

Розвиток радіотехнічного забезпечення, АСУ та зв'язку Повітряних Сил

УДК 621.396

DOI: 10.30748/nitps.2021.44.14

В.О. Лебедєв, О.М. Чекунова, С.М. Блащук, О.В. Висоцький

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ СВІТОВИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ПОСАДОЧНИХ РАДІОЛОКАТОРІВ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПОСАДКИ

У роботі проведено аналіз світових тенденцій розвитку посадочних радіолокаторів (ПРЛ) радіолокаційних систем посадки. Актуальність теми роботи визначається необхідністю вдосконалення радіолокаційних систем посадки на основі дослідження напрямків розвитку радіолокаційної техніки, методів обробки радіолокаційної інформації та сигналів, а також розробки та впровадження фазованих антенних решіток (ФАР) у зв'язку з розширенням способів застосування повітряних суден й підвищенням вимог до безпеки та якості польотів, своєчасності й безпеки радіолокаційного забезпечення польотів. З наведеного аналізу розвитку ПРЛ в радіолокаційних системах посадки слідує, що на даний час за кордоном використовуються ПРЛ з цифровою обробкою сигналів як у мобільних, так і в стаціонарних варіантах використання. При будові сучасних ПРЛ спостерігається тенденція збільшення випуску ПРЛ із використанням ФАР.

Ключові слова: диспетчерський радіолокатор, оглядовий радіолокатор, посадочний радіолокатор, радіолокаційна система посадки, фазована антенна решітка.

Вступ

Постановка проблеми. Склад радіолокаційних засобів на військових аеродромах закордонних країн має ряд відмінностей від прийнятого в Україні.

Для управління польотами в аеродромній зоні на стаціонарних аеродромах в арміях іноземних держав, як правило, використовується кілька окремих засобів: оглядовий радіолокатор (ОРЛ), посадочний радіолокатор (ПРЛ), вторинний радіолокатор і обладнані робочі місця операторів.

На аеродромах державної авіації України функції оглядового і вторинного локаторів виконує диспетчерський радіолокатор (ДРЛ), а функції ДРЛ і ПРЛ поєднує одна комплексна система – радіолокаційна система посадки (РСП), до складу якої входять додаткові засоби пеленгації, зв'язку, об'єктивного контролю та інше.

Однак, для управління польотами на оперативних аеродромах практично всіма державами використовуються оглядово-посадочні радіолокаційні станції (РЛС), які виконують функції диспетчерського і посадочного локаторів. ДРЛ систем (комплексів) посадки щодо забезпечення посадки літаків на злітно-посадкових смугах (ЗПС) виконують допоміжне завдання – забезпечують виведення літака в зону посадки. Тому, в рамках даної статті обмеженося аналізом тенденцій розвитку ПРЛ за кордоном.

Актуальність теми роботи визначається необхідністю вдосконалення радіолокаційних систем посадки на основі дослідження напрямків розвитку радіолокаційної техніки, методів обробки радіолокаційної інформації та сигналів, а також розробки та впровадження ФАР у зв'язку з розширенням способів застосування повітряних суден (ПВС) й підвищенням вимог до безпеки та якості польотів, своєчасності й безпеки інформаційно-локаційного забезпечення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На цей час видано значну кількість праць щодо питань розвитку та вдосконалення радіолокаційних систем посадки [1–4]. Роботи [5–6] показують можливості використання позитивного світового досвіду та аспекти удосконалення системи управління протиповітряною обороною України. У роботі [7] наведені перспективи розвитку радіолокаційних станцій збройних сил іноземних держав, а в [8] перспективи систем автоматичної посадки літаків для XXI століття.

Порівняльний аналіз нових підходів, схем побудови та основних характеристик посадкових радіолокаторів радіолокаційних систем посадки на сьогоднішній день залишає великий простір для дослідника. Підвищення вимог до безпеки та якості польотів, своєчасності й безпеки інформаційно-локаційного забезпечення вимагає постійного моні-

торингу світових тенденцій розвитку радіолокаційної техніки з метою вдосконалення існуючих радіолокаційних систем.

Мета статті. Проаналізувати склад радіолокаційних засобів на військових аеродромах закордонних країн з метою виявлення тенденції в напрямку розвитку та вдосконалення радіолокаційних систем посадки, які використовуються в Повітряних Силах Збройних Сил України для підвищення вимог до безпеки та якості польотів, своєчасності й безпеки інформаційного забезпечення пунктів управління.

