

Розділ IV

“Експлуатація і ремонт радіоелектронного обладнання літаків, вертольотів та авіаційних ракет”

Тема 19. “Радіотехнічні системи посадки”

**Доцент кафедри
кандидат технічних наук, доцент Войчук В. А.**

Київ 2013

Навчальна та виховна мета

1. Засвоїти принципи побудови та основи бойового застосування і технічної експлуатації радіотехнічних систем посадки літальних апаратів.
2. Виховувати у студентів – майбутніх фахівців авіації Повітряних Сил ЗСУ самостійність, творчу ініціативу, наполегливість та високу відповідальність за якісну організацію технічної експлуатації та вміле бойове застосування радіотехнічних систем посадки.

Навчальні питання

1. Загальні відомості про радіотехнічні системи посадки.
2. Радіомаячні системи посадки метрового і дециметрового діапазонів.
3. Радіомаячні системи посадки сантиметрового діапазону.
4. Застосування радіотехнічних систем посадки.

Контрольні завдання (РСР)

1. Інформаційне забезпечення посадки літака на аеродром, обладнаний системою ОСР (1 бал).
2. Поясніть, як використовуються операторами системи РСР **відмітки курсової і глісадної антен** (1 бал).
3. Поясніть принцип отримання інформації про відхилення від заданого режиму зниження по сигналам радіомаяка з опорним нулем (1 бал).
4. Поясніть принцип отримання інформації про відхилення від заданого режиму зниження по сигналам радіомаяка з РСН (1 бал).
5. Поясніть принцип отримання інформації про відхилення від заданого режиму зниження по сигналам двохчастотного радіомаяка (1 бал).
6. Поясніть принцип отримання інформації про відхилення від заданого режиму зниження по сигналам радіомаяка системи MLS (1 бал).
7. Застосування бортового пілотажно-навігаційного обладнання для інформаційного забезпечення посадки літака (1 бал).
8. Чому, на Вашу думку, оглядова, диспетчерська та посадочна РЛС працюють в різних діапазонах хвиль (1 бал)?
9. Чому, на Вашу думку, автоматичний радіокомпас працює в діапазоні середніх хвиль, а автоматичний радіопеленгатор – УКХ (1 бал)?

Примітка. Мінімальна сума балів по темі для отримання позитивної оцінки – 3.0.
Максимальна сума зарахованих балів по темі – 5.0.

1. Загальні відомості про радіотехнічні системи посадки

Призначення, склад, особливості і різновиди радіотехнічних систем посадки

Організація посадки (зльоту) літаків

Основні етапи:

1. Привід у район посадки ($D \approx 200$ км).
2. Організація повітряного руху в районі аеродрому ($D \approx 150$ км).
3. Інструментальне забезпечення посадки ($D \approx 70 \dots 80$ км).
4. Переміщення літаків по аеродрому.

Необхідна інформація:

1. Курс, дальність, висота літаків в районі аеродрому.
2. Посадочний курс, глісада зниження, відстань до оптимальної точки приземлення.

Призначення системи інструментальної посадки

Задачі системи посадки:

- привід літаків у район аеродрому посадки;
- управління повітряним рухом літаків у районі аеродрому;
- захід на посадку, тобто виконання такого маневру в районі аеродрому, у результаті якого літак виводиться на курс посадки на заданій висоті та відстані до початку ЗПС і починає зниження;
- забезпечення самої посадки (зниження і приземлення) та зльоту літаків.

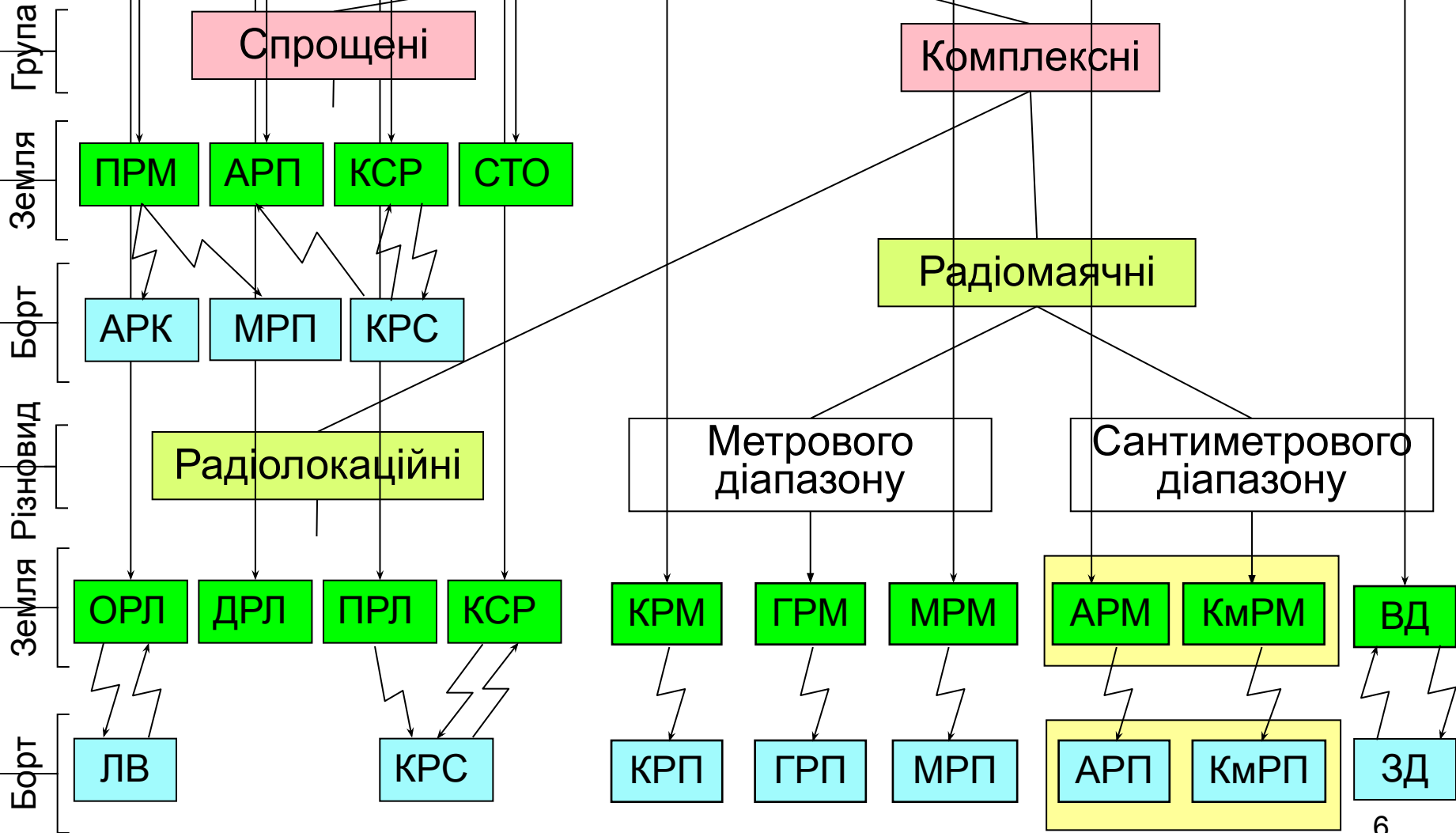
Технічне обладнання систем посадки:

а) *радіотехнічні наземні та бортові засоби* забезпечують привід на аеродром, управління повітряним рухом і зниження для посадки в складних метеоумовах до висоти 10 ... 20 м;

б) *світлотехнічне обладнання аеродрому* забезпечує при посадці зниження літака, наближення до точки приземлення, пробіг після посадки і рух по аеродрому, при зльоті – правильний розбіг літака.

Різновиди систем посадки

Радіотехнічні системи посадки



Прийняті скорочення

ПРМ – привідний радіомаяк (привідна радіостанція + маркерний радіомаяк),
АРП – автоматичний радіопеленгатор,
КСР – командно-стартова радіостанція,
СТО – світлотехнічне обладнання.
АРК – автоматичний радіокомпас,
МРП – маркерний радіоприймач,
КРС – командна радіостанція (бортова),
ОРЛ – оглядовий радіолокатор,
ДРЛ – диспетчерський радіолокатор,
ПРЛ – посадочний радіолокатор,
ЛВ – літаковий відповідач,
КРМ – курсовий радіомаяк,
ГРМ – глісадний радіомаяк,
МРМ – маркерний радіомаяк,
КРП – курсовий радіоприймач,
ГРП – глісадний радіоприймач,
АРМ – азимутальний радіомаяк,
КмРМ – кутомістний радіомаяк,
АРП – азимутальний радіоприймач,
КмРП – кутомістний радіоприймач,
ВД – відповідач дальності,
ЗД – запитувач дальності.

Вимоги до системи посадки

Загальні вимоги

1. Висока надійність засобів забезпечення посадки.
2. Незалежність якості інформаційного забезпечення посадки від пори року та доби, від впливу будь-яких об'єктів та систем аеродрому.
3. Висока точність визначення параметрів місцеположення та польоту при забезпеченні посадки.
4. Висока пропускна спроможність.
5. Перешкодозахищеність.

Вимоги до технічних засобів систем посадки

1. Гліссада повинна бути прямою з *нахилом 2 ... 5 градусів* і проходити над *точкою приземлення на висоті 5 ... 7 м*.
2. Розпізнавання літака повинно здійснюватись *на дальності $D \approx 200$ км*.
3. *Відстань до початку ЗПС повинна вказуватись з дальності $D \approx 70$ км з помилкою не більше $\pm 2\% D$* .
4. Засоби управління повітряним рухом (УПР) у районі аеродрому повинні забезпечувати:
 - створення *зон очікування*;
 - *надійне управління рухом літаків з послідовним заходом на посадку*;
 - інформування екіпажів про *особливості і порядок здійснення посадки*;
 - *попереджувати зіткнення літаків*.

Спрощена система посадки ОСП

Призначення:

- виведення літака в район аеродрому,
- забезпечення заходу на посадку,
- зниження,
- посадка і пробіг,
- вказівка напрямку при зльоті літака.

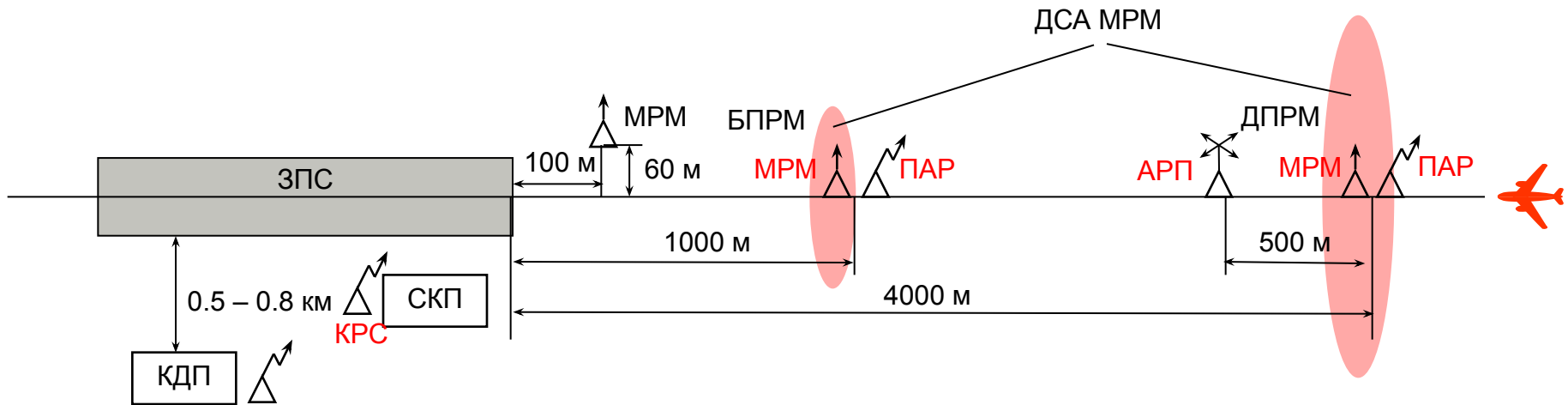
Наземне обладнання:

- дальній привідний радіомаяк (ДПРМ),
- ближній привідний радіомаяк (БПРМ),
- автоматичний радіопеленгатор (АРП),
- командно-стартові зв'язкові УКХ радіостанції (КСР),
- світлотехнічне обладнання (СТО).

Бортове обладнання:

- автоматичний радіокомпас (АРК),
- маркерний радіоприймач (МРП),
- радіовисотомір малих висот (РВ),
- командна радіостанція (КРС) УКХ діапазону,
- пілотажно-навігаційні прилади (магнітний компас, авіагоризонт, годинник, тощо).

Розміщення радіотехнічних засобів системи посадки ОСП



ПАР – привідна аеродромна середньохвильова радіостанція (передавач);

МРМ – маркерний радіомаяк (УКХ передавач);

АРП – автоматичний УКХ радіопеленгатор;

БПРМ, ДПРМ – ближній і дальній привідні радіомаяки;

СКП – стартовий командний пункт;

КДП – командно-диспетчерський пункт.

Позивні ДПРМ - дві літери азбуки Морзе, БПРМ – одна літера (перша літера позивних ДПРМ) передаються двічі з циклом повторення 15, 30 або 60 с.

