

М. Д. Рисаков, І. Л. Костенко, С. М. Рот, В. Г. Карєв, О. П. Кулик

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ПОСАДКОВИХ РАДІОЛОКАТОРІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОСАДКИ ЛІТАКІВ У СКЛАДНИХ ПОГОДНИХ УМОВАХ

У роботі проаналізовано можливість, доцільність модернізації посадкових радіолокаторів із аналоговою обробкою сигналів віддзеркалення та запропоновано напрямки їх удосконалення шляхом переходу до цифрової обробки сигналів для забезпечення посадки літаків тактичної авіації Повітряних Сил у складних погодних умовах. Розглянуто принципи побудови та роботи пристроїв цифрової обробки сигналів амплітудного та фазового каналів приймача локатора. Обґрунтовано доцільність отримання та відображення на моніторі локатора контурів віддзеркалень різної інтенсивності від місцевих предметів. Запропоновано принцип розрахунку розміру пачки імпульсів віддзеркалення для різних відстаней літака.

Постановка проблеми. Посадкові радіолокатори (ПРЛ), що входять до складу радіолокаційних систем посадки (РСП), застосовують як засоби управління посадкою літаків лише до висоти зниження ≥ 120 м. Вони не забезпечують за поганих погодних умов гарантованого виведення літака на висоту прийняття рішення за нормами навіть І категорії метеомінімуму. Тому для забезпечення безпеки посадки літака в складних метеоумовах (СМУ) необхідно підвищити вимоги до завадозахищеності й точності вимірювання координат, а їх виконання є проблемним завданням.

Огляд останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] введено поняття й запропоновано алгоритм адаптивного настроювання когерентного накопичувача (КН), який використовують як пристрій селекції рухомих цілей (СРЦ). Суть такого настроювання полягає в підборі періодів повторення імпульсів зондування, які не допускають накопичувань імпульсів літаків разом з пасивними завадами. У статті [2] запропоновано й обґрунтовано склад радіолокаційного посадкового комплексу для автоматизованої посадки літаків у СМУ, а в публікації [3] викладено можливі принципи побудови такого комплексу. У роботі [4] запропоновано алгоритм і значення оптимальних вагових коефіцієнтів КН, а в [5] обґрунтовано вимоги до точності вимірювання координат ПРЛ для посадки літаків за нормами І категорії мінімуму погоди. У зв'язку з цим виникла необхідність деталізувати матеріали щодо можливих принципів побудови та роботи пристроїв цифрової обробки сигналів амплітудного та фазового каналів приймача локатора.

Формулювання завдання дослідження. З урахуванням викладеного вище метою статті є запропонувати принципи будови та роботи пристроїв цифрової обробки сигналів приймача локатора.

Виклад основного матеріалу. При побудові ПРЛ доцільно зберегти передбачені режими роботи (пасивний (ПАС), СРЦ та ПАС + СРЦ) і склад каналів локатора: приймач

супергетеродинного типу, магнетронний передавач та антенно-хвильовідний тракт (АХТ). На користь зниження фінансової вартості модернізації локатора доцільно зберегти існуючі передавальний канал і АХТ, а приймальні канали (амплітудний та фазовий) модернізувати шляхом їх побудови на сучасній елементній базі та введення у фазовому каналі квадратурного фазового детектора, а в амплітудному каналі необхідно впровадити логарифмічний амплітудний детектор.

Обмежимося деталізацією принципів побудови апаратури цифрової обробки сигналів амплітудного каналу u_a та квадратурних сигналів u_c , u_s фазового каналу приймача. Структурну схему побудови апаратури цифрової обробки сигналів і відображення радіолокаційної інформації (РЛІ) амплітудного і фазового каналів приймача літака наведено на рис. 1.

