

УДК 528.8.04

А.О. Красноруцький, А.В. Овчарук

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМОГ ДЛЯ ДООБЛАДНАННЯ ЛІТАКІВ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ ІСАО

*Наданий аналіз зарубіжних навігаційних і посадкових систем, які відповідають вимогам міжнародної організації цивільної авіації ІСАО. Обґрунтовується напрям дообладнання літаків ПС ЗСУ засобами інструментальної посадки, які відповідають вимогам ІСАО*

**Ключові слова:** літак, обладнання, посадка.

### Вступ

Сьогодні на озброєнні авіації Повітряних Сил Збройних Сил України знаходяться бойові та військово-транспортні літаки та вертольоти. Вони вважаються частково морально застарілими, оскільки не відповідають сучасним вимогам міжнародної організації цивільної авіації ІСАО. У зв'язку із цим, а також у відповідності до основних положень «Державної цільової оборонної програми розвитку озброєння та військової техніки» виникає необхідність у випрацюванні основних підходів щодо оновлення парку авіаційної техніки Збройних Сил України з метою приведення можливостей бортового обладнання до сучасних вимог.

Таким чином, *метою статті* є аналіз зарубіжних навігаційних і посадкових систем, які відповідають вимогам міжнародної організації цивільної авіації ІСАО.

### Дослідження зарубіжних навігаційних і посадкових систем

Основною навігаційною кутомірною зарубіжною системою є система VOR (Very High Frequency

Omnidirection range beacon), яка забезпечує вимір азимуту на борту літака. Система навігації VOR належить до амплітудно-фазових систем та складається з наземних радіомаяків VOR та бортового обладнання. На вітчизняних літаках (наприклад Іл-76) встановлене бортове обладнання типу КУРС МП-2, яке забезпечує і навігацію за системою VOR, і посадку за посадочними системами ІСАО.

Радіомаяк VOR, як і радіомаяк системи навігації РСБН, має антену зі спрямованими властивостями, але відмінність у тому, що сама антенна система радіомаяка VOR є нерухомою. Обертання загальної діаграми спрямованості забезпечується електричним методом. Радіомаяк VOR випромінює сигнал постійної фази (опорний) та сигнал змінної фази, фаза якого жорстко пов'язана з напрямом приймання, тобто на літак. Антенна система радіомаяка VOR утворює у просторі сумарну діаграму спрямованості типу кардіоида, яка обертається з частотою  $\omega$ . Приймач бортової апаратури приймає сигнал від радіомаяка та після перетворення виділяє огинаючу прийнятого радіосигналу, яка і є сигналом змінної фази  $u_c = U_m \cos(\omega t - \theta)$ , де  $\theta$  – азимут літака. Фаза цього сигналу залежить від азимуту літака. Для ви-

значення азимуту на борту літака у апаратурі виконується порівняння фаз сигналів змінної  $\varphi_{зм}$  та опорної фази  $\varphi_{пост}$ . Виділена різниця фаз  $\Delta\varphi = \varphi_{зм} - \varphi_{пост}$  перетворюється у напругу азимута, яка підводиться до пілотажно-навігаційного приладу. Основні тактико-технічні дані системи VOR:

- діапазон робочих частот.....108 ... 118 МГц;
- точність виміру азимута.....3...4°;
- швидкість обертання ДСА антени.....1800 об/хв;
- кількість каналів.....200;
- част. інтервал дискретної сітки частот.....0,05 МГц;
- потужність трасового радіомаяка .....50 Вт;
- потужність аеродромного радіомаяка.....25 Вт;
- дальність дії трасового радіомаяка.....370 км;
- дальність дії аеродромного радіомаяка..... 45 км.