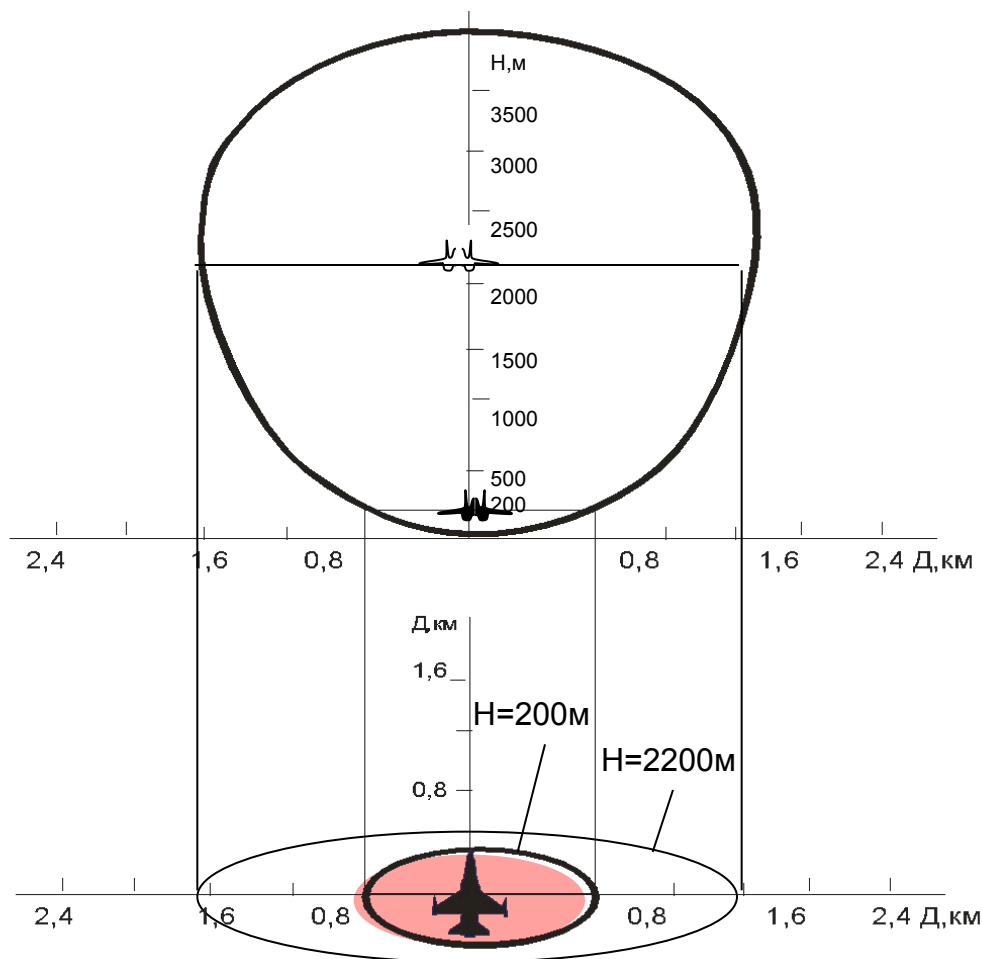
Сигнали МРМ дальнього – 2 тире/с, ближнього – 5 крапок/с. За час польоту над маяком прослуховується 16 ± 6 тире і 18 ± 6 крапок.

Привідний радіомаркерний пункт

Привідні радіомаркерні пункти (ДПРМ чи БПРМ, МРМ, АРП) призначені для приводу літаків на аеродром, виконання розрахунку для заходу на посадку та визначення моменту прольоту над ними.

Тип	Діапазон, кГц	Потужність, Вт	Дальність дії, км	Антенна система	Розміщення
ПАР-8СС	150-1300	ДПРМ- 250-400 Вт БПРМ: 70-100 Вт	ДПРМ: - в ТЛГ режимі 260-330 км - в ТЛФ режимі 160-220 км БПРМ: - до 50 км	ДПРМ: Т- подібна або „Парасолька” висотою 20 м БПРМ: Т- подібна або „Парасолька” висотою 6 м	1)ЗІЛ-130 2)Упакований варіант – 43 ящика
АРП-8	150-1300				Стаціонарна ПАР-8СС
ПАР-10	150-1750				ЗІЛ-131
ПАР-9М2	150-1352				УАЗ-452А

Маркерний радіомаяк МРМ-48



Маркерні радіомаяки працюють на фіксованій частоті 75 МГц і призначені для фіксації моменту прольоту над ними.

ДСА МРМ у вигляді пелюстка орієнтована вертикально, площа пелюстка перпендикулярна до осі ЗПС.

МРМ розміщуються на позиціях разом із приводними радіостанціями.

Автоматичний УКХ радіопеленгатор

Автоматичний радіопеленгатор (АРП) забезпечує автоматичний вимір та індикацію радіопеленга об'єкту (зокрема, передавача бортової командної УКХ радіостанції), що випромінює радіосигнал, на частоту якого настроєний радіопеленгатор.

АРП повинен встановлюватись в районі (поблизу) РСР, а на аеродромах, що не обладнані радіомаячними системами – в районі ДПРМ основного напрямку посадки на відстані ± 500 м від привідної аеродромної радіостанції (ПАР).

Виносний пристрій АРП встановлюється на КДП на робочому місці керівника польотів.

Тип АРП	Тип р/ст	Діапазон частот, МГц	Дальність дії, км		Число каналів	Імовірна помилка пеленгування, град.	Віддалення виносного індикатора, км
			H=1000м	H=3000м			
АРП-6	Р-863	118-160	80 - 150		2	3	
АРП-11	Р-863	100-150 220-400	80-100	150-180	2	2	10

Наземні засоби УКХ радіозв'язку

Основні характеристики		<u>P-853 B1</u> P-853 B2	<u>P-845</u> P-844	P-827	P-840
Діапазон, МГц		<u>100-150</u> 100-150 220-400	100-150 220-400	100-150 220-400	100-150 220-400
Крок сітки, кГц		25	1	25	25
Кількість попередньо настроєних частот		-	10+10 1 нпк + 2 нпк	16+16 1 нпк+ 2 нпк	20
Час перестройки, с			6	0,5	1,5
Потужність передатчика, Вт		0,5	≥40 ≥500	AM-50 ЧМ-100	10
Роди і види роботи	Тлф	AM	AM, ЧМ	AM, ЧМ	AM, ЧМ
	Тлг		AT, ЧТ	ЧТ, ФТ	
Чутливість, мкВ		2,5	1,5	1,5	3
Дальність, км		120	350 500	350	

Стартовий командний пункт

Стартовий командний пункт (СКП) призначений для виконання допоміжних функцій з управління зльотом, посадкою та польотами і служить робочим місцем помічника керівника польотів.

Може використовуватись (при відсутності КДП) в якості робочого місця керівника польотів та чергового штурмана.

СКП встановлюється на відстані 200-450 м від торця ЗПС та 120-180 м вбік від осі ЗПС

Обладнання СКП:

Радіостанція МХ-ДМХ – Р-863 – 2 к-та

Переносна радіостанція МХ – Р-105М

Аварійна переносна радіостанція – Р-809М2

Радіоприймач МХ-ДМХ – Р-872

Радіостанція МХ – Р-838

Радіоприймач СХ – Р-880 – 2 к-та

Магнітофон наземний – МН-61 – 2 к-та

Магнітофон літаковий – МС-61

Виносний індикатор АРП – ВИК-1

Анеморумбометр - М-47

Барометр-анероїд – БАММ-1

Виносний пульт управління – ВПУ

Апаратна – кузов КУНГ-1 на шасі ЗІЛ-130Е

Агрегатна – причеп 1-Р-3

Командно-диспетчерський пункт

Командно-диспетчерський пункт (КДП) призначений для управління зльотом, посадкою та польотами літальних апаратів в районі аеродрому та служить робочим місцем групи керівництва польотами:

- керівника польотів,
- керівника ближньої зони,
- керівника зони посадки.

Обладнання КДП

1. Засоби зв'язку:

- з КП, СКП, РСП, засобами РТЗ польотів, підрозділами і службами аеродрому;
- з районним диспетчерським центром обслуговування повітряного руху (РДЦ ОПР), сусідніми та запасними аеродромами, полігоном і найближчим пунктом керування військ протиповітряної оборони.

2. Пристрій дистанційного керування і контролю роботи радіонавігаційних і світлотехнічних засобів аеродрому (на категорованих аеродромах);

3. Виносний пристрій АРП;

4. Виносний пристрій для подання команд екіпажам по каналу ДПРМ-АРК;

5. На КДП можуть бути виносні індикатори РЛС різного призначення та інше обладнання.

6. Засоби (прилади) об'єктивного контролю.

Запис радіообміну, гучномовного та телефонного зв'язку на засоби звукозапису (магнітофон) повинен проводитись протягом всієї льотної зміни на всіх каналах зв'язку, задіяних для керівництва польотами (у тому числі і чергових).

Недоліки спрощених систем посадки

Низька точність заходу і здійснення посадки (великий посадковий мінімум: видимість 500 ... 1000 м, хмари на висоті 60 ... 80 м).

Не забезпечується управління, розпізнавання і контроль за повітряним рухом у зовнішній зоні.

Не забезпечується управління, розпізнавання і контроль за повітряним рухом в районі аеродрому.

Низька пропускна спроможність – 15 ... 20 літаків за годину.

Радіолокаційна система посадки (РСП)

Призначення

РСП забезпечує вирішення задач:

- виявлення літаків в радіусі 80 ... 100 км і їх проводку;
- приведення літаків в районі аеродрому;
- управління повітряним рухом у районі аеродрому з використанням зон очікування та індивідуальне опізнавання літаків;
- управління зниженням літаків по заданій глісаді до висоти 20 ... 30 м;

Наземне обладнання РСП:

- оглядовий (ОРЛ), диспетчерський (ДРЛ) та посадочний (ПРЛ) радіолокатори;
- автоматичний УКХ радіопеленгатор (АРП);
- устаткування системи посадки ОСП.

Бортове обладнання:

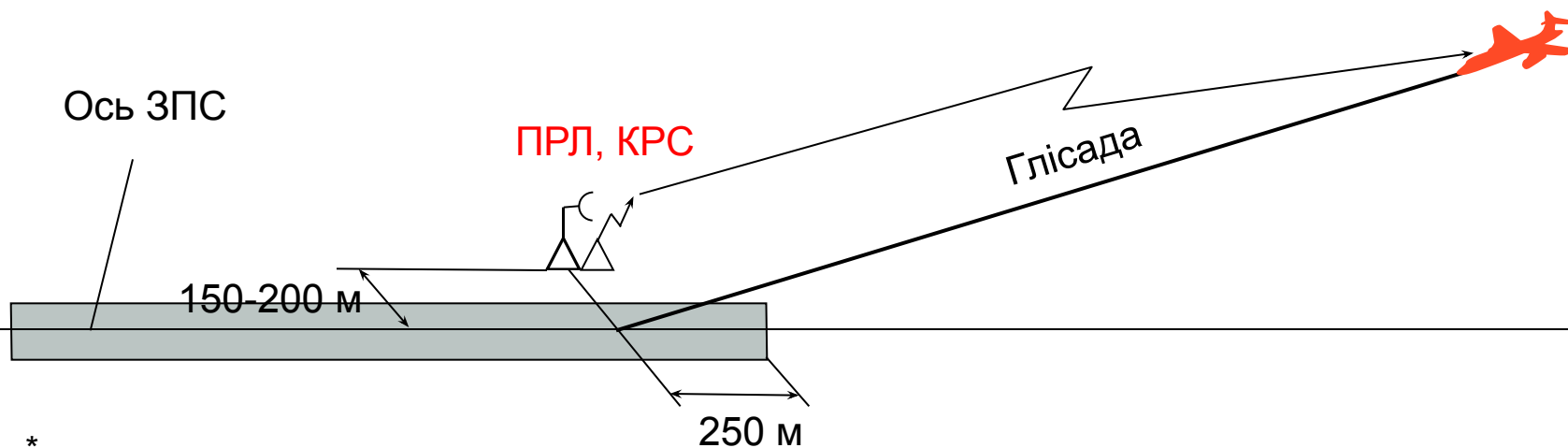
- командна радіостанція (КРС);
- літаковий відповідач (ЛВ);
- автоматичний середньохвильовий радіокомпас (АРК);
- маркерний радіоприймач (МРП);
- радіовисотомір малих висот (РВ);
- пілотажно-навігаційне обладнання.



Радіолокаційні системи посадки літаків включають *диспетчерське і посадкове* обладнання. Звичайно радіолокаційна система посадки розгортається разом з наземним обладнанням спрощеної системи ОСП.

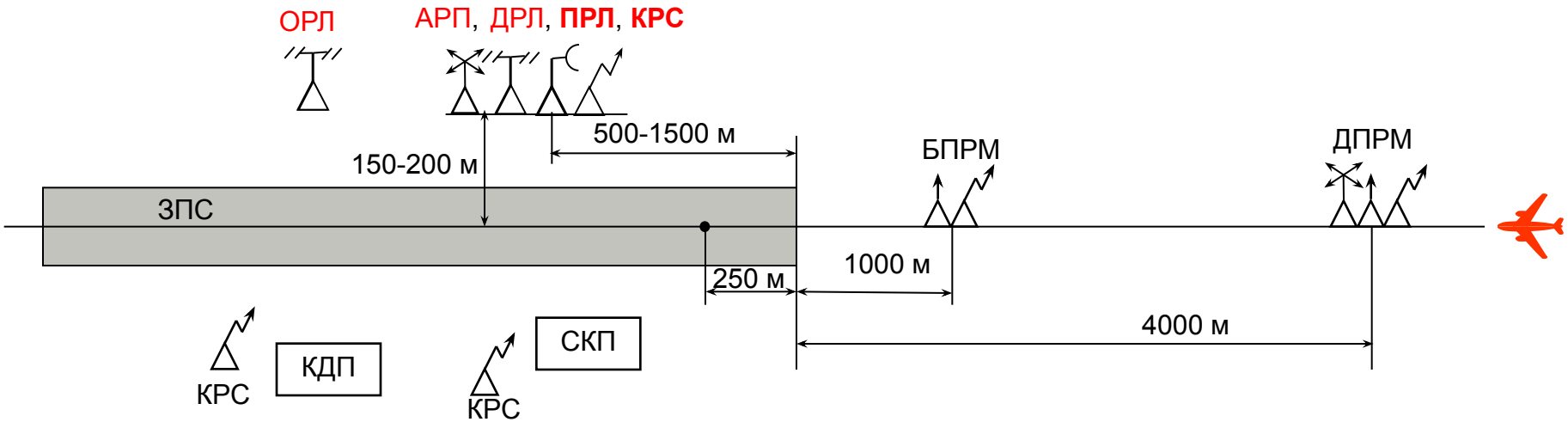
Радіотехнічні засоби спрощеної системи посадки використовуються для приводу літаків у район аеродрому, полегшення розрахунку маневру при заході на посадку і для додаткового контролю за правильністю його виконання, а також як резервний засіб посадки.

Положення літака щодо лінії планування і ЗПС контролюється за допомогою спеціального наземного *посадочного радіолокатора*. Посадка здійснюється екіпажами *вручну по командам з землі*, які передаються по каналу *командного радіозв'язку*.



*

Розміщення засобів посадки РСР на аеродромі



ПРЛ з командною радіостанцією управління літаками на гліссаді в залежності від характеру місцевості розгортається ліворуч або праворуч від ЗПС на відстані 150 ... 200 м від її осі. Поруч розгортаються ДРЛ з АРП. Диспетчерський радіолокатор має 100-відсоткове резервування – подвійний комплект апаратури і дві антени.

Оглядовий радіолокатор

Призначення ОРЛ:

- контроль повітряного простору в радіусі 150 ... 250 км;
- контроль дотримання маршрутів;
- безпека польотів в районі аеродрому;
- допомога екіпажам.

