні оглядові радари забезпечують технічні характеристики відмінні від нормативних рекомендованих вимог до аеродромних радіолокаторів. Відомі наступні типи аеродромних РЛС: ДРЛ-7СМ, АОРЛ «Екран85». Також використовуються PSR STAR2000, виробництва Thales (Франція), і PSR Morava виробництва RAMET S.H.M. a.s. (Чеська Республіка). Для заміни РЛК типу ДРЛ7СМ на аеродромах з низькою інтенсивністю що не мають потреби в трасових вторинних РЛК обирають первинно-вторинний радіолокатор АОРЛ-1АС, виробництва ЧРЗ «Полет» (Росія), ASR-22/AL . Для порівняння технічних характеристик різних аеродромних радіолокаторів зведемо їх у порівняльну таблицю 2.

Аналіз наведених в табл. 2 даних показує що рекомендаціям ІКАО задовольняють аеродромні оглядові радіолокаційні станції закордонного виробництва. Проте, для забезпечення безпеки польотів в зоні аеропортів нашої країни необхідно широкого встановлення сучасних РЛС. Така ситуація потребує розробки вітчизняних станцій та комплексів, які б задовольняли вимоги міжнародних стандартів та правил. Причому, у рекомендаціях ІКАО прямо рекомендовано забезпечувати більш високі вимоги до дальності, точності та розрізнявальної спроможності радіолокаційних станцій огляду аеродромної зони.

Аеродромні РЛС працюють в трьох режимах: пасивному, активному та селекції рухомих цілей (СРЦ).

Пасивний режим передбачає те що сигнал, прийнятий приймачем РЛС, формується в результаті відбиття (розсіювання) ціллю електромагнітних коливань, випромінюваних антеною РЛС і опромінюючих ціль (рис. 1).

На відміну від пасивного режиму, в активному режимі передавач первинного каналу генерує не одиночні імпульси, а кодову послідовність, яка є запитом до літакового відповідача. В приймачі первинного каналу парні перевідбиті імпульси, дешифруються, перетворюються в одиночні імпульси і подаються на звичайні пасивні блоки (рис. 2).

Порівняльна таблиця різних типів аеродромних радолокаторів

Технічний параметр	Нормативні вимоги ICAO	ДРЛ-7СМ	АОРЛ «Екран 85»	PSR STAR 2000	PSR Morava	АОРЛ-1АС	ASR-22/AL
Максимальна дальність, км	46	120 (80)*	100	111	120-60	160	150 (100)*
Еквівалентна площа цілі, м ²	15	-	10	-	-	-	2,5
Кут місця	0,5°-30°	1°-10°	45°	45	45°	45°	
Швидкість огляду, об / хв	15	-	9-11	15/12/10	-	12	-
Роздільна здатність:							
по дальності, м	230 або 1% від <i>Rmax</i>	1,5% масштабу індикатора	1000	200	230	350	250
по азимуту	4°	6°	15°	2,8°	2°	3,5°	5°
Похибка вимірювання:							
дальності, м	150 або 0.03% від <i>Rmax</i>	1% масштабу індикатора	250	-	50	40	100
азимуту	2°	1°	15□	-	0,1°	8□	0,4°
Потужність передавача, кВт	-	230	35	15/28	16/28	10	4
Діапазон робочих частот, МГц	-	-	1216-1278	2700-2900	2700-2900	1215-1279	1250-1350

*При пасивній роботі.

Робота передавального пристрою первинного каналу в режимі СРЦ аналогічна його роботі в пасивному режимі. Відмінність полягає в зміні частоти повторення і тривалості модулюючих і зондуючих імпульсів. Для виділення рухомих цілей використовується когерентно-імпульсний метод з внутрішньою псевдокогерентністю. У відповідних блоках реалізується оцінка зміни фази прийманих сигналів за період повторення імпульсів. Проте режим СРЦ не передбачає вимірювання радіальної швидкості літака, тому як Доплівський зсув за час тривалості зондуючого імпульсу виміряти з необхідною точністю практично неможливо.

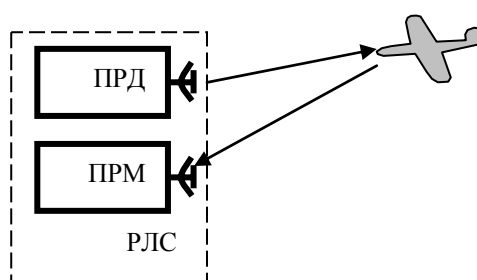


Рис. 1. Пасивний режим роботи аеродромної РЛС

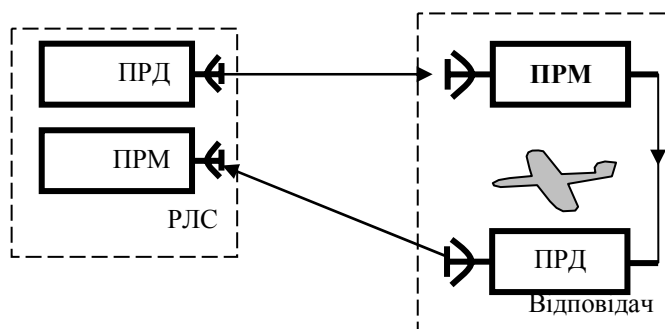


Рис. 2. Активний режим роботи аеродромної РЛС

Необхідно зауважити, що усі відомі радіолокаційні системи огляду аеродромної зони не призначені для вимірювання радіальної швидкості літаків. Це є їх суттєвим недоліком, тому як за час між зондуванням в одному напрямку проходить від 4 до 6 с. За цей час літак може змінити своє положення на відстань від 444 до 667 м коли швидкість літака 400 км/г, або 555 до 833 м коли швидкість літака 500 км/г [7]. Як в одному так і в другому випадках відстані що пролетить літак є значними, і якщо два літака знаходиться на зазначених відстанях, без знання вектору швидкості літака неможливо спрогнозувати ймовірність виникнення небезпечної ситуації. І хоча на літаках існують відповідні радіотехнічні системи попередження зіткнень, додатковий контроль диспетчером може виявитись корисним.