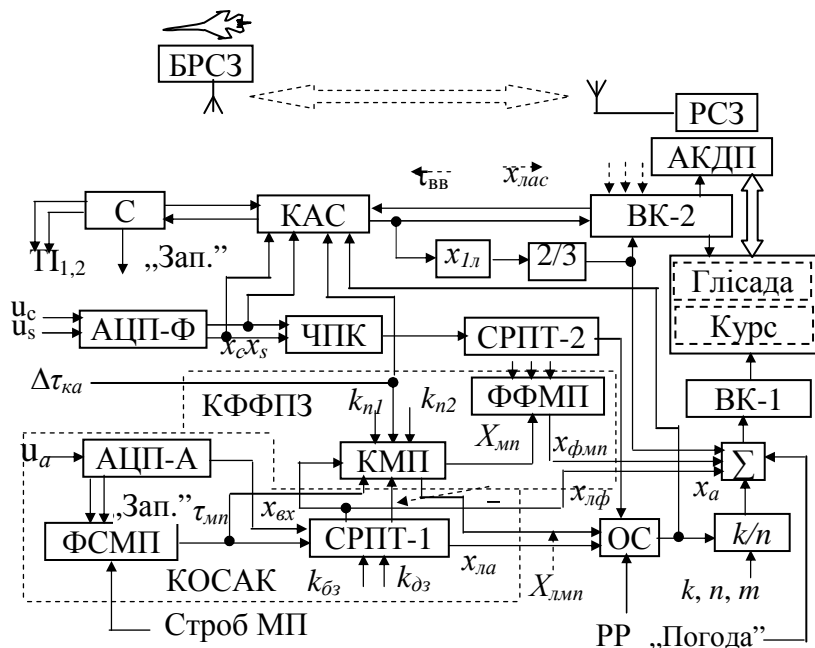


Рис. 1. Структурна схема каналів цифрової обробки, відображення та трансляції РЛІ ПРЛ

У кожному каналі аналогові сигнали u_a і u_s , u_c перетворюються в цифрові x_a і x_s , x_c аналого-цифровими перетворювачами АЦП-А (амплітудний канал) і АЦП-Ф (фазовий канал).

Обробку цифрової РЛІ амплітудного каналу приймача пропонуємо здійснювати двома каналами: обробки сигналів амплітудного каналу (КОСАК) і формування фону пасивних завад (КФФПЗ).

Обробку РЛІ фазового каналу приймача u_c , u_s після перетворення АЦП-Ф інформації в цифровий код x_c , x_s пропонуємо здійснювати також двома каналами: черезперіодної компенсації (ЧПК) і автосупроводження (КАС).

Об'єднання вихідної РЛІ названих амплітудних та фазових каналів виконується каналом об'єднання сигналів (КОС) у складі об'єднувача сигналів (ОС), суматора Σ , пристроїв виявлення "k/n" та "2/3" і перетворювача "x_{1л}" кодів вихідного сигналу КАС у послідовність одиничних імпульсів. Уточнимо склад і призначення пристроїв названих каналів.

До складу КОСАК входять: АЦП-А, формувач строга місцевих предметів (ФСМП) і стабілізатор рівня помилкових тривог СРПТ-1.

ФСМП у кожному періоді повторення з надходженням імпульсу запуску “Зап.” від синхронізатора (С) формує імпульс стробування тривалістю $\tau_{\text{шт}}$, що задається оператором та забезпечує охоплення усіх інтенсивних віддзеркалень від місцевих предметів (МП).

СРПТ-1 становить собою адаптивний до завад та шумів пороговий обмежувач вхідних імпульсів $x_{\text{вх}}$ [2]. Він забезпечує виявлення поодиноких сигналів на фоні протяжних за дальністю завад. Це можуть бути відбиття від МП, гідрометеорів або імпульсні завади, тривалість яких значно перевищує тривалість сигналів відбиття. За принципом дії СРПТ є пристроєм автоматичного регулювання порога. Його робота ґрунтується на визначенні усередненого значення фону на певному інтервалі дальності окіл поточної точки аналізу і порівнянні значення вхідного сигналу в цій точці зі збільшеним у k_y разів значенням усередненого фону, де k_y – пороговий коефіцієнт. Усереднення фону здійснюють методом “ковзного вікна” (методом Хабборда). Принцип роботи цього стабілізатора проілюстровано на рис. 2.