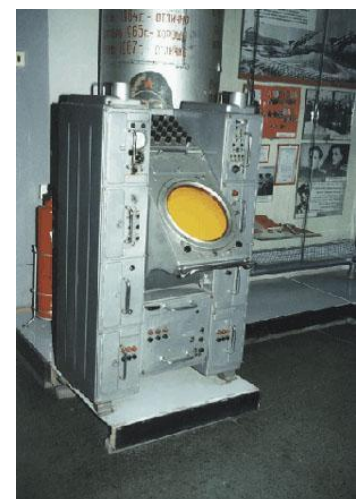
Режими роботи ОРЛ:

- активна радіолокація (з пасивною відповіддю),
- селекція рухомих цілей (СРЦ),
- радіолокація з активною відповіддю (забезпечує літаковий відповідач (ЛВ) типів СО-63 та ін.).

Характеристики ОРЛ П-35, П-37:

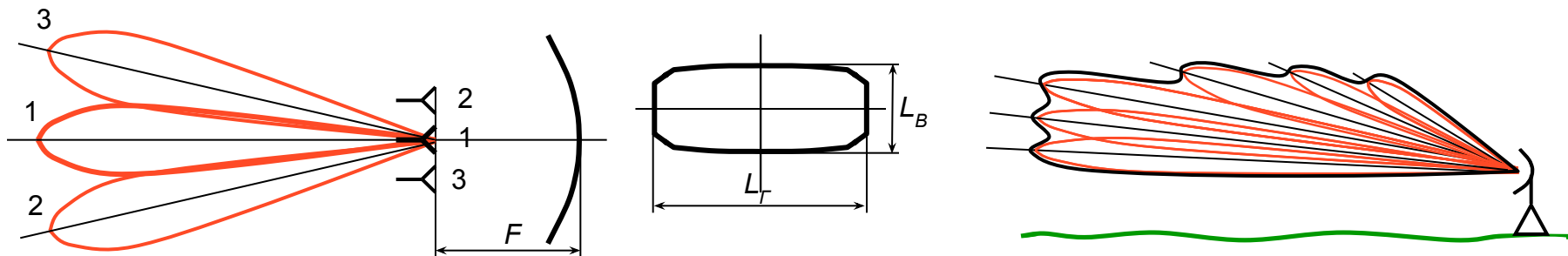
- вимірювані координати – дальність, азимут, висота;
- діапазон частот 10-сантиметровий;
- дальність дії до 200 км;
- період огляду 10 або 20 с;
- СКП вимірювання дальності 500 м, напрямку 0.5о;
- розділююча спроможність по дальності 500 м, по напрямку 1.5°;
- потужність передавача 2 МВт.

П-35,П-37



Контроль повітряного простору здійснюється шляхом обертання апаратної з антенною системою навколо вертикальної осі.

Вузька ДСА в горизонтальній площині і широка в вертикальній площині формується параболічною дзеркальною антеною з різною величиною розкриву у горизонтальній і вертикальній площинах ($L_F > L_B$). Спеціальна *косекансна* ДСА в вертикальній площині створюється методом *парціальних діаграм* шляхом розміщення опромінювачів у фокусі дзеркала (1) і зміщених по вертикалі у фокальній площині (2 і 3). Близька до косекансної форма сумарної ДСА досягається відповідним розподілом потужності сигналу між опромінювачами. Якщо кожен опромінювач має свій прийомний канал, то шляхом порівняння величини сигналів цілі на виході сусідніх каналів можна визначити кут місця і розрахувати висоту цілі.



*

В режимі активної радіолокації здійснюється виявлення всіх цілей, що знаходяться в зоні дії ОРЛ, визначення їх координат і розпізнавання державної приналежності (сумісно з запитувачем радіолокаційної системи державного розпізнавання). Апаратна з антеною ОРЛ розміщується якомога вище відносно навколишньої місцевості. Для додаткового зниження рівня перешкод від місцевих об'єктів може застосовуватись режим СРЦ (методом черезперіодної компенсації - ЧПК).

Режим радіолокації з активною відповіддю застосовується для спостереження літаків, на яких встановлені літакові відповідачі (ЛВ). При цьому збільшується дальність радіолокаційного контролю літаків в 1,5 ... 2 рази (СОД-57, СО-63, СОМ-64, СО-69), зменшується рівень пасивних перешкод і можливо отримувати додаткову навігаційну інформацію (номер борту, залишок пального, висота польоту).

В режимі з активною відповіддю по каналу літакового відповідача можливе розпізнавання конкретного літака і передача на землю сигналу "Лихо".

Диспетчерський радіолокатор

Призначення ДРЛ:

- контроль за літаками в радіусі до 150 км,
- впізнавання літаків в зоні аеродрому,
- виведення літаків в зону дії посадочної РЛС.

Режими роботи ДРЛ:

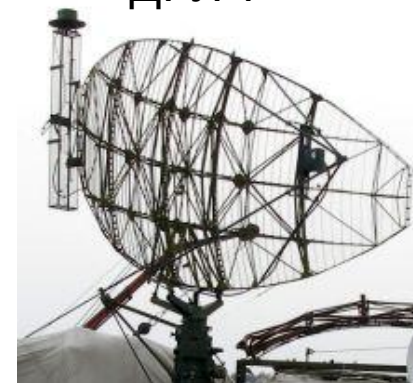
- активна радіолокація (з пасивною відповіддю),
- селекція рухомих цілей (СРЦ),
- радіолокація з активною відповіддю.

Склад ДРЛ:

- два комплекти РЛС,
- автоматичний радіопеленгатор (АРП),
- приймач сигналів активної відповіді,
- індикатор кругового огляду,
- командна УКХ радіостанція.

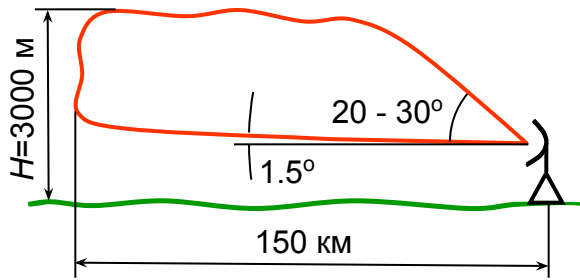
Двохкоординатний ДРЛ(визначає дальність і азимут) для контролю висоти доповнюється радіовисотоміром ПРВ, який визначає висоту літаків по цілевказанню від ДРЛ.

ДРЛ-7



ПРВ-9





Антенa ДРЛ у вертикальній площині формує косекансну ДСА і забезпечує контроль повітряного простору в радіусі до 150 км на висотах до 3000 м.

Компенсаційна антенa забезпечує подавлення сигналів, які надходять через бокові пелюстки ДСА основної антенi.

Характеристики ДРЛ-7:

вимірювані координати – дальність та азимут;

діапазон хвиль – дециметровий;

ширина ДСА - 4° ,

швидкість обертання – 10 об/хв;

дальність дії – $90 \dots 150$ км;

потужність передавача – 230 кВт, частота повторення – $550 \dots 1000$ Гц;

розділююча спроможність по дальності – $1.5\%D$, по азимуту – 4° ;

СКП вимірювання дальності - $5\%D$, по азимуту – 1° .

Посадочний радіолокатор

Призначення ПРЛ:

- контроль положення літаків на посадочному курсі і глісаді;
- контроль повітряного руху в районі аеродрому.

Режими роботи ПРЛ:

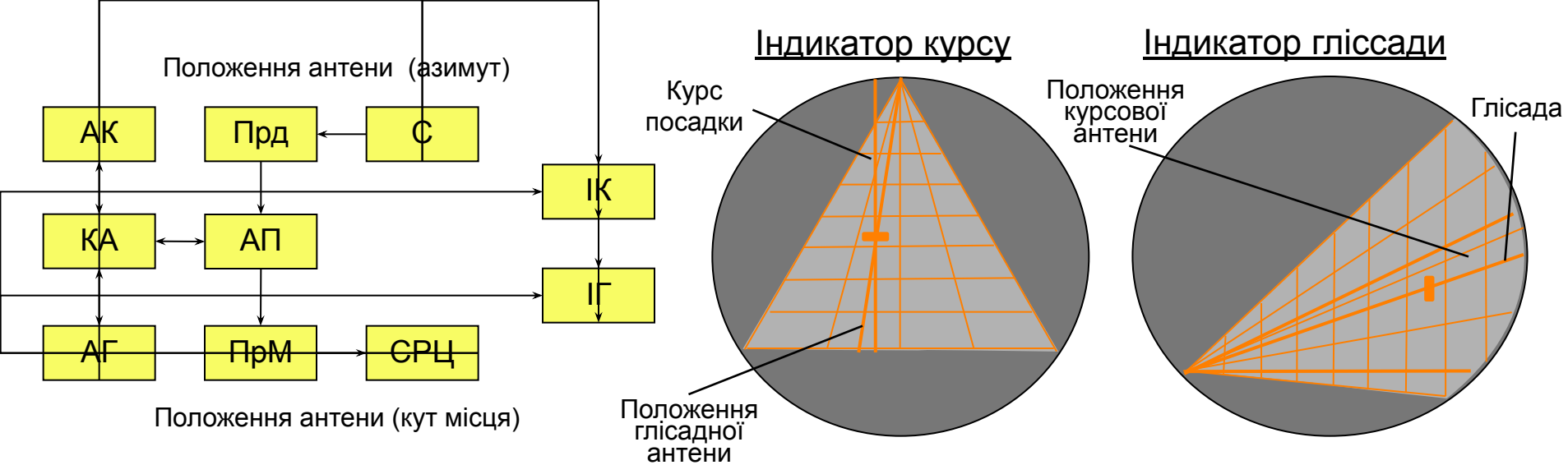
- круговий огляд;
- висота;
- посадка.

Характеристики ПРЛ-7

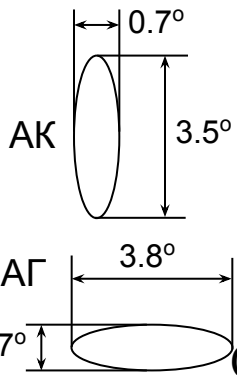
- вимірюємі координати – дальність, азимут, висота;
- діапазон частот – сантиметровий;
- зондування здійснюється методами активної радіолокації, радіолокації з активною відповіддю та в режимі СРЦ;
- потужність передавача 70 кВт;
- дальність дії при круговому огляді 60 км, в режимі посадка – 15 ... 20 км;
- розділююча спроможність по дальності 150 м, по азимуту $1.0 \dots 1.5^\circ$, по куту місця $0.5 \dots 0.7^\circ$;
- ширина ДСА антени курсу $0.7^\circ \times 3.5^\circ$, антени глісади $3.8^\circ \times 0.7^\circ$.

ПРЛ-7





ПРЛ - це двохкоординатні курсовий і глісадний радіолокатори з загальним прийомопередаючим каналом, селектором рухомих цілей (СРЦ) і роздільними антенами (АК і АГ) та індикаторами (ІК і ІГ).



Курсова антена (АК) формує ДСА у вигляді вузького пелюстка в площині курсу і широкого в площині глісади та може качатись або обертатись навколо вертикальної осі.

Глісадна антена (АГ) формує ДСА у вигляді вузького пелюстка в площині глісади і широкого в площині курсу та може качатись навколо горизонтальної осі.

Обидві антени формують також компенсаційні ДСА.

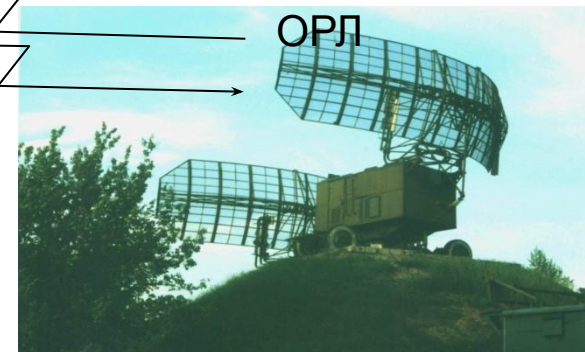
Комутатор антени (КА) підключає до прийомопередавача:

- курсову антену при круговому огляді;
- глісадну при визначенні висоти;
- по черзі курсову і глісадну антени при забезпеченні посадки.

Система вторинної радіолокації



СОД-57
СО-63Б(А)
СОМ-64
СО-69

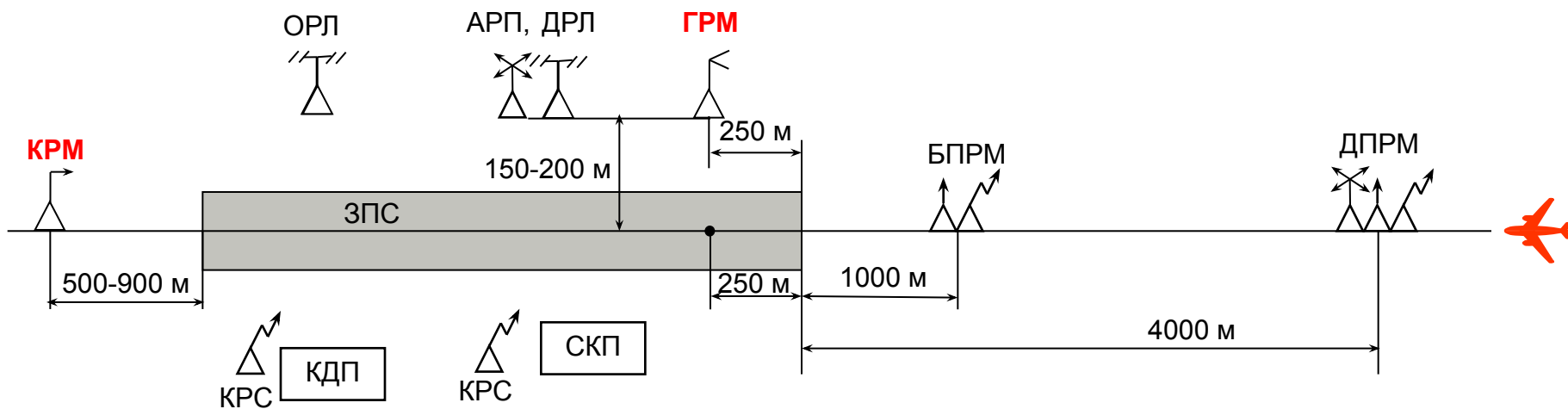


Система вторинної радіолокації (радіолокація з активною відповіддю) включає наземний запитувач та літаковий відповідач і застосовується в дальній (ОРЛ, ДРЛ) і ближній (ПРЛ) зонах для збільшення дальності контролю повітряного простору в 1,5 ... 2 рази (з бортовими відповідачами СОД-57, СО-63, СОМ-64, СО-69).