Військовою, зарубіжною системою навігації, яка ідентична за принципом побудови системи VOR є амплітудно-фазова система навігації TACAN. Вона є на озброєнні ВПС та ВМС США та інших держав. Основні тактико-технічні дані системи TACAN:

- діапазон робочих частот..... 962 ...1213 МГц;
- точність виміру азимута ..... 1,5°;
- точність виміру дальності ..... 150 м;
- кількість каналів ..... 252;
- част. інтервал дискретної сітки частот..... 1 МГц;
- дальність дії .....370 км;

Дальність до наземного радіомаяка у зарубіжних навігаційних системах вимірюється, як і у системі РСБН, часовим методом. Система виміру дальності називається DME, яка працює в діапазонах частот від 1025 до 1150 МГц (по запиту бортового запитувача) та від 962 до 1213 МГц (по каналу відповіді). Дальність дії системи DME становить 365 км. Трасові відповідачі DME мають потужність випромінювання 6,5 кВт, а аеродромні – 0,5 кВт і дальність дії 95 км. Передавач DME має 252 канали з частотним інтервалом 1 МГц. Сигнали запиту дальності мають, як і в системі РСБН, двоімпульсне кодування з кодами 12 або 36 мкс. Коди відповіді дальності також два: 12 та 30 мкс.

Відповідачі DME можуть встановлюватись як окремо, так і разом з радіомаяком VOR. У останньому випадку утворюється кутомірно-дальномірна система VOR / DME.

Міжнародною посадковою інструментальною системою відповідно ICAO є система ILS, яка складається з курсового радіомаяка (KPM), глісадного радіомаяка (ГРМ) та маркерних радіомаяків (МРМ).

Курсовий радіомаяк задає електромагнітним полем курсову лінію посадки. Він встановлюється на продовженні поздовжньої осі ЗПС на відстані 450...1200 м від початку ЗПС. Курсовий радіомаяк випромінює амплітудно-модульовані сигнали по двом пелюсткам діаграми спрямованості з частотами модуляції 90 Гц (у лівому) та 150 Гц (у правому). Для розпізнавання курсовий радіомаяк ILS випромінює позивні сигнали радіотелеграфної азбуки. Визначення відхилення літака від курсової лінії посад-

ки виконується рівносигнальним методом. Основні тактико-технічні дані системи KPM ILS:

- діапазон робочих частот..... 108 ...112 МГц;
- кількість каналів..... 40;
- зона дії в горизонтальній площині..... + 35°;
- дальність ..... 45 км.

Глісадний радіомаяк системи ILS, як і ГРМ системи ПРМГ, задає електромагнітним полем рівносигнальний напрям, який співпадає з глісадою планування. ГРМ встановлюється на відстані 120 м...180 м від осі ЗПС і на відстані 200 м...450 м від початку ЗПС з напрямку заходу на посадку. У вертикальній площині ГРМ утворює двохпелюсткову діаграму спрямованості з частотами модуляції 150 Гц у верхньому пелюстку і 90 Гц у нижньому пелюстку. Оптимальний нахил глісади 2°40' (2,67°). Основні тактико-технічні дані системи ГРМ ILS:

- діапазон робочих частот..... 329...335 МГц;
- кількість каналів..... 40;
- зона дії в горизонтальній площині..... + 8°;
- зона дії в верт. площині..... від 0,45 до 1,75°;
- дальність дії ..... 18 км.

В системі ILS передбачено три маркерних радіомаяки (МРМ): а) дальній (зовнішній) – на відстані 7400 м від початку ЗПС; б) середній – на відстані 1050 м від початку ЗПС; в) пограничний – на відстані 75 м від початку ЗПС.

Основні ТТД системи МРМ ILS:

- діапазон робочих частот..... 75 МГц;
- частота модуляції зовнішнього МРМ ..... 400 Гц;
- частота модуляції середнього МРМ..... 1300 Гц;
- частота модуляції пограничного МРМ ..... 3000 Гц;
- сигнали розпізн. дальнього МРМ..... 2 тире/с;
- сигнали розпізнавання середнього МРМ..... послідовність тире і точок;
- сигнали розпізнавання погр. МРМ..... 6 точок/с.

Аналогом системи посадки ILS є система посадки СП-50, СП-50М, СП-68 та СП-75. Радіомаяки цих систем посадки працюють у тому ж частотному діапазоні, що і системи ILS за відмінністю у кількості робочих каналів та конструктивного виконання.