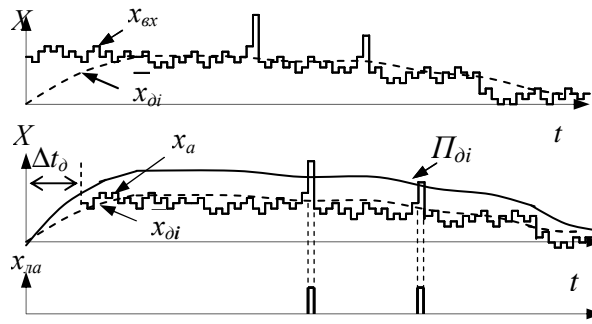


Рис. 2. Ілюстрації роботи пристрою СРПТ-1

Імпульси $x_{\text{вх}}$, що перевищили поріг $\Pi_{\text{дi}}$ стабілізатора і затрималися на деякий дискрет $\Delta t_{\text{д}}$ часу усереднення $x_{\text{ла}}$, подаються до ОС. Затриманий на $\Delta t_{\text{д}}$ сигнал $x_{\text{а}}$ є вхідним сигналом для КФФПЗ. Одночасно результати усереднення $\bar{x}_{\text{дi}}$ за часом у СРПТ-1 цифрового сигналу $x_{\text{а}}$ подаються на КФФПЗ.

Завдяки наявності в амплітудному каналі приймача логарифмічного амплітудного детектора (або логарифмічного підсилювача на проміжній частоті) за допомогою стабілізатора СРПТ-1 вдається виділяти імпульси літаків як у дальній зоні (на фоні шумів), так і в ближній зоні посадки (на фоні МП) шляхом усереднення фону методом “ковзного вікна” $\bar{x}_{\text{дi}}$ і використання різних значень порогового коефіцієнта в стробі МП $k_{\text{бз}}$ (у ближній зоні) і за його межами $k_{\text{дз}}$ (у дальній зоні) при формуванні порогу $\Pi_{\text{дi}}$ обмеження:

$$\begin{aligned} k_{\text{бз}} &= 1,1 \leftrightarrow 1,5, & k_{\text{дз}} &= (2 \leftrightarrow 3) \cdot k_{\text{бз}}, \\ \Pi_{\text{дi}}^{\text{бз}} &= \bar{x}_{\text{дi}} \cdot k_{\text{бз}}, & \Pi_{\text{дi}}^{\text{дз}} &= \bar{x}_{\text{дi}} \cdot k_{\text{дз}}. \end{aligned} \quad (1)$$

Таким чином, з виходу СРПТ-1 знімаються три цифрові сигнали:

$x_{\text{а}}$ – затриманий на $\Delta t_{\text{д}}$ сигнал $x_{\text{вх}}$;

$x_{\text{ла}}$ – імпульси віддзеркалень, що перевищили адаптивний поріг обмеження;

$\bar{x}_{\text{дi}}$ – результати усереднення віддзеркалень методом “ковзного вікна”.

Сигнали x_a та $\bar{x}_{\partial i}$ використовуються каналом КФФПЗ, а $x_{\text{ла}}$ є вихідним цифровим сигналом амплітудного каналу приймача, що подається до ОС.

КФФПЗ включає картограф місцевих предметів (КМП) і формувач фону місцевих предметів (ФФМП). Включення до складу ПРЛ цього каналу обумовлено доцільністю відображення і виділення на моніторі контурів фону МП і віддзеркалень від метеохмар, а також виявлення і виділення на цьому фоні імпульсів літаків, тобто сприяє рішенню завдання псевдоселекції рухомих цілей.

КМП призначений для отримання карти МП $X_{\text{мп}}$ та виявлення імпульсів літаків і яскравих нерухомих об'єктів (кутикових відбивачів, металізованих об'єктів) $x_{\text{лмп}}$ на фоні віддзеркалень від МП. Для цього використовують амплітудні та просторові розбіжності між імпульсами літаків і пасивними завадами типу МП.

Для формування карти МП необхідно знайти середні рівні сигналів амплітудного каналу x_{ex} , затриманих у СРПТ-1 на декілька тактів $\Delta t_{\partial} - x_a$, протягом кожного інтервалу дальності ΔD_{∂} та кожного кутового сектора: за курсом $\Delta \beta_{\partial}$ або за глісадою $\Delta \epsilon_{\partial}$. Для цього пропонуємо використовувати значення середніх рівнів $\bar{x}_{\partial i}$ амплітудних сигналів x_a , отриманих у пристрої СРПТ-1. Принцип роботи пристроїв КФФПЗ проілюстровано на рис. 3.