Запит і відповідь здійснюються кодованими сигналами на різних частотах. Це підвищує перешкодозахищеність РЛС і дозволяє передавати додаткову навігаційну інформацію (номер борту, залишок пального, висота польоту) від літаків, обладнаних відповідачами.

2. Радіомаячні системи посадки метрового діапазону

Призначення, склад та особливості



Радіомаячні системи посадки у комплексі з ОСП призначені для забезпечення *приборної посадки в складних метеоумовах (СМУ)*.

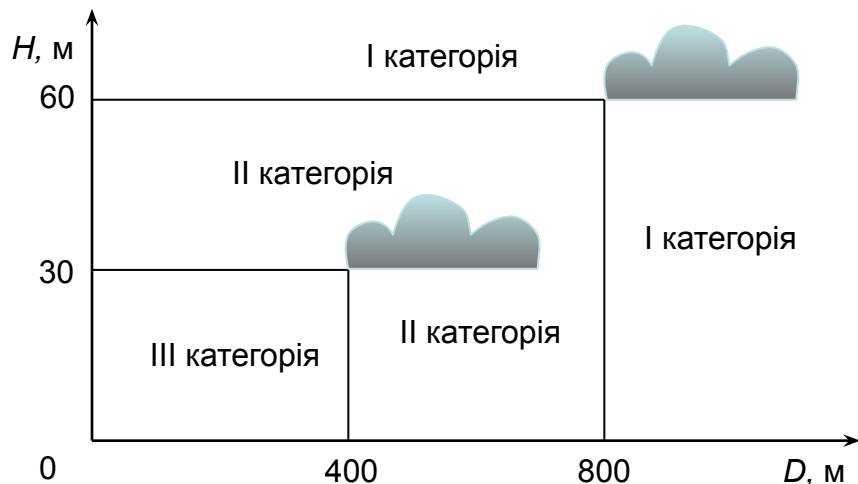
Система ОСП забезпечує *привід на аеродром*, полегшує розрахунки і маневр заходу на посадку.

Засоби аеродромного управління (диспетчерське обладнання – ОРЛ, ДРЛ, АРП, обчислювач, радіостанції) забезпечують *контроль повітряної обстановки та управління повітряним рухом* в районі аеродрому.

Радіомаячне обладнання (наземне КРМ, ГРМ, МРМ і бортове КРП, ГРП, МРП) забезпечує *зниження по встановленій глісаді*.

Погодні мінімуми і категорії систем посадки

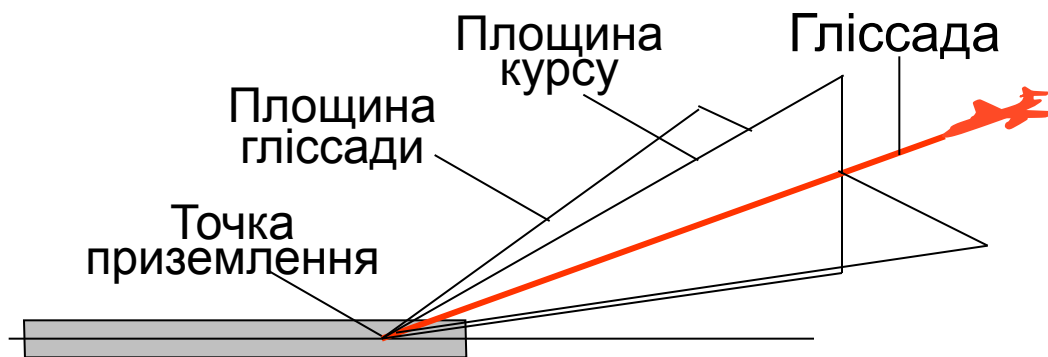
Категорія погодного мінімуму визначається висотою нижнього краю хмарності і дальністю горизонтальної видимості.



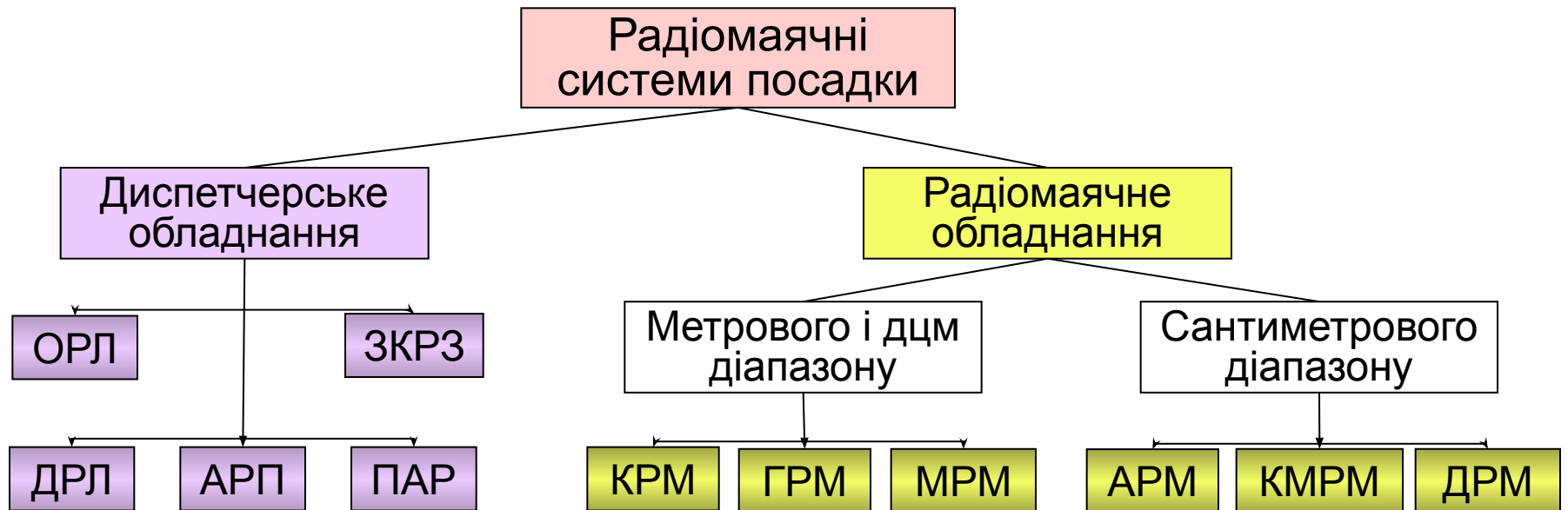
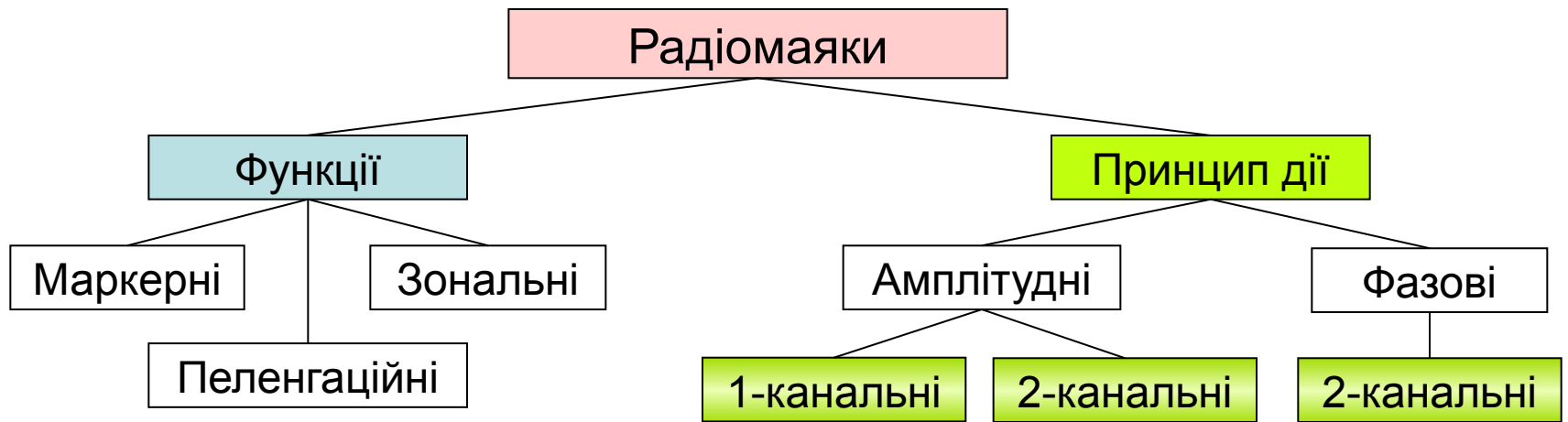
Категорія СП	Тип
I категорія	СП-50
II категорія	СП-68
III категорія	СП-70
	СП-80

КРМ з КРП вказують екіпажу положення літака у горизонтальній площині відносно потрібного посадочного курсу.

ГРМ з ГРП вказують екіпажу літака відхилення у вертикальній площині відносно потрібної глісади зниження.

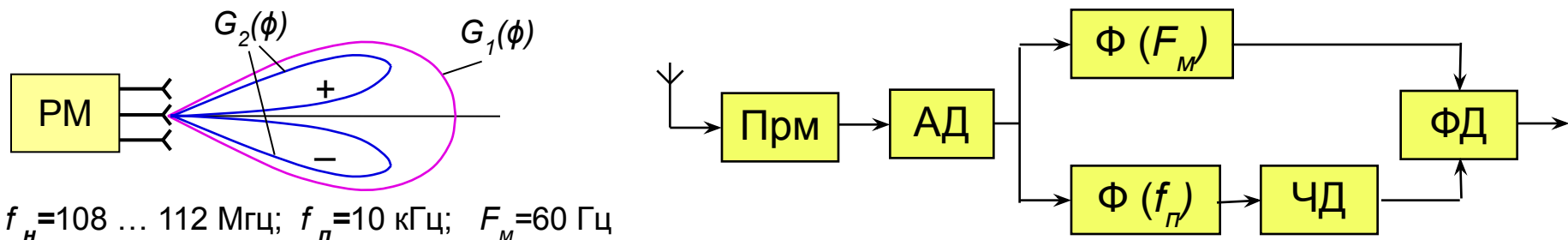


Класифікація радіомаячних систем посадки



*

Принципи побудови СП метрового діапазону Амплітудно-фазовий КРМ (СП-50)

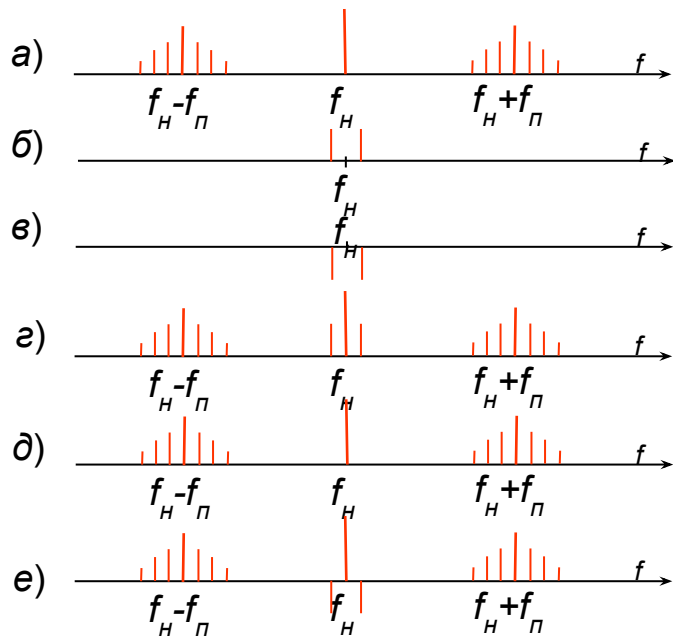


Антенна система радіомаяка формує дві незалежні ДСА – широку однопелюсткову $G_1(\phi)$ і двохпелюсткову з гострим мінімумом $G_2(\phi)$. Сигнал пелюстка “+” синфазний з сигналом $G_1(\phi)$, а пелюстка “-” – протифазний, осі обох ДСА співпадають.

Через $G_1(\phi)$ випромінюється безперервний сигнал “постійної фази” частоти f_H , модульований по амплітуді сигналом піднесучої частоти $f_n = 10$ кГц, який в свою чергу модульований по частоті опорним сигналом частоти $F_M = 60$ Гц.

Через $G_2(\phi)$ випромінюється безперервний сигнал “змінної фази” частоти f_H , балансно модульований по амплітуді сигналом частоти $F_M = 60$ Гц. В напрямку пелюстка “+” сигнали обох ДСА синфазні (спектри а і б), а в напрямку пелюстка “-” – протифазні (спектри а і в). При цьому величина і знак бічних складових частоти $f_H \pm F_M$ залежать від величини і сторони відхилення напрямку на приймач сигналу маяка відносно осі ДСА $G_2(\phi)$. Зокрема, коли *напрямок на приймач співпадає з віссю ДСА* радіомаяка, сигнал змінної фази має нульовий рівень.

*



Спектри сигналів маяка на вході приймача:

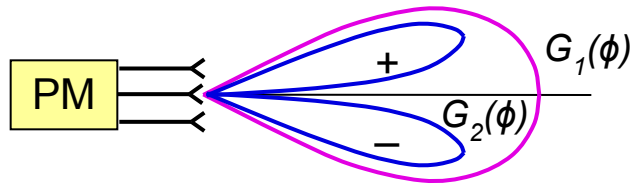
- а) сигнал “постійної фази” антени з ДСА $G_1(\phi)$,
- б) сигнали “змінної фази” антени з ДСА $G_2(\phi)$ в напрямку праворуч від курсу посадки,
- в) сигнали змінної фази антени з ДСА $G_2(\phi)$ в напрямку ліворуч від курсу посадки,
- г) сумарний сигнал при відхиленні від курсу посадки праворуч,
- д) сумарний сигнал при польоті без відхилення від курсу посадки,
- е) сумарний сигнал при відхиленні від курсу посадки ліворуч.

В бортовому курсовому приймачі спектр сумарного сигналу в залежності від сторони і величини відхилення літака відносно осі ДСА маяка відповідає малюнкам г, д або е.

Амплітудним детектором (АД) виділяються модулюючі сигнали частоти $f_P = 10$ кГц і $F_M = 60$ Гц. Фільтрами $\Phi(f_P)$ і $\Phi(F_M)$ розділяються опорний та інформативний сигнали. Частотним детектором (ЧД) виділяється опорний сигнал частоти $F_M = 60$ Гц.

Фазовим детектором (ФД) формується напруга, знак і величина якої відповідають стороні і величині відхилення літака від осі ДСА маяка, тобто від заданого курсу посадки.