Виклад основного матеріалу

В інтересах управління тактичною авіацією та авіацією морської піхоти США у 70-80 роках минулого століття використовувались комплексні системи управління повітряним рухом (УПР) і посадки TRACALS і MATCALS. Головними засобами цих та інших систем УПР є оглядові РЛС. Необхідність більш стійкого управління ПвС в районі аеродрому (у порівнянні з УПР на маршруті) обумовлює більшу увагу до тактичних характеристик засобів систем посадки. Пред'являються підвищені вимоги до точності виміру координат локаторами, у першу чергу, по визначенню дальності, азимута та кута зниження (глісади), а також висоти польоту повітряних суден. Основними особливостями побудови диспетчерських РЛС у порівнянні з оглядовими РЛС є менша дальність виявлення літаків, більш висока точність визначення параметрів польоту, а також можливість їх використання як у мобільному, так і в стаціонарному варіантах.

Відповідно до класифікації НАТО для забезпечення польотів в аеродромній зоні у військовій авіації США використовувались аеродромні РЛС 4-х класів:

- стаціонарні РЛС – ASR-9, AN/GPN-22;
- РЛС у складі автоматизованих систем управління (АСУ) польотами авіацією AN/TPN-19,20;
- мобільні РЛС AN/MPN-13,14,14к;
- високомобільні оглядово-посадочні РЛС AN/FPS-40 та N/TPN-18.

До початку 90-х років, головним чином, усі стаціонарні РЛС забезпечення УПР об'єднувались у комплекси АСУ, тому далі зберігається їх класифікація щодо мобільності: стаціонарні, мобільні та високомобільні РЛС.

Аналіз характеристик закордонних РЛС показує, що всі оглядово-посадочні РЛС мають порівняно невелику дальність виявлення оглядової частини – до 110 км, використовують зазвичай хвилі довжиною 10 см, 3 см та іноді 1,8 см (ASTRE (Франція) та ASDE-J (Нідерланди)) в оглядовій частині і тільки 3 см – довжину хвилі в посадочній частині. Період огляду повітряного простору становить від 1 се-

кунди до 10 секунд. Станції мають імпульсну потужність оглядового локатора до 60 кВт і посадочного локатора до 150 кВт. Показники точності, як правило, визначаються вимогами ІКАО [9]. Найбільший інтерес серед посадочних РЛС минулого століття, що використовуються у теперішній час, представляють РЛС AN/TPN-22 фірми ITT Gilfillan та N/TPN-25 і AN/GPN-22 фірми Raytheon (США).

AN/TPN-22 [10] є посадочною РЛС із частотно-фазовим скануванням простору вузьким променем. Антенна система являє собою плоску фазовану антенну решітку (ФАР), що складається з 94 електронних елементів, які живляться через керовані фазообертачі на діодах. Для поліпшення характеристик РЛС у складних метеороумовах використовується кругова поляризація. Обробка даних виконується програмним способом багатоцільовим комп'ютером AN/UUK-20 і спеціалізованим цифровим процесором. Темп надходження даних про цілі в режимі спостереження може бути обраний у діапазоні від 5 Гц до 10 Гц. РЛС зберігає працездатність при опадах до 25 мм/год. променем у заданому секторі. Точність визначення кутових координат 5' (азимут), 3,5' (кут місця) і 3 м (дальність). Такі характеристики забезпечують автоматичну посадку (через систему автоматичного управління) військово-морських ПвС усіх типів при нульовій горизонтальній і вертикальній видимості (третя категорія метеомінімуму).

Посадочні РЛС AN/TPN-25 і AN/GPN-22 використовуються в системах посадки літаків за командами із землі для одержання точних координат літака на кінцевій ділянці польоту перед заходом на посадку.

Посадочні РЛС AN/GPN-22 є стаціонарним варіантом РЛС AN/TPN-25. Особливістю побудови станцій є антенна система (рис. 1), де максимальний сектор сканування в кутомісцевій площині зменшений з 15° (у РЛС AN/FPN-62) до 8°, що приблизно в два рази зменшує число необхідних фазообертачів і робить антену дешевшою.



Рис. 1. Зовнішній вигляд РЛС AN/GPN-22 та робочого місця оператора Джерело [10].