При побудові аеродромних оглядових радіолокаторів не проводять вимірювання Доплерівського зсуву частоти внаслідок значної похибки вимірювання частоти. Тому як зондуючі імпульси мають тривалість порядку одиниць або одного – двох десятків нс і носійна частота біля одно – двох ГГц, похибка вимірювання частоти класичними методами значна [8].

У зв'язку із вище викладеним, завданням подальшого удосконалення технічних характеристик аеродромних оглядових радіолокаторів є:

- провести аналіз відомих методів дальнометрії застосовуваних в радіолокації, особливу увагу приділити методам дальнометрії при побудові аеродромних оглядових радіолокаторів;
- проаналізувати перспективні фазові методи дальнометрії багатьох цілей;
- провести удосконалення аналітичних виразів методів багаточастотної фазової дальнометрії;
- розробити аналітичні методи багаточастотної фазової дальнометрії із можливістю вимірювання радіальної швидкості повітряних суден;
- дослідити точність та розрізнявальну спроможність удосконаленого багаточастотного методу вимірювання дальності та радіальної швидкості;
- розробити імітаційну математичну модель, алгоритми комп'ютерної програми та провести математичне моделювання процесу визначення дальності та радіальної швидкості з урахуванням завад та особливостей побудови системи дальнометрії та її алгоритмів функціонування;
- розробити структурні схеми радіолокаційної системи із застосуванням багаточастотного фазового вимірювання дальності та радіальної швидкості.

Література

1. Наказ міністерства транспорту України від 16.04.2003 № 293 Про затвердження Правил польотів повітряних суден та обслуговування повітряного руху в класифікованому повітряному просторі України.
2. Перевезенцев Л.Т., Зеленков А.В., Огарков В.М. Радиолокационные системы аэропортов. Учеб. для вузов гражданской авиации. Под ред. Л.Т.Перевезенцева. - М.: Транспорт, 1981.
3. Тучков Н. Т. Автоматизированные системы та радиоэлектронные засоби управління повітряним рухом: Учеб. для вузов - М.: Транспорт, 1994
4. Лушников О.С. Наземні радіоелектронні засоби забезпечення польотів повітряних судів: Навчальний посібник. - Ульяновськ:УВАУ ГА, 2001
5. Радиотехнические системы зв'язку, повітряної навігації та управління повітряним рухом: Методичні вказівки по курсовому проектуванню для курсантів спеціальності 240300, спеціалізації 240305/сост.: О.С. Лушников, С. О. Тарасов. - Ульяновськ:УВАУГА, 2000.
6. Doc. ICAO 8168 ("Производство полетов воздушных судов") том II ("Построение схем визуальных полетов, полетов по приборам"), третья и четвертая редакции.
7. Электрические измерения: Учебник для вузов / Байда Л. И., Добротворский Н. С, Душин Е. М. и др.; Под ред. А. В. Фремке и Е. М. Душина. — 5-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. —392 с.

References

1. Nakaz mInIsterstva transportu UkraYini vId 16.04.2003 # 293 Pro zatverdzhennya Pravil polotlv povltryanih suden ta obslugovuvannya povltryanogo ruhu v klasiflkovanomu povltryanomu prostori UkraYini.
2. Perevezentsev L.T., Zelenkov A.V., Ogarkov V.M. Radiolokatsionnie sistemi aeroportlv. Ucheb. dlya vuzlv tsivilnoYi avlatsIYi. PIdred.L.T.Perevezentsev. - M.: Transport, 1981.
3. Tuchkov N. T. Avtomatizirovannye sistemi ta radloelektronnl zasobi upravlnnnya povltryanim ruhom: Ucheb. dlya vuzlv - M.: Transport, 1994
4. Lushnikov O.S. Nazemnl radloelektronnl zasobi zabezpechennya polotlv povltryanih sudlv: Navchalniy poslbnik. - UlyanIvsk:UVAU GA, 2001
5. Radiotekhnicheskie sistemi zv'yazku, povltryanoYi navIgatsIYi ta upravlnnnya povltryanim ruhom: Metodichnl vkazlvki po kursovomu proektuvannya dlya kursantlv spetsIalnostl 240300, spetsIalIzatsIYi 240305/sost.: O.S. Lushnikov, S. O. Tarasov. - UlyanIvsk:UVAUGA, 2000.
6. Doc. ICAO 8168 ("Proizvodstvo poletov vozdushnyih sudov") tom II ("Postroenie shem vizualnyih poletov, poletov po priboram"), tretaya i chetvertaya redaktsii.
7. Elektricheskie izmereniya: Uchebnik dlya vuzov / Bayda L. I., Dobrotvorskiy N. S, Dushin E. M. i dr.; Pod red. A. V. Fremke i E. M. Dushina. — 5-e izd., pererab. i dop. — L.: Energiya. Leningr. otd-nie, 1980. —392 s.