Двохчастотний КРМ з опорним нулем (ILS)

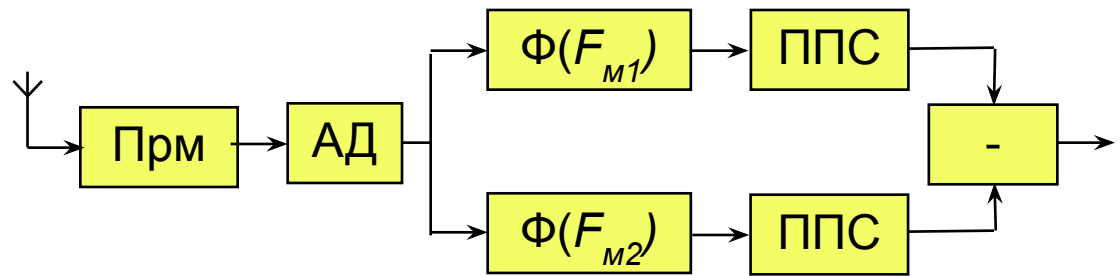


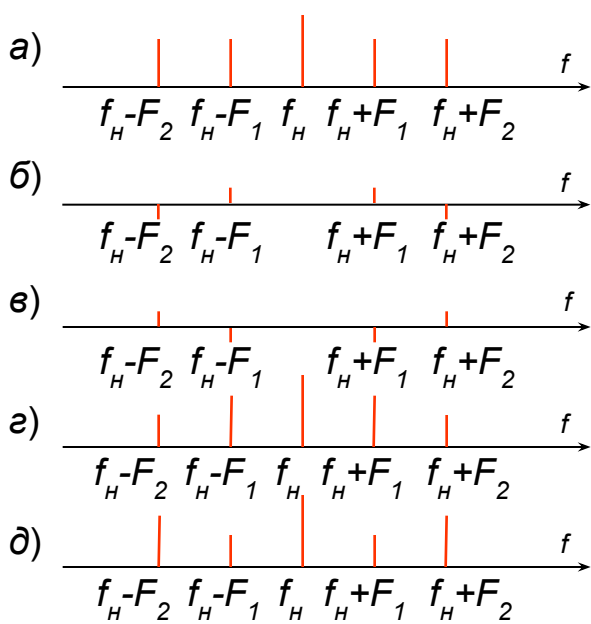
$$F_{M1}=45 \text{ Гц}, F_{M2}=150 \text{ Гц}$$

Як і в амплітудно-фазовому КРМ, антенна система радіомаяка формує дві незалежні ДСА – широкую однопелюсткову $G_1(\phi)$ і двохпелюсткову з гострим мінімумом $G_2(\phi)$. Сигнал пелюстка “+” синфазний з сигналом $G_1(\phi)$, а пелюстка “-” – протифазний, осі обох ДСА співпадають.

Через ДСА $G_1(\phi)$ випромінюється безперервний сигнал частоти f , модульований по амплітуді гармонічними сигналами частот $F_{M1}=45 \text{ Гц}$ і $F_{M2}=150 \text{ Гц}$ (спектр а)

Через ДСА $G_2(\phi)$ випромінюється безперервний сигнал частоти f , балансно модульований по амплітуді гармонічними сигналами частот $F_{M1}=45 \text{ Гц}$ і $F_{M2}=150 \text{ Гц}$ (спектр б). При цьому в напрямку пелюстка “+” модулюючий сигнал частоти F_{M1} синфазний, а модулюючий сигнал частоти F_{M2} протифазний відповідним модулюючим сигналам, які випромінюються через однопелюсткову ДСА (спектр б), а в напрямку пелюстка “-” модулюючий сигнал частоти F_{M1} протифазний, а модулюючий сигнал частоти F_{M2} синфазний відповідним модулюючим сигналам, які випромінюються через однопелюсткову ДСА (спектр в).





Спектри сигналів маяка на вході приймача:

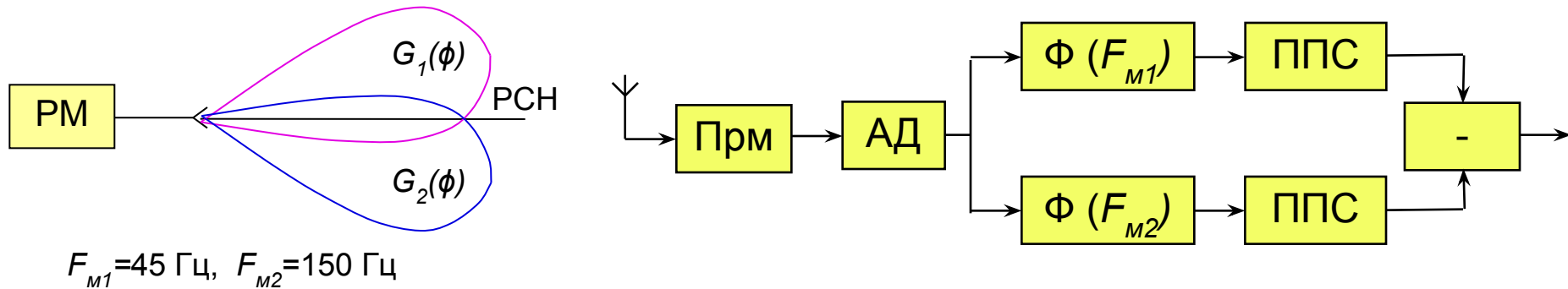
- а) амплітудно модульований сигнал частотами F_{M1} і F_{M2} антени з ДСА $G_1(\phi)$,
- б) балансно модульований сигнал частотами F_{M1} і F_{M2} антени з ДСА $G_2(\phi)$ праворуч від курсу посадки,
- в) балансно модульований сигнал частотами F_{M1} і F_{M2} антени з ДСА $G_2(\phi)$ ліворуч від курсу посадки,
- г) сумарний сигнал при відхиленні від курсу посадки праворуч,
- д) сумарний сигнал при відхиленні від курсу посадки ліворуч.

При цьому величина і фази бічних складових спектрів частот F_{M1} і F_{M2} залежать від величини і сторони відхилення напрямку на приймач сигналу маяка. відносно осі. Зокрема, коли *напрямок на приймач співпадає з віссю ДСА радіомаяка*, сигнал, що випромінюється через ДСА $G_2(\phi)$, має *нульовий рівень*.

В спектрі сумарного сигналу на вході приймача (спектри *г* і *д*) інформація про сторону і величину відхилення від осі ДСА маяка, тобто від заданого посадочного курсу, міститься у співвідношенні модулюючих сигналів частот F_{M1} і F_{M2} .

В приймачі модулюючі сигнали виділяються амплітудним детектором (АД), розділяються по своїм каналам обробки фільтрами $\Phi(F_{M1})$ та $\Phi(F_{M2})$, перетворюються в напругу постійного струму (ППС) і порівнюються шляхом віднімання (-) цих напруг.

Двохчастотний КРМ з РСН (ILS)

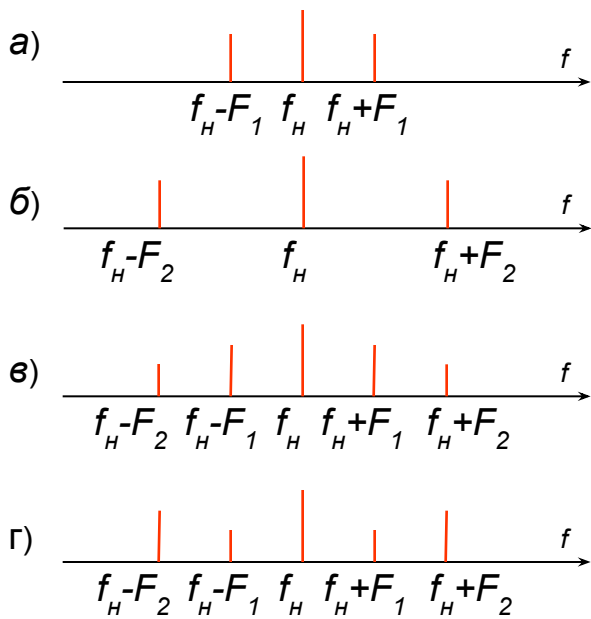


Антенна система радіомаяка формує дві однакові незалежні однопелюсткові ДСА $G_1(\phi)$ і $G_2(\phi)$, осі яких однаково відхилені від осі антенної системи у протилежні сторони. Перетинаючись, ці ДСА створюють *рівносигнальний напрям* (РСН). Для РСН характерно, що підсилення сигналів у цьому напрямку в обох антен однакове. В будь-якому іншому напрямку підсилення сигналів антенами різне.

Обидві живляться безперервними сигналами передавача маяка однакової потужності, але через антену з ДСА $G_1(\phi)$ випромінюються коливання частоти f_H , модульовані по амплітуді напругою частоти F_{M1} , а через антену з ДСА $G_2(\phi)$ – напругою частоти F_{M2} .

Якщо приймач знаходиться у рівносигнальному напрямку, то в його антену надходять два сигнали однакової величини, в спектрах яких є бічні на частотах $f_H \pm F_{M1}$ і $f_H \pm F_{M2}$ однакової величини (спектри а і б). Сумарний сигнал має обидві бічні частоти $f_H \pm F_{M1} \pm F_{M2}$.

*



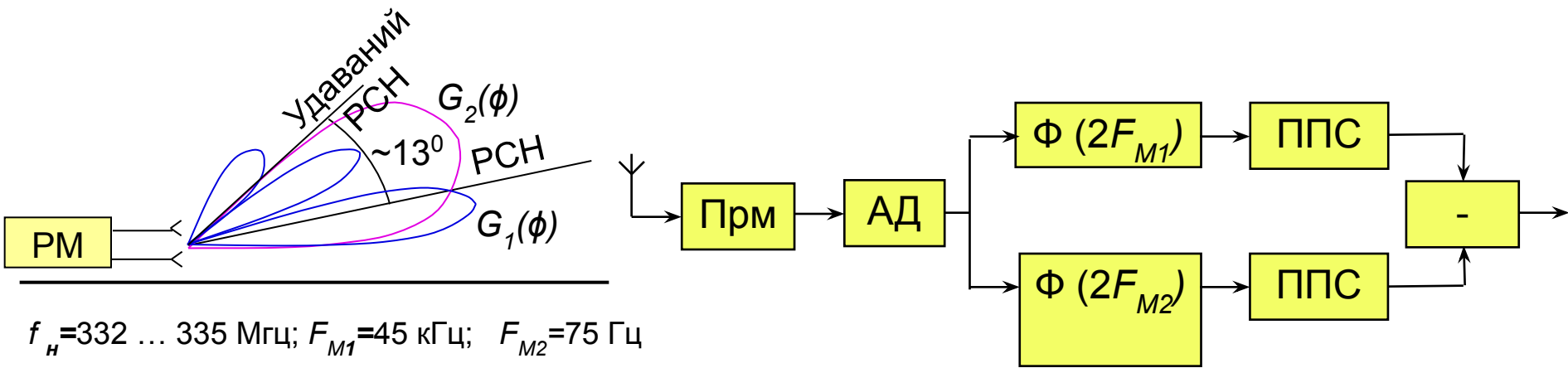
Спектри сигналів маяка на вході приймача:

- а) амплітудно модульований сигнал частотою F_{M1} антени з ДСА $G_1(\phi)$ по РСН,
- б) амплітудно модульований сигнал частотою F_{M2} антени з ДСА $G_2(\phi)$ по РСН,
- в) сумарний сигнал при відхиленні від курсу посадки праворуч,
- г) сумарний сигнал при відхиленні від курсу посадки ліворуч.

При відхиленні приймача від РСН у спектрі сумарного сигналу в залежності від сторони і величини відхилення змінюються співвідношення між модулюючими сигналами бічних частот (спектри в і г).

Приймач двохчастотної системи аналогічний приймачу системи з опорним нулем.

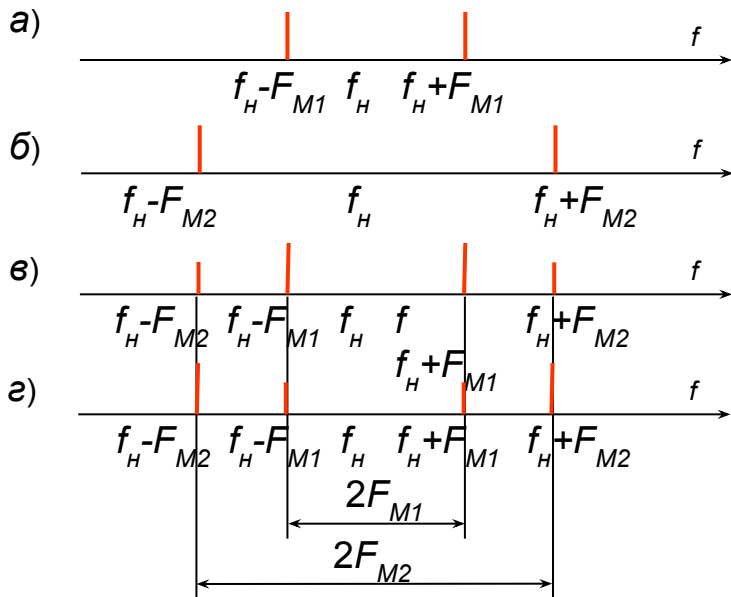
Двохчастотний ГРМ з РСН (СП-50)



У двухчастотному глісадному радіомаяку дециметрового діапазону площину глісади визначає рівносигнальний напрямок (РСН), який створюється антенами з ДСА $G_1(\phi)$ та $G_2(\phi)$. В дециметровому діапазоні підстилаюча поверхня створює дзеркало, внаслідок чого кожна з двох реальних антен у взаємодії зі своїм “антиподом” формує багатопелюсткову ДСА. Нижня антена створює ДСА $G_1(\phi)$ лише з кількома широкими пелюстками, а верхня - ДСА $G_2(\phi)$ з більшою кількістю вузьких пелюстків. Тому створюється декілька РСН.

Підбором коефіцієнтів підсилення нижньої і верхньої антен забезпечують співпадіння першого РСН з потрібною глісадою зниження.

Внаслідок багатопелюстковості обох ДСА крім основного створюється ще і удаваний РСН, який відповідає зниженню під кутом, більшим на 12^0 - 15^0 напрямку робочого РСН, тобто заданої глісади зниження. Це слід враховувати екіпажу.