Ці РЛС працюють одночасно у двох режимах: безперервного пошуку та супроводження цілей. Режим безперервного пошуку виконується в секторі $20^\circ (\pm 10^\circ)$ по азимуту, 15° (від -1° до 14°) по куту місця і 37 км по дальності. Одночасно з пошуком, РЛС здатна супроводжувати 6 цілей, обновляючи інформацію про траєкторії кожної цілі з темпом 22 Гц. Точність супроводження по азимуту $8,6'$ і по куту місця $4,3'$. Використання вузького променя разом із широкосмуговим сигналом робить систему нечутливою до завад від дощу, тому що елемент розподілення простору дуже малий. Завдяки цьому при дощі з інтенсивністю 50 мм/год дальність виявлення цілі з ефективною поверхнею розсіювання (ЕПР) 1 м^2 не менше 27 км.

Можливість суміщення режимів пошуку і супроводження з високим темпом оновлення інформації забезпечується завдяки спеціальній конструкції антени. Антенна система складається з двох частин: плоскої ФАР та дзеркала віддзеркалення. ФАР складається з 824 елементів, кожен з яких живиться феритовим фазообертачем. Фазообертачі керуються незалежно. За допомогою створення відповідних фазових зрушень фазообертачі дозволяють сканувати. Наявність дзеркала віддзеркалення дозволяє звзвити діаграму спрямованості ФАР в площині сканування.

До стаціонарних посадочних радіолокаторів відноситься локатор PAR-80 [11] (фірма ITT Gilfillan, США) (рис. 2).



Рис. 2. Зовнішній вигляд ПРЛ PAR-80
Джерело: [11].

Для отримання вузьких діаграм спрямованості, що сканують, тут використовується плоска ФАР з декількох тисяч елементів. Використання промислових комп'ютерів для управління ФАР та для обробки сигналів віддзеркалення дозволили досягнути високої точності вимірювання кутових координат ($\approx 1'$ по курсу, $\approx 3'$ по куту місця).

До сучасних оглядових і посадочних РЛС відносяться локатори корпорації ITT Exiles, яка з кінця 1990-х років почала випускати оглядово-посадочні комплекси GCA/PAR-2000 (Ground Controlled

Approach/Precision Approach Radars – Наземна система управління посадкою (прецизійний посадочний локатор) [12] (рис. 3).

До сучасних технологій побудови комплексу відноситься застосування двох активних антенних решіток (AAR): для азимуту (курсу) і для кута місця. Комплекс здатний працювати в складних метеорологічних умовах (СМУ) і здійснювати круговий огляд простору або забезпечувати одночасне вирішення двох завдань: супроводження ПвС, що прилітають і відлітають, а також точне супроводження ПвС на етапі посадки.



Рис. 3. Зовнішній вигляд оглядово-посадочного комплексу GCA/PAR-2000 та робочих місць операторів
Джерело: [12].

Супроводження ПвС в режимі огляду може здійснюватися дальністю до 55 км і за висотою до 2,4 км. У режимі супроводу літаків на етапі посадки дальність дії радара складає 37 км при 30-градусному огляді по азимуту і восьмиградусному огляді по куту місця.

Комплекс випускається в стаціонарному (GCA/PAR-2000) і мобільному (AN/MPN-25) варіантах. Використання сучасних технологій при побудові локаторів та оптимальній цифровій обробці сигналів дозволили добитися високої точності вимірювання координат ПвС та їх супроводження в складних погодних умовах.

До сучасних стаціонарних посадочних радіолокаторів із дзеркальними антенами необхідно віднести ПРЛ корпорації Тесла (Чехія) РП-5Г (рис. 4).



Рис. 4. Зовнішній вигляд ПРЛ РП-5Г корпорації Тесла
Джерело: [13].

До особливостей цього ПРЛ відносно розглянутих сучасних ПРЛ можна віднести те, що в ньому досягається висока точність вимірювання координат літака в СМУ шляхом оптимальної обробки сигналів віддзеркалень програмним способом спеціалізованим комп'ютером при використанні дзеркальних антен курсу та глісади.

При цьому РП-5Г забезпечує автоматичне супроводження мітки літака [13]. Лінійні відхилення по курсу і глісаді відображаються у формі цифрового формуляру супроводження, який синхронно з міткою літака рухається по екрану монітора. У формулярі супроводження до виходу літака на лінію глісади (на заданій лінії планерування (ЗЛП)) відображається поточна висота польоту, величина бічного відхилення від лінії курсу і фактичне віддалення літака від розрахункової точки посадки (РТП) в метрах. Після виходу на ЗЛП у формулярі супроводження відображаються лінійні відхилення літака від ЗЛП по курсу і глісаді в метрах.