Для роботи у міжнародних системах навігації та посадки використовується таке бортове обладнання: СП-50М, Курс МП-2, Ось-1, Курс МП-70, Курс-93М, DME/P-85. Радіомаячні системи посадки, які працюють у метровому і дециметровому діапазонах радіохвиль (ПРМГ, ILS) мають недоліки через які вони мають обмеження у використанні. Такими недоліками є малі сектори дії, значний вплив земної поверхні, великі розміри антенних систем, мала кількість частотних каналів, та інші. Відповідно до рішень організації ICAO нові системи посадки повинні працювати у сантиметровому діапазоні хвиль. Такі системи посадки називаються мікрохвильовими типу MLS. Вони працюють на частоті 5 ГГц ( $\lambda = 6$  см) і мають дальність дії до 50 км.

Система посадки MLS має таке наземне аеродромне обладнання (рис. 1):

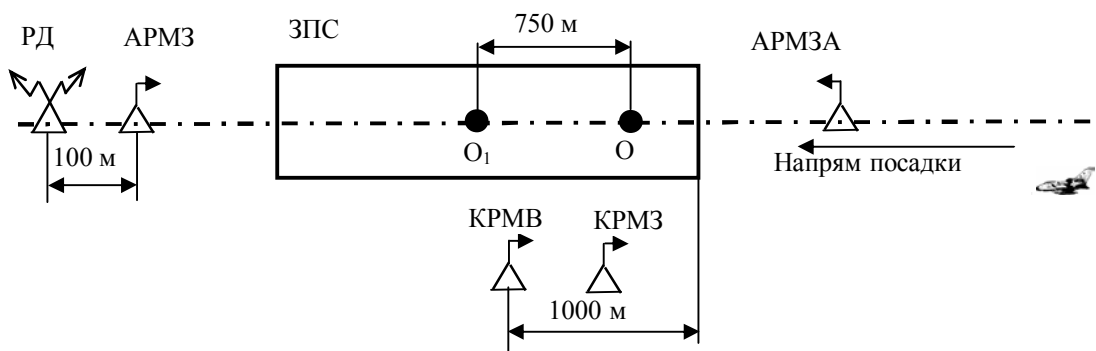


Рис. 1. Розміщення наземних радіомаяків системи посадки MLS

- азимутальний радіомаяк заходу на посадку (АРМЗ);
- кутомірний радіомаяк заходу на посадку (КРМЗ);
- ретранслятор дальноміра (РД);
- радіомаяк зворотного зв'язку (РМЗА);
- кутомірний радіомаяк вимірювання (КРМВ).

Основні тактико-технічні дані азимутального радіомаяка заходу на посадку:

- діапазон робочих частот... 5031 МГц... 5090,7 МГц;
- частотний інтервал ..... 0,3 МГц;
- кількість частотних каналів..... 200;
- зона дії в горизонтальній площині ..... + 40°;
- зона дії в вертикальній площині..... + 15°;
- висота зони дії ..... 6000 м;
- дальність дії (від початку ЗПС)..... 37 км.

Основні тактико-технічні дані радіомаяка зворотного азимуту:

- зона дії в горизонтальній площині ..... + 20°;
- зона дії в вертикальній площині..... + 15°;
- висота зони дії ..... 1500 м;
- дальність дії (від зупин. кінця ЗПС)..... 9 км.

Основні тактико-технічні дані кутомірного радіомаяка заходу на посадку:

- зона дії в горизонтальній площині (сектор з точки О) ..... + 40°;
- зона дії в вертикальній площині..... + 15°;
- висота зони ..... 6000 м;

- дальність дії (від початку ЗПС)..... 37 км.

Основні тактико-технічні дані кутомірного радіомаяка вирівнювання:

- зона дії в горизонтальній площині (сектор з точки О1) ..... + 10°;
- зона дії в вертикальній площині ..... + 7,5°;
- дальність дії (від початку ЗПС)..... 9 км;
- зони дії по вертикалі на відстані 750 м від початку ЗПС у бік зуп. кінця ЗПС ..... від 2,5 до 45 км.