Спектри сигналів маяка на вході приймача:

а) балансно модульований сигнал частотою $F_{M1}=45$ кГц верхньої антени з ДСА $G_1(\phi)$,

б) балансно модульований сигнал частотою $F_{M2}=75$ кГц нижньої антени $G_2(\phi)$,

в) сумарний сигнал при відхиленні від глісади вгору,

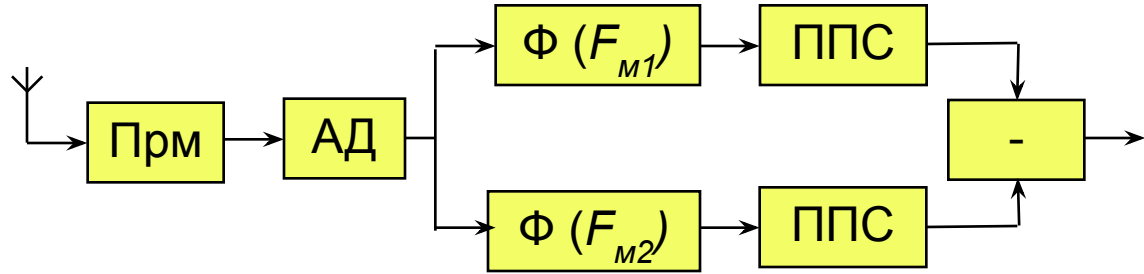
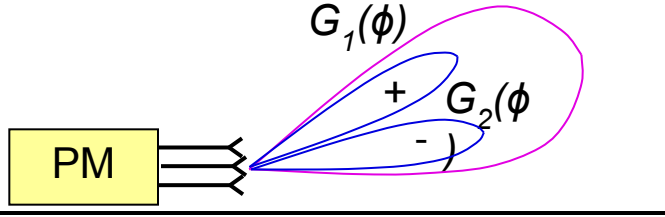
г) сумарний сигнал при відхиленні від глісади вниз.

Передавач радіомаяка формує безперервні балансно модульовані коливання напругами частоти $F_{M1}=45$ кГц (верхня антена з ДСА $G_1(\phi)$) і $F_{M2}=75$ кГц (нижня антена з ДСА $G_2(\phi)$). У РСН бічні складові $f_H \pm F_{M1}$ та $f_H \pm F_{M2}$ однакової величини, при відхиленні від РСН їх величина змінюється у протилежних напрямках. Тому шляхом співставлення амплітуди модулюючих функцій визначається сторона і величина відхилення від РСН.

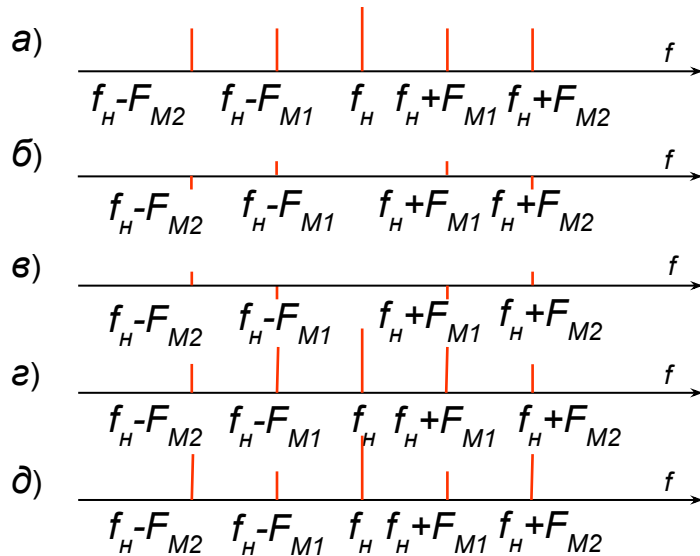
Структура глісадного приймача така ж, як і курсових приймачів двохчастотних курсових радіомаяків. Різниця тільки в тому, що фільтри прийомних каналів настроєні на подвійні частоти модуляції $2F_{M1}=90$ кГц і $2F_{M2}=150$ кГц. Саме з такими частотами виникають биття між бічними складовими спектрів модулюючих функцій.

*

Двохчастотний ГРМ з опорним нулем (ILS)



З порівняння структурних схем курсової (слайд 34) та глісадної радіомаячних двохчастотних систем посадки з опорним нулем та спектрів сигналів у характерних точках видно, що їх структура та принцип дії однакові.



- Спектри сигналів маяка на вході приймача:
- а) сигнал постійної фази антени з ДСА $G_1(\phi)$,
 - б) сигнали змінної фази антени з ДСА $G_2(\phi)$ при відхиленні від гліссади вгору,
 - в) сигнали змінної фази антени з ДСА $G_2(\phi)$ при відхиленні від гліссади вниз,
 - г) сумарний сигнал при відхиленні від гліссади вгору,
 - д) сумарний сигнал при відхиленні від гліссади вниз.

Посадочна радіомаячна група ПРМГ-5



Призначення

ПРМГ-5 призначена для забезпечення заходу на посадку літаків при метеомінімумі I категорії в режимі ручного, напівавтоматичного або автоматичного управління при роботі з бортовим обладнанням РСБН-2С і його модифікаціями.

Склад

- гліссадний радіомаяк (ГРМ);
- курсовий радіомаяк (КРМ);
- ретранслятор дальноміра (РД) (розміщений сумісно з КРМ);
- два причепа (електростанції).

Характеристики

- число робочих каналів – 40;
- потужність передавачів ГРМ і КРМ – не менше 8 Вт;
- потужність передавача РД в імпульсі – не менше 400 Вт;
- точність визначення дальності і на борту – не гірше ± 250 м;
- маса ГРМ з причепом електростанції – 3640 кг.
- маса ДКРМ з причепом електростанції – 3640 кг.

Канал посадки вітчизняних РСБН призначений для визначення відхилення літака по курсу і глісаді від заданої траєкторії зниження. Наземне обладнання – посадочна радіомаячна група (ПРМГ) включає радіомаяки курсовий (КРМ), глісадний (ГРМ) та ретранслятор дальномірну (РД).

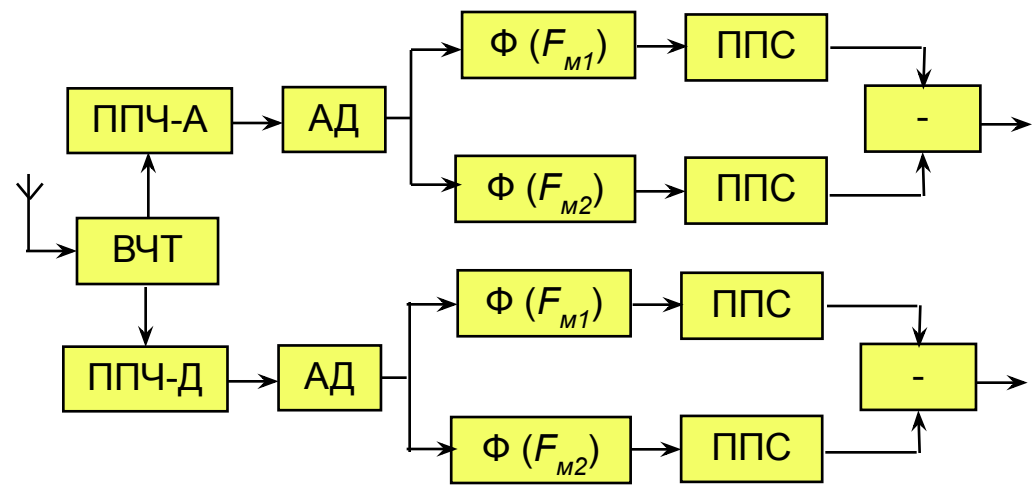
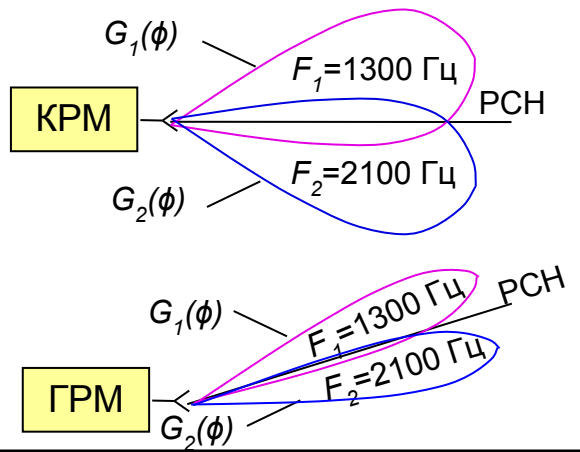
КРМ працює на одній з 40 частот каналу азимута РСБН, а ГРМ і РД – на одній з 40 частот каналу дальності РСБН.

Принципи дії КРМ і ГРМ однакові: площини курсу і глісади задаються рівносигнальними напрямками (РСН), які створюються перетинанням двох однакових і зміщених у протилежні сторони ДСА. В маяку відхилені у протилежних напрямках ДСА перемикаються по черзі з частотою 12.5 Гц.

Передавач радіомаяка формує періодичну послідовність радіоімпульсів із скважністю (наповненністю) два з обвідною у вигляді меандру. Частота повторення радіоімпульсів становить $F_1=1300$ Гц або $F_2=2100$ Гц.

Одночасно з переключенням ДСА змінюється частота повторення сигналів маяка – $F_1=1300$ Гц або $F_2=2100$ Гц.

Ретранслятор дальноміру входить до складу дальномірно-курсowego радіомаяка.



В бортовій апаратурі загальний високочастотний тракт (ВЧТ). Подальша обробка сигналів КРМ і ГРМ здійснюється в каналах азимуту (ППЧ-А) і дальності (ППЧ-Д). Після амплітудних детекторів (АД) розділення відеоімпульсів з частотами повторення $F_1 = 1300$ Гц і $F_2 = 2100$ Гц забезпечується відповідними фільтрами $\Phi(F_{M1})$ і $\Phi(F_{M2})$.

Шляхом порівняння (« – ») напруг з виходів перетворювачів меандру у напругу постійного струму (ППС) визначаються напрямок і величина відхилення літака від заданих посадочного курсу і глісади зниження.

Недоліки радіомаячних систем посадки метрового діапазону

В УКХ діапазоні радіохвиль зони глісади і курсу систем посадки нестійкі і можуть використовуватись тільки до висот $H=30$ м.

Ширина зони управління невелика (по курсу до 10 градусів).

Зниження всіх літаків забезпечується тільки по стандартній глісаді під кутом 2...3 градуси, що не являється оптимальним для ЛА різних класів.

Не забезпечується посадка (зліт) ЛА із скороченим або вертикальним зльотом (посадкою).

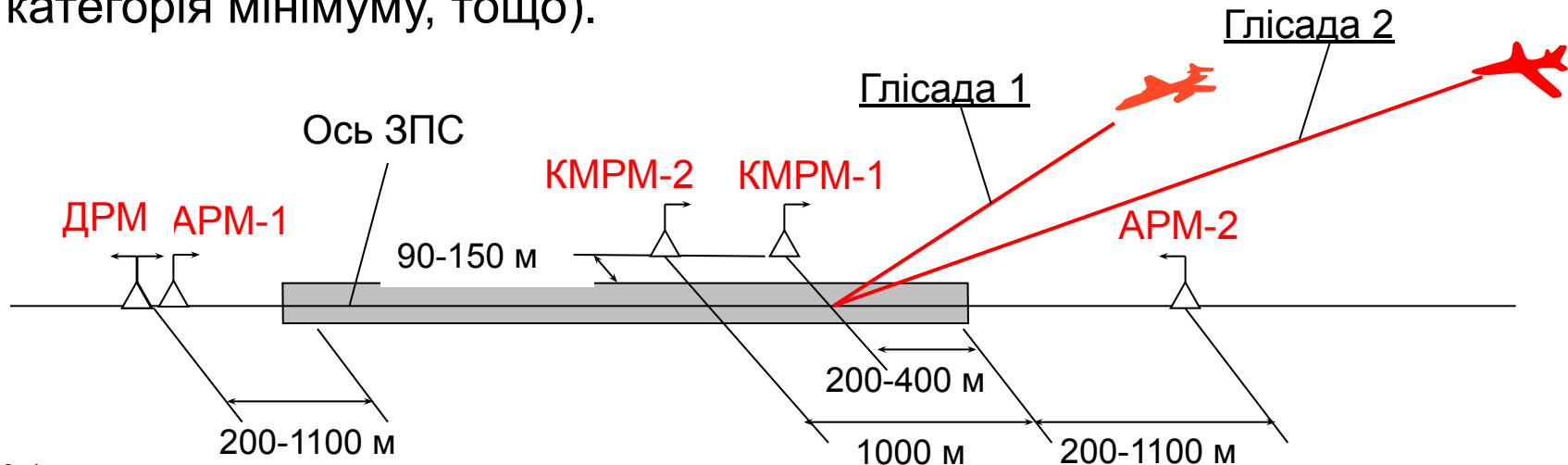
Обмежена кількість частотних каналів.

3. Радіомаячні системи посадки сантиметрового діапазону

Призначення, склад та особливості Кутомірно-дальномірна система сантиметрового діапазону хвиль MLS (Microwave Landing System)

Система посадки MLS забезпечує:

- видачу інформації про відхилення від обраної екіпажем глісади,
- видачу поточної дальності до точки приземлення,
- видачу інформації про умови посадки (метеоумови, стан ЗПС, категорія мінімуму, тощо).



APM-1 – азимутальний радіомаяк заходу на посадку,

APM-2 – азимутальний радіомаяк зворотного курсу (зльоту або переходу на другий круг) ,

KMPM-1 – кутомісний радіомаяк заходу на посадку,

KMPM-2 – кутомірний радіомаяк вирівнювання,

DRM – дальномірний радіомаяк.

Загальна характеристика

1. Системи посадки (СП) сантиметрового діапазону у порівнянні з СП метрового діапазону:

- мають значно більший розмір сектору пропорційного наведення,
- дозволяють формування оптимальної траєкторії заходу на посадку.
- мають дальномірний канал,
- дозволяють одночасно обслуговувати багато літаків з різними параметрами траєкторій заходу на посадку, вирівнювання, посадки, руління, повторного заходу на посадку та зльоту,
- в залежності від комплектації забезпечують посадку при мінімумі I, II або III категорії.

2. Основні технічні характеристики:

- зона дії по дальності 37 км, по азимуту $\pm 60^{\circ}$, по куту місця $0^{\circ} \dots 20^{\circ}$;
- помилки 2σ визначення дальності 30.5 м, азимуту 4.1° , кута місця 0.4° ;
- частота повтору інформації про азимут 13 або 39 Гц, про зворотній азимут 6.5 Гц, про кут місця 39 Гц;
- діапазон робочих частот кутомірному каналу 5000 ... 5750 МГц, дальномірному каналу 960 ... 1215 МГц.