Диспетчер зчитує числове значення цих відхилень та передає екіпажу інформацію про бік і величину відхилення. Якщо відхилення мітки літака перевищують граничнодопустимі норми (знаходяться поза зоною допустимих відхилень), здійснюється застережлива сигналізація для диспетчера – мерехтіння формуляру протягом 13 секунд. При перетині мітки літака з РТП або при нульовій висоті відбувається автоматичне скидання супроводження мітки ПвС.

Такий принцип обробки і відображення координатної інформації ПРЛ представляється найбільш приемним для забезпечення посадки ПвС у складних погодних умовах.

В останні десятиліття отримали активний розвиток мобільні оглядово-посадочні РЛС на основі впровадження сучасних твердотільних технологій і цифрових методів обробки і відображення інформації радіолокації.

До таких мобільних оглядово-посадочних радіолокаторів (ОПРЛ) можна віднести локатор AN/MPN-14k [10] (рис. 5).



Рис. 5. Зовнішній вигляд AN/MPN-14k
Джерело: [10].

До складу радіолокаційного комплексу AN/MPN-14k входять вторинний радіолокатор (ВРЛ), оглядовий радіолокатор (ОРЛ) та ПРЛ. За допомогою ВРЛ у диспетчера є можливість на віддаленнях до 370 км виконати індивідуальне розпізнавання потрібного літака і виведення його в район аеродрому посадки. Дальність дії ОРЛ і ПРЛ складає 110 км і 28 км відповідно. При цьому ОРЛ використовує дзеркальну антену, а у ВРЛ антена, яка обертається сумісно з антеною ОРЛ, являє собою ФАР. У ПРЛ використовуються антени курсу і глісади у вигляді ФАР з електронним скануванням променями у відповідних площинах.

Як видно на рис. 5, антени ПРЛ жорстко прикріплені до зовнішніх стінок апаратного контейнера і тому не можуть бути оперативно розгорнуті на 180° для забезпечення посадки ПвС з другого напрямку.

Реалізація у комплексі сучасної цифрової обробки сигналів віддзеркалення придала йому спроможність забезпечувати гарантований радіолокаційний контроль повітряної обстановки та гарантоване супроводження літака в аеродромній зоні і в зоні посадки у складних погодних умовах.

До сучасних високомобільних ОПРЛ з використанням дзеркальної антени в ОРЛ та ФАР у ПРЛ відноситься комплекс AN/TPN-31 корпорації Exiles (рис. 6) [12].

Особливістю комплексу є використання у ПРЛ двохімпульсного (різної тривалості) сигналу зондування із рознесенням несучих частот на 30 МГц. Використання такого сигналу зондування дозволило стабілізувати значення ефективної площі віддзеркалення літака і підвищити коефіцієнт придушення пасивних завад.



Рис. 6. Зовнішній вигляд ОПРЛ AN/TPN-31
Джерело: [12].

Використання в якості антен ПРЛ ФАР з електронним скануванням промінів також (як і у комплексі AN/MPN-14k) не дозволяє виконувати оперативно зміну напрямку сканування промінів антен курсу і глісади. Комплекс використовується на польо-

вих аеродромах та призначений для радіолокаційного контролю повітряної обстановки в аеродромній зоні та забезпечення виводу ПвС в зону посадки та управління посадкою ПвС шляхом передачі команд управління на борт по засобам радіозв'язку.

До сучасних РСП з використанням ФАР у ДРЛ та ПРЛ відносяться системи РСП Росії: мобільна РСП-28МЕ і стаціонарна РСП-27СЕ [13]. До складу стаціонарної та мобільної систем входять однакові, так звані, модулі ДРЛ і ПРЛ, автоматичний радіопеленгатор та дизельна електростанція. Тому значення тактико-технічних характеристик ДРЛ та ПРЛ двох систем однакові. Для оснащення оперативних аеродромів до складу РСП додатково входить модуль управління МУ-28МЕ, якій являє собою обладнання робочих міст групи керівництва польотами (ГКрП). РСП у такому складі отримала маркування РСП-28МЕ.