Принцип дії усіх радіомаяків системи посадки MLS однаковий – це радіомаяки зі скануючим променем і опорним часом. Принцип дії азимутального радіомаяка полягає в наступному. Передавач радіомаяка має гостро направлену антену, яка постійно сканує у секторі зони дії (рис. 2). Ширина променя антенної системи радіомаяка від десятих долей градуса до одиниць градусів ( $4^{\circ} \dots 6^{\circ}$ ). Бортове обладнання MLS складається з азимутально-кутомірного радіоприймача, вимірювача азимутального кута, запитувача дальності та обчислювального пристрою. З причини сканування антени промінь опромінює літак за один цикл роботи два рази: один раз при русі у бік правої межі зони, а другий раз при русі у бік лівої межі зони. Тобто бортовий приймач приймає від радіомаяка два радіоімпульси: прямий та зворотній (рис. 3).

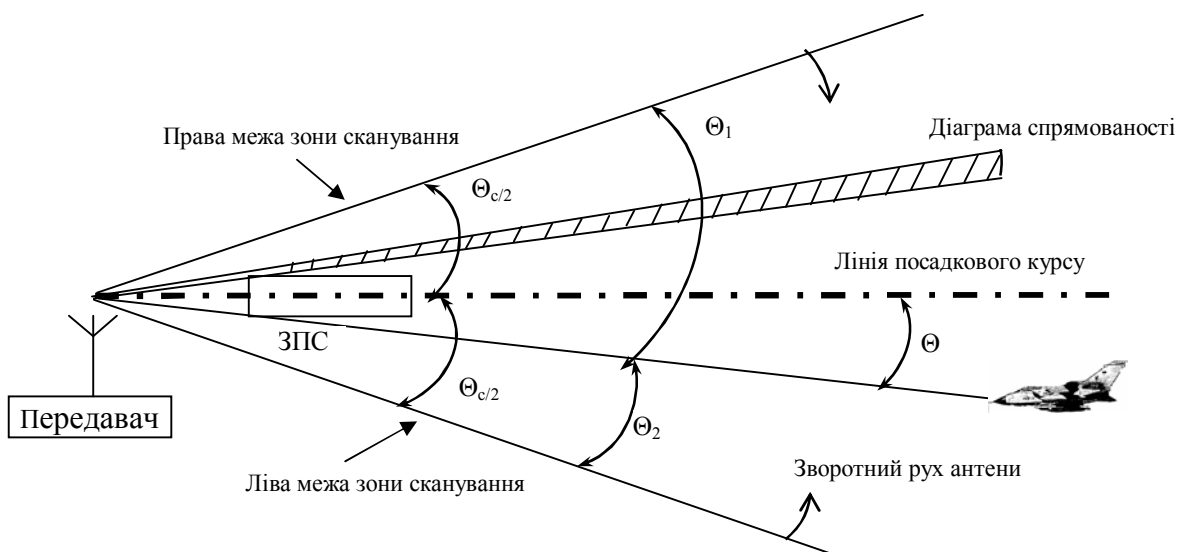


Рис. 2. Сектори сканування діаграми спрямованості азимутального радіомаяка заходу

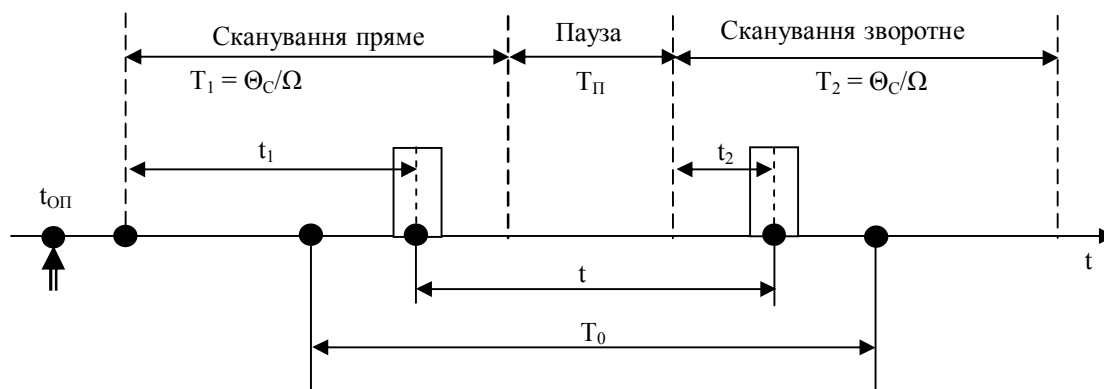


Рис. 3. Часова діаграма азимутального радіомаяка системи посадки MLS

Аналіз часових інтервалів випромінювання та сканування дає вираз  $\theta = k(T_0 - t)$ , де  $\theta$  – кут азимутального відхилення від лінії посадкового курсу;  $k$  – коефіцієнт пропорційності;  $T_0$  – постійний часовий інтервал;  $t$  – часовий інтервал між прийнятими на борт літака імпульсами від радіомаяка.

Таким чином, для визначення кутового відхилення  $\theta$  необхідно визначити часовий інтервал  $t$  між імпульсами від радіомаяка. В подальшому виміряні параметри (азимутальний кут  $\theta$ , кут місця  $\beta$ , дальність до РД) подаються до обчислювача системи посадки MLS для лінійного відхилення  $\Delta Z$  від лінії посадкового курсу та відхилення за висотою  $\Delta H$ .

Виміряні параметри  $\Delta Z$  та  $\Delta H$  подаються до системи автоматичного управління для виконання директорного або автоматичного заходу на посадку аж до приземлення. Одночасно ці ж параметри подаються до приладу системи посадки для індикації льотчику.

### Висновки

Таким чином, дослідження навігаційних та посадкових систем, які відповідають вимогам ICAO показує, що основна навігаційна кутомірно/дальномірна зарубіжна система VOR/DME за точнісними характеристиками поступається аналогічній вітчизняній системі РСБН. Але, в свою чергу інструментальна посадка літаків Повітряних Сил Збройних Сил України на можлива без встановлення бортового обладнання VOR/DME та ILS. Тобто бортова частина

РСБН не здатна працювати на зарубіжних аеродромах.

Відповідно до рішень організації ICAO введені нові системи посадки MLS, які повинні працювати у сантиметровому діапазоні хвиль. Впровадження на території України таких систем інструментальної посадки вимагає проведення більш детальних досліджень їх електромагнітної сумісності з бортовим радіоелектронним обладнанням військових літальних апаратів.

### Список літератури

1. Владинов В.Л. Средства и системы радионавигационного обеспечения летательных аппаратов / В.Л. Владинов, В.В. Ковалев, Н.Н. Хмуров. – М.: Воениздат, 1990. – 472 с.
2. Красноруцький А.О. Радіоелектронне обладнання навчального літака / А.О. Красноруцький, А.В.Педько. – Харків, 2008. – 84 с.
3. Системи орієнтації та навігації : Ч.2.Навігаційні системи літальних апаратів : курс лекцій / А.М. Зарубін. – Х.: М-во оборони України; ХУПС ім. І. Кожедуба, 2012. – 122 с.
4. Радіомаячні системи інструментальної посадки повітряних суден: Навч. посіб. / О.І. Кушнір, В.І. Василюшин, О.В. Висоцький та ін. – Вінниця: М-во оборони України, Командування ПС ЗСУ, 2010. – 187 с.

Надійшла до редакції 26.12.2012

Рецензент: д.т.н., проф. В.В. Баранник, Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ САМОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СИЛ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ СОВРЕМЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ ICAO

А.А. Красноруцкий., А.В. Овчарук

Представлен анализ зарубежных навигационных и посадочных систем, которые соответствуют требованиям международной организации гражданской авиации ICAO. Обосновывается направление оснащения самолетов воздушных сил средствами инструментальной посадки, которые соответствуют требованиям ICAO.

**Ключевые слова:** самолет, оборудование, посадка.

### RESEARCH OF REQUIREMENTS FOR THE EQUIPMENT OF AIRCRAFTS AIRPLANES OF UKRAINE MILITARY POWERS BY ICAO MODERN FACILITIES

A. A. Krasnorutskiy., A. V. Ovcharyk

The analysis of the foreign navigation and landings systems which conform to the requirements of international organization of civil aviation is presented ICAO. Direction of equipment of airplanes of aircrafts is grounded by facilities of the instrumental landing, which conform to the requirements ICAO.

**Keywords:** airplane, equipment, landing.