Кутомірна підсистема

Кутомірна підсистема працює в сантиметровому діапазоні хвиль $f_H = 5031 \dots 5091$ МГц і має 200 незалежних частотних каналів. Всі кутомірні сигнали випромінюються послідовно на одній і тій же несучій частоті. В підсистему входять азимутальний радіомаяк АРМ-1 заходу на посадку, азимутальний радіомаяк АРМ-2 зворотного курсу (зльоту або переходу на другий круг), кутомістний радіомаяк КРМ-1 заходу на посадку і кутомістний радіомаяк КРМ-2 вирівнювання.

Мінімальний комплект складається з АРМ-1 і КРМ-1.

На борт ЛА сигнали всіх радіомаяків надходять по черзі і оброблюються одним приймачем.

Дальномірна підсистема

Дальномірна підсистема працює в діапазоні $f_H = 960 \dots 1215$ МГц, має 238 частотних каналів і складається з дальномірного радіомаяка ДРМ (типу DME/P), який виконує функції відповідача, і бортових запитувачів, які відрізняються від запитувачів і відповідачів системи VOR/DME тільки підвищеною точністю вимірювання дальності.

В системі ILS дальномірна підсистема відсутня, а дальність контролюється у 2-х або 3-х дискретних точках шляхом фіксації моменту прольоту над маркерними радіомаяками (в системі MLS MPM відсутні, як непотрібні).

Принципи побудови систем посадки сантиметрового діапазону

Бортове обладнання кожного з літаків, що здійснюють посадку, визначає відхилення по курсу $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0$ і глісаді $\Delta\theta = \theta - \theta_0$ від посадочного курсу φ_0 і оптимальної для поточної ситуації глісади зниження θ_0 літака.

Кожен з кутомірних маяків може виконувати *одну або декілька функцій*. В будь-який момент часу виконується тільки одна якась функція одного з маяків.

Повний цикл виконання всіх необхідних функцій всіма маяками складається з двох послідовностей (П1 і П2) з різними паузами між ними (1, 13, 19, 2, 20, 6, 8 та 18 мс).

Передбачено два варіанти послідовностей: для звичайного і швидкісного режимів.

Функції системи і послідовності функцій

Маяк	Функція	Позначення функції	Час виконання функції, мс
АРМ-1	Азимут посадки з низькою частотою	Аз-1	15.9
	Азимут посадки з високою частотою	АзВ-1	11.9
АРМ-2	Азимут зльоту або заходу на другий круг	Аз-2	11.9
КМРМ-1	Кут місця заходу на посадку	КМ-1	5.6
КМРМ-2	Кут місця вирівнювання	КМ-2	5.3
	Передача основних даних	ОД	3.1
	Резерв	Р	18.2

Звичайний режим:

П1: КМ-1, КМ-2, Аз-1, КМ-2, КМ-1, ОД, Аз-2, КМ-1, КМ-2.

П2: КМ-1, КМ-2, Аз-1, КМ-2, КМ-1, Р, КМ-1, КМ-2.

Швидкісний режим:

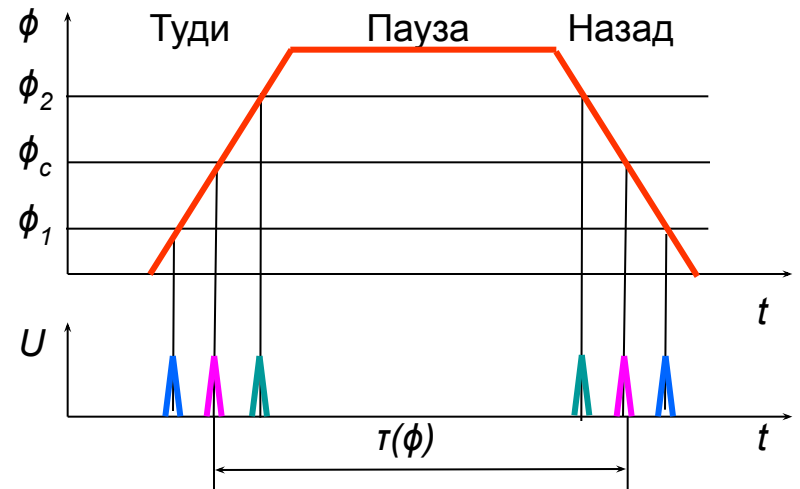
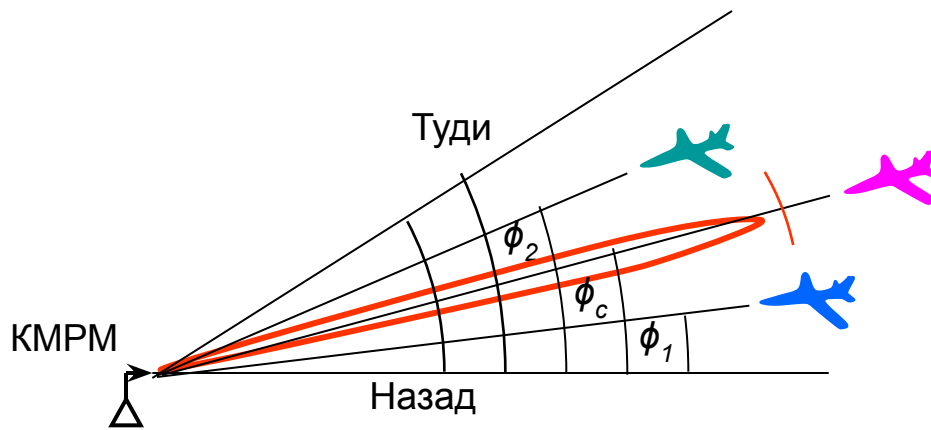
П1: КМ-1, АзВ-1, ОД, АзВ-1, КМ-1, АзВ-1, КМ-1.

П2: КМ-1, АзВ-1, ОД, Аз-2, АзВ-1, КМ-1, АзВ-1, КМ-1.

Середня частота виконання функцій:

КМ-1, КМ-2 і АзВ-1 – 39 Гц; Аз-1 – 13 Гц; Аз-2 – 6,5 Гц.

Принцип визначення напрямку



Якщо в границях сектору сканування ДСА знаходиться літак, то в його приймач сигнал радіомаяка надходить двічі: перший раз на інтервалі “туди” і другий раз на інтервалі “назад”. Внаслідок цього на виході приймача формуються два відеоімпульси, форма яких відповідає формі гостроспрямованої скануючої ДСА радіомаяка. Інформацію про напрямок несе інтервал часу $\tau(\phi)$ між першим і другим імпульсами пари.

Такий принцип вимірювання напрямку забезпечує одночасне обслуговування необмеженої кількості ЛА і дозволяє кожному з них визначити свою кутову координату.

Часовий графік роботи системи посадки

Часовий графік виконання будь-якої функції включає інтервали “преамбула”, “секторні сигнали”, “туди”, “пауза”, “назад” та “кінець сканування”.

Під час **преамбули** послідовно передаються:

- немодульований сигнал для *підстройки частоти* приймача літака,
- 5-розрядний фазоманіпульований код *опорного часу*,
- 5-розрядний фазоманіпульований код для *розпізнавання типу функції*.

За час **секторних сигналів** видаються:

- інформація про *місце установки радіомаяка* (для азимутальних радіомаяків),
- сигнали для *вибору одної з прийомних антен* на борту літака,
- спеціальні сигнали, які *обмежують сектор індикації*,
- імпульси *кліренсу* для вказівки *напрямку маневру* для входу в *сектор пропорційного наведення (СПН) радіомаяка*,
- *тестові сигнали контролю* за роботою бортового обладнання.

Преамбула і секторні сигнали випромінюються *слабко направленою антеною*.

На інтервалі **“туди”** антеною з вузькою ДСА в площині сканування і широкою ДСА в перпендикулярній до неї площині *випромінюється немодульований сигнал*. ДСА сканує (переміщується) з постійною швидкістю від початку до кінця сектору (в АРМ – зліва направо, а в КРМ – знизу вгору). Інтервал **“туди”** закінчується паузою.

Під час **паузи** ДСА утримується в крайньому положенні. Тривалість паузи для функції Аз-1 - 8.76 мс, для функцій АзВ-1 і АзВ-2 – 6.76 мс, для функції КМ-1 – 3.406 мс і для функції КМ-2 – 3.056 мс. Під час паузи радіомаяк *ніякі сигнали не випромінює*.

На інтервалі **“назад”** ДСА з тою ж швидкістю, що і на інтервалі **“туди”**, повертається в своє початкове положення.

Кінець виконання кожної з функцій фіксується випромінюванням спеціального імпульсу **“кінець сканування”**.

Порівняльні характеристики радіомаячних систем посадки

Параметр	ILS			MLS		
	Курс	Глісада	Маркер	Азимут	Кут місця	Дальність
Дальність км, максимальна	46	18.5		37	37	37
Частота, МГц	108–112	329-335	75	5031-5091	5031-5091	960-1215
Відхилення	$\leq 10^0$	$\leq 0.07^0$		$2\sigma = 6 \text{ м}$	$2\sigma = 0.6 \text{ м}$	$2\sigma = 30 \text{ м}$

4. Застосування радіотехнічних систем посадки

Застосування радіолокаційної системи посадки

Радіолокаційні системи посадки літаків включають диспетчерське і посадкове обладнання. Звичайно радіолокаційна система посадки розгортається разом з наземним обладнанням спрощеної системи ОСП.

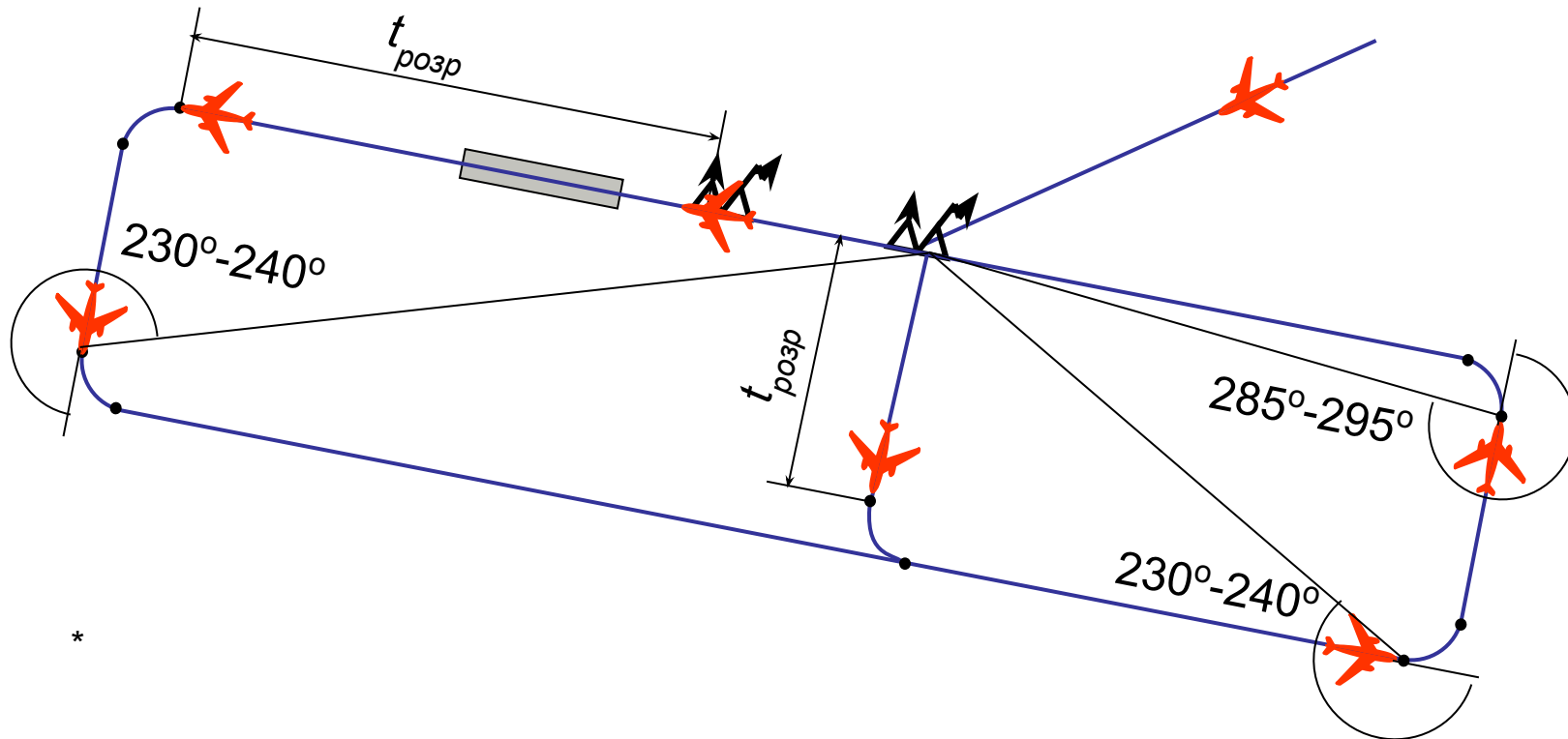
Радіотехнічні засоби спрощеної системи посадки використовуються для приводу літаків у район аеродрому, полегшення розрахунку маневру при заході на посадку і для додаткового контролю за правильністю його виконання, а також як резервний засіб посадки.

Положення літака щодо лінії планування і ЗПС контролюється за допомогою спеціального наземного посадочного радіолокатора. Посадка здійснюється екіпажами вручну по командам з землі, які передаються по каналу командного радіозв'язку.

Застосування спрощеної системи посадки ОСП

Екіпажу літака з КДП повідомляють посадочний курс, атмосферний тиск у районі аеродрому, висоту нижньої границі хмар, видимість, напрямок і швидкість вітру біля землі, спосіб виконання маневру для виходу на посадочний курс. Екіпаж за допомогою АРК виводить літак на ДПРМ з посадочним курсом, здійснює розрахунки для посадки одним із способів:

- з прямої;
- двома розворотами;
- по малій (пунктир) чи великій коробочці.