У системі РСП-27СЕ радіолокаційна інформація (РЛІ) відображається на моніторах робочих міст осіб ГКрП стаціонарного автоматизованого командно-диспетчерського пункту. Зовнішній вигляд системи РСП-28МЕ наведений на рис. 7.



Рис. 7. Зовнішній вигляд системи РСП-28МЕ
Джерело: [13].

До особливостей цих РСП можна віднести:

- використання ФАР в ДРЛ із механічним обертанням антени та в ПРЛ із електронним скануванням діаграмою спрямованості у двох площинах;

- перевід ДРЛ у частотні діапазони ІСАО (23 см) для первинних каналів і 1030 МГц – запит та 1090 МГц – відповідь для вторинного каналу та інше.

Впровадження ФАР і цифрової обробки сигналів та відображення РЛІ дозволило суттєво підви-

щити точність (у сотні разів для кутів) та розширити зони огляду локаторів по відношенню до систем РСП-6М2 та РСП-10МН. Так, наприклад, згідно рекламних матеріалів [13], у ПРЛ цих РСП досягається точність вимірювання дальності 15 м та кутових координат $0,01^\circ$.

Таким чином, з проведеного аналізу тенденцій розвитку посадочних радіолокаторів випливають наступні висновки:

1. На даний час за кордоном використовуються ПРЛ з цифровою обробкою сигналів як у мобільних, так і в стаціонарних варіантах використання.

2. При будові сучасних ПРЛ спостерігається тенденція збільшення випуску ПРЛ із використанням ФАР.

Висновки

1. У статті проведено аналіз тенденцій розвитку посадочних радіолокаторів радіолокаційних систем посадки на підставі їх складу, принципів побудови та основних характеристик.

2. При побудові сучасних ПРЛ спостерігається тенденція до розробки ПРЛ із використанням ФАР та з цифровою обробкою. Подальше удосконалення посадочних радіолокаторів радіолокаційних систем посадки літаків повинно відбуватися за такими основними напрямками:

- застосування фазованих антенних решіток для реалізації електронного сканування простору променями за курсом і глибину, що дозволяє підвищити надійність системи та збільшити розміри секторів спостереження;

- використання складних видів сигналів (оптимізація формату радіолокаційних сигналів зондування), що дозволяє підвищити роздільну здатність та точність визначення координат ПвС;

- застосування когерентних методів виявлення сигналів та обробки радіолокаційної інформації, що дозволяє збільшити дальність спостереження ПвС або зменшити енергетичні витрати при збереженні заданої зони спостереження ПвС;

- використання моноімпульсних методів вимірювання кутових координат, що дозволяє підвищити точність визначення кутових координат ПвС.

Список літератури

1. Рисаков М. Д., Кулик О. П., Тітов І. В., Рот С. М., Білоус О. В. Обґрунтування доцільності удосконалення посадкового радіолокатора системи РСП-10МА для забезпечення посадки повітряних суден при мінімумі погоди І категорії. *Системи обробки інформації*. 2018. № 2(153). С. 43-51. <https://doi.org/10.30748/soi.2018.153.05>.
2. Пропозиції щодо напрямків удосконалення посадкових радіолокаторів для забезпечення посадки літаків у складних погодних умовах / Рисаков М. Д. та ін. *Збірник наукових праць ЖВІ*. 2015. № 12. С. 157-167.
3. Камалтинов Г. Г., Колеснік О. М. Тенденції розвитку радіолокаційних засобів контролю повітряного простору. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2020. № 2(64). С. 89-95. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.64.13>.
4. Чернятьєв А. В., Кулик О. П. Методика оцінки впливу системи радіонавігаційного забезпечення польотів авіації на результати виконання завдання за призначенням. *Системи обробки інформації*. 2006. № 9(58). С. 85-88.

5. Нізієнко Б. І., Юхновський С. А., Макаров С. А. Аспекти удосконалення системи управління протиповітряною обороною України. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2017. № 1(26). С. 17-20. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.26.03>.
6. Турінський О. В., Дзеверін І. Г., Демідов Б. О., Гриб Д. А., Хмелевська О. О. Аналіз можливостей використання позитивного світового досвіду для обґрунтування і реалізації планів і програм розвитку системи озброєння протиповітряної оборони. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2020. № 1(63). С. 7-16. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.63.01>.
7. Крылов Е. Перспективы развития радиолокационных станций вооруженных сил иностранных государств. *За-рубежное военное обозрение*. 2018. № 2. С. 37-40.
8. Системы автоматической посадки самолетов для XXI века. Авиация и космонавтика. URL: <http://2dip.ru/рефераты/885991/1997>.
9. ИКАО Международные стандарты и Рекомендуемая практика. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Авиационная связь. Том I. Радионавигационные средства. 2018. Изд. 7.
10. AN/TPN-22 Precision Approach Radar. URL: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/equip/an-tpn-22.htm>.
11. AN/FPN-36. URL: <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/18002>.
12. GCA/PAR-2000 ITT Exelis Inc., 2011. URL: <http://www.exelisinc.com/solutions/GCAPAR-2000/Pages/default.aspx#!prettyPhoto>.
13. Радиолокационные системы посадки РСР-27С и РСР-28М (стационарная и мобильная). Краткое описание выполненных работ. АО "НПО ЛЭМЗ". 2013.

Надійшла до редколегії 11.06.2021

Схвалена до друку 13.07.2021

Відомості про авторів:

Лебедєв Віталій Олександрович

кандидат технічних наук
старший викладач Харківського національного
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6552-4599>

Чекунова Оксана Миколаївна

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9613-7244>

Блащук Світлана Миколаївна

кандидат технічних наук
провідний науковий співробітник
начальник науково-дослідного управління
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9230-9045>

Висоцький Олег Володимирович

кандидат технічних наук доцент
доцент Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5657-0529>

Information about the authors:

Vitaly Liebidiev

Candidate of Technical Sciences
Senior Instructor of Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6552-4599>

Oksana Chekunova

Candidate of Technical Sciences
Senior Research
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9613-7244>

Svitlana Blashchuk

Candidate of Technical Sciences
Lead Research
Chief of Scientific Research Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9230-9045>

Oleg Vysotsky

Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Senior Lecturer of Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5657-0529>

**АНАЛИЗ МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ПОСАДОЧНЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОСАДКИ**

В.А. Лебедев, О.Н. Чекунова, С.Н. Блащук, О.В. Высоцкий

В работе проведен анализ мировых тенденций развития посадочных радиолокаторов радиолокационных систем посадки. Актуальность темы работы определяется необходимостью усовершенствования радиолокационных систем посадки на основании исследований направлений развития радиолокационной техники, методов обработки радиолокационной информации и сигналов, а также разработки и внедрения фазированных антенных решеток в связи с расширением способов применения воздушных судов и повышением требований к безопасности и качеству полетов, своевременности и безопасности радиолокационного обеспечения полетов. Из приведенного анализа тенденций развития ПРЛ радиолокационных систем посадки следует, что сегодня за границей используют ПРЛ с цифровой обработкой сигналов как в мобильных, так и в стационарных вариантах использования. При построении современных ПРЛ наблюдается тенденция к увеличению выпуска ПРЛ с использованием ФАР.

Ключевые слова: диспетчерский радиолокатор, обзорный радиолокатор, посадочный радиолокатор, радиолокационная система посадки, фазированная антенная решетка.

ANALYSIS OF TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF LANDING RADAR LANDING SYSTEMS

V. Liebidiev, O. Chekunova, S. Blashchuk, V. Vysotskyi

The world trends in the development of landing radars for radar landing systems is analyzes in the paper. The relevance of the topic is determined by the necessity of improvement of radar landing systems based on research of development directions of radar technology, the methods of radar information processing, as well as the development and implementation of phased antenna arrays in connection with the expansion of aircraft applications and growth of the requirements for safety and quality of flights, the timeliness and safety of the radar support of the flights. The introduction of phased antenna arrays and digital signal processing in radar landing systems can significantly increase the accuracy and expand the field of view of the radars. The use of complex types of signals (optimization of the format of radar signals), allows to increase the resolution and accuracy of determining the coordinates of aircraft. The use of coherent methods of signal detection and processing of radar information allows you to increase the detection range of aircraft or reduce energy costs while maintaining a given zone and monitoring flights airplanes, monitoring of mono-pulse methods of measuring the coordinates, which allows adjusting the accuracy of the values of the aircraft coordinates. From the above analysis of trends in the development of landing radar landing systems, it follows that today radar landing systems with digital signal processing in both stationary and mobile versions are used. When constructing modern radar landing systems, there is a tendency to increase the production of radar landing systems with the use of phased antenna arrays.

Keywords: control radar, surveillance radar, landing radar, radar landing system, phased array.