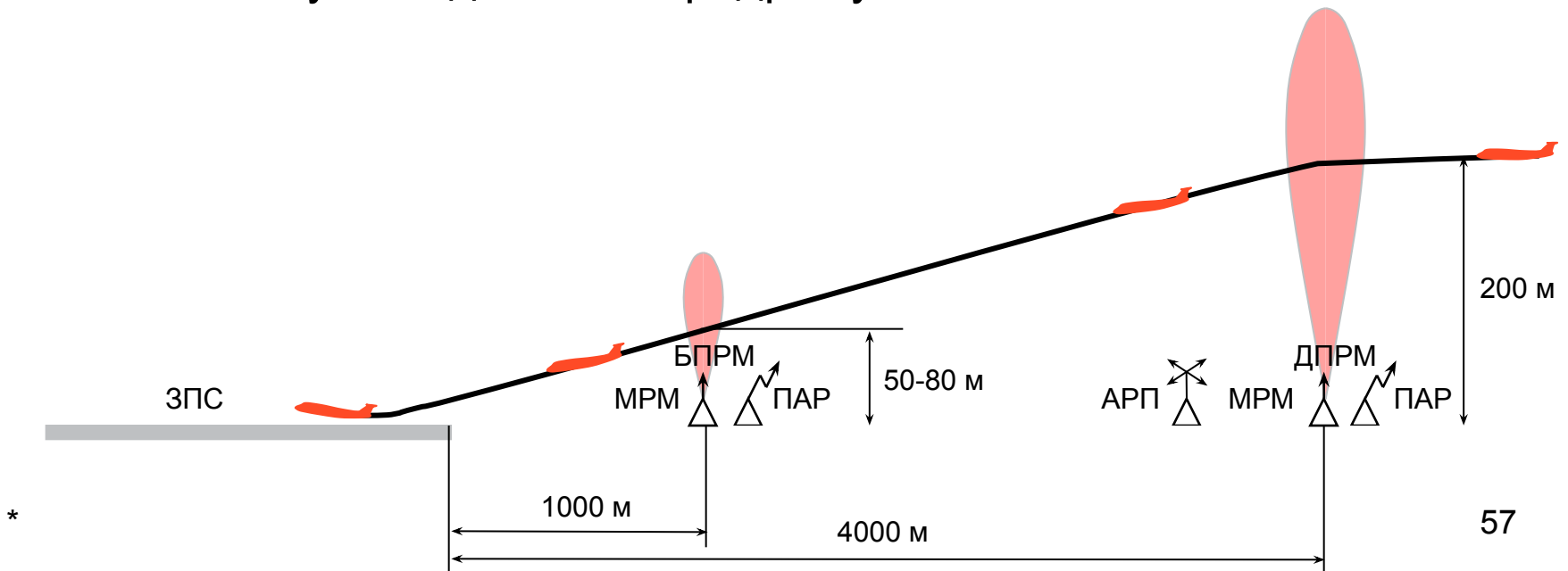
*

При польоті з посадочним курсом на ДПРМ здійснюється пробивання хмарності. До ДПРМ літак повинен підійти на висоті 200 м по радіовисотоміру.

У момент прольоту ДПРМ АРК автоматично від сигналів МРП переключається на БПРМ. Політ продовжується зі зниженням, щоб над БПРМ висота становила 50 ... 80 м.

Площина курсу задається за допомогою двох приводних радіостанцій, розташованих на продовженні осі ЗПС. Контроль за відхиленням літака від заданої площини планування (гліссади) здійснюється за допомогою радіовисотоміра при прольоті дальнього і ближнього радіомаяків.

З висоти 30 ... 50 м посадка завершується візуально з орієнтацією по світлотехнічному обладнанню аеродрому.



Застосування РСП

Виведення літаків в район аеродрому посадки в дальній зоні здійснюється за допомогою ОРЛ і АРП, а з дальності 70 ... 80 км із застосуванням ДРЛ. Екіпаж керується командами управління диспетчера з використанням бортового пілотажно-навігаційного обладнання (курсової системи, авіагоризонту, АРК, висотоміру, ...).

З дальності 20 ... 30 км управління посадкою здійснюється оператором ПРЛ. На посадочний курс літак виводиться по сигналам ДПРМ за допомогою АРК.

Оператор ПРЛ вручну зони огляду КРЛ і ГРЛ суміщає з відміткою літака. По індикаторам курсу і гліссади контролює дотримання заданої гліссади зниження. В разі відхилення через КРС екіпажу даються команди на усунення помилок.

Заключний етап посадки (з висоти 20 ... 30 м) екіпаж здійснює вручну зо допомогою світлотехнічного обладнання аеродрому.

Недоліки РСП:

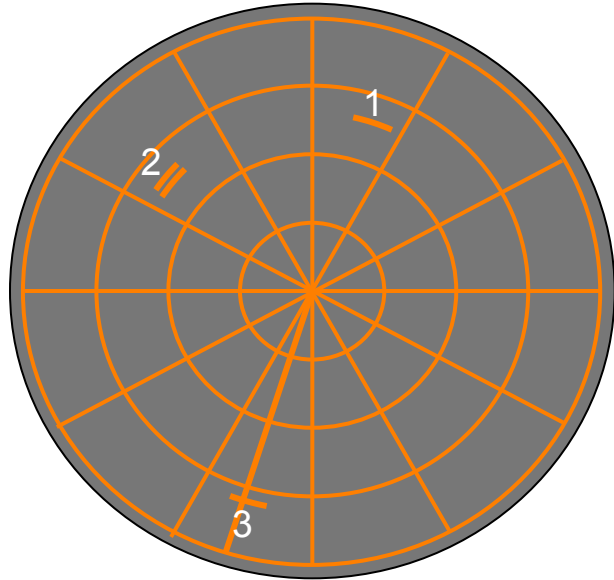
Неможливість приборного забезпечення заключного етапу посадки.

Складність наземного обладнання.

Необхідність високої кваліфікації наземного персоналу.

Низька пропускна спроможність (15 ... 20 літаків за годину).

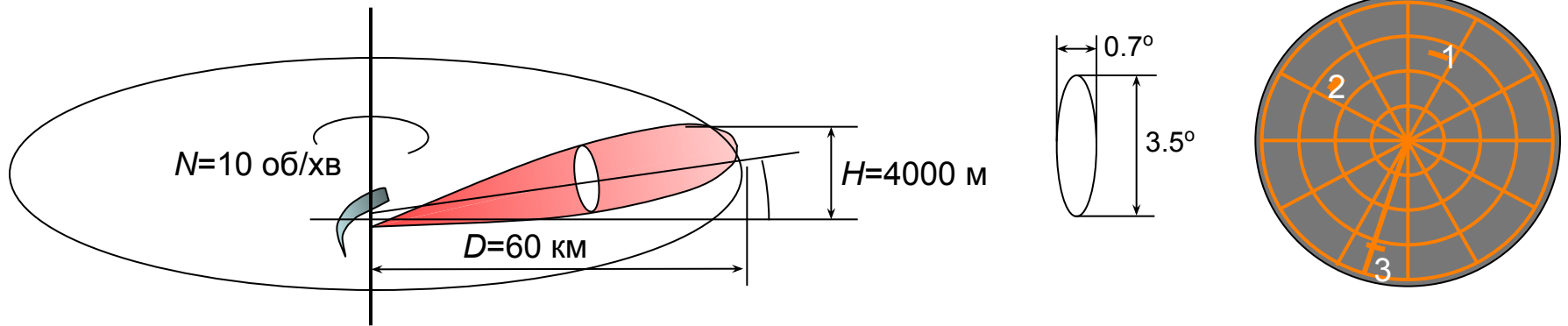
Застосування ДРЛ



Управління літаками в районі аеродрому і на аеродромі після посадки чи перед зльотом забезпечує ДРЛ, суміщений з АРП, і командна радіостанція. Цілі відображаються в координатах азимут-дальність (ціль 1); відмітка при активній відповіді подвійна (ціль 2).

Розпізнавання цілі здійснюється натисканням ключа ПЕЛЕНГ шляхом пеленгації випромінювання передавача командної радіостанції літака за допомогою АРП; пеленг цілі відображається положенням лінії розгортки на ІКО (ціль 3).

Режим ПРЛ “КРУГОВИЙ ОГЛЯД”

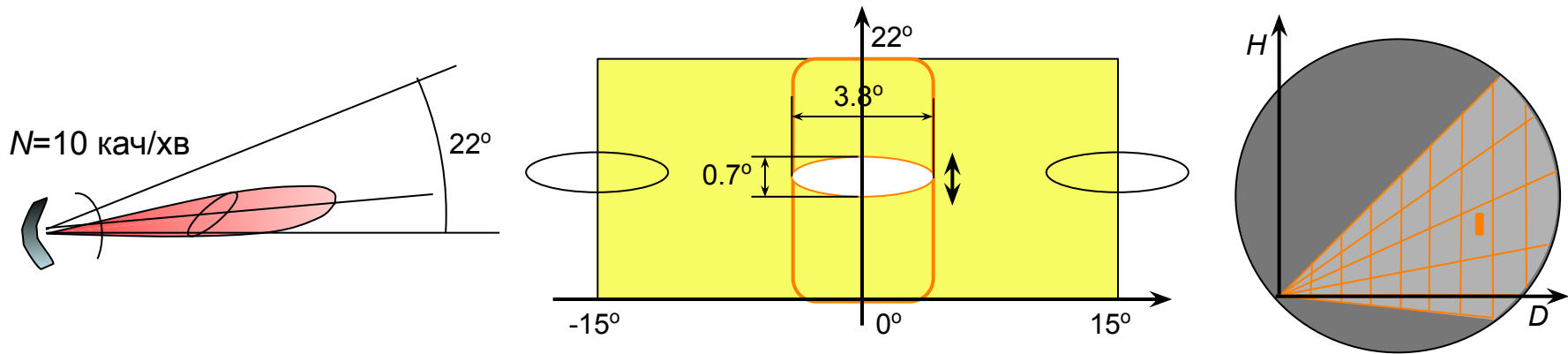


В режимі “КРУГОВИЙ ОГЛЯД” ПРЛ контролює повітряний простір в радіусі 60 км до висоти 4000 м і забезпечує управління повітряним рухом у ближній зоні.

Комутатором антен до прийомопередавача підключена тільки курсова антена, яка обертається із швидкістю 10 обертів за хвилину.

Індикатор курсу працює, як індикатор кругового огляду, і видає інформацію про повітряну обстановку в полярних координатах.

Режим ПРЛ “ВИСОТА”



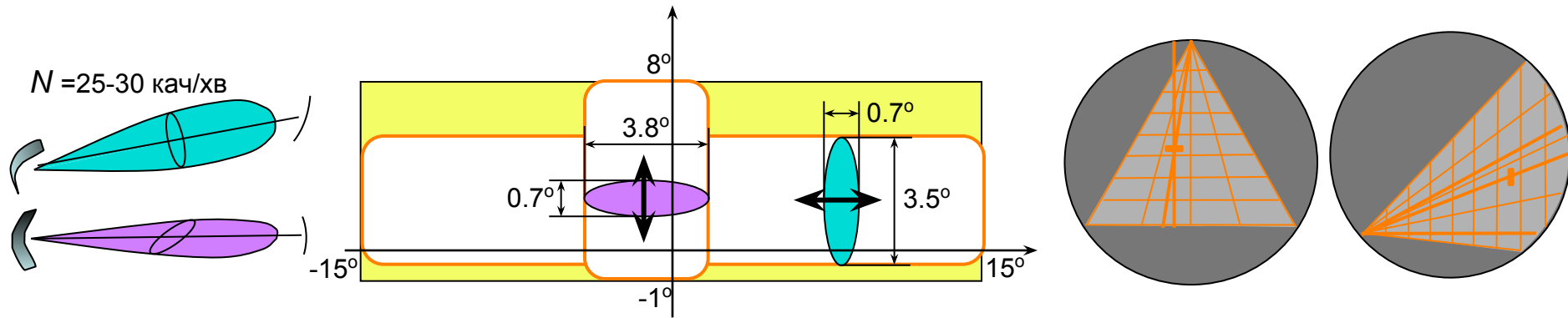
Режим “ВИСОТА” забезпечує контроль зниження літака для посадки при пробиванні хмарності.

Комутатором антен до прийомопередавача підключена тільки гліссадна антена, яка качається у вертикальній площині із швидкістю 10 качань за хвилину.

Зона контролю може зміщуватись по азимуту в межах $\pm 15^\circ$.

Індикатор гліссади працює в звичайному режимі і видає інформацію в координатах дальність-висота.

Режим ПРЛ “ПОСАДКА”



В цьому режимі ПРЛ являється трьохкоординатним радіолокатором і забезпечує контроль за зниженням літаків при посадці до висоти 20 ... 30 м. Команди управління літаком при зниженні даються екіпажу по лінії командного радіозв'язку.

Комутатором антен до прийомопередавача підключаються по черзі курсова (зелена) та гліссадна (фіолетова) антени, які качаються відповідно у горизонтальній та вертикальній площинах із швидкістю 25 ... 30 качань за хвилину. Зона качання кожної з антен може вручну переміщуватись в будь-яке місце зони качання іншої антени в межах загальної зони контролю $30^\circ \times 9^\circ$.

Режим радіолокації (активний, з активною відповіддю, СРЦ) вибирається вручну.

Застосування радіомаячних систем посадки метрового та дециметрового діапазонів

Виведення літака в район аеродрому і захід на посадку здійснюються з використанням засобів ОСП, ОРЛ і ДРЛ. При підході до аеродрому оператори ОРЛ і АРП впізнають літак. Керівник польотів передає на літак умови посадки (вказівки про спосіб заходу на посадку, курс посадки, висоту польоту в зонах чекання і т.п.).

Оператори за допомогою ДРЛ керують літаками в зоні чекання і літаками, що йдуть на посадку. Вхід літака в зону курсового радіомаяка виконується так, щоб стрілка покажчика КРП була у вертикальному положенні, а стрілка АРК — у нульовому положенні. Після цього продовжується політ у зоні курсового маяка до моменту входу в зону гліссадного маяка, надалі контролюється правильність виконання посадки по індикаторам КРП і ГРП. З висоти 15 ... 20 м екіпаж переходить на візуальне орієнтування.

Питання для самоконтролю

1. Спрощена система посадки ОСП.
2. Радіолокаційна система посадки.
3. Радіомаячна система посадки метрового діапазону хвиль.
4. Радіомаячна система посадки дециметрового діапазону хвиль.
5. Радіомаячна система посадки сантиметрового діапазону хвиль.

Завдання на самостійну роботу

Конспект по темі заняття доповнити матеріалом з навчального посібника і підручників:

1. Презентації РСР.ppt, СРНС.ppt, РСБН.ppt.
2. О.В.Власов, И.В.Смокин. Радиооборудование летательных аппаратов. – М.: Воениздат, 1971, с. 319-325.
3. Радиооборудование летательных аппаратов. Ч 1. Под ред. В. И.Ветроградова. – М.: Воениздат, 1979, с. 219-249.
4. Радиоэлектронное оборудование. Под ред. В.М. Сидорина. – М.: Воениздат, 1990, с. 221-225.
5. В.А.Войчук, В.І.Романенко, Д.В.Васягін. Експлуатація й ремонт радіоелектронного обладнання літаків, вертольотів та авіаційних ракет. (Електронний підручник). – К.: НАУ, 2011, тема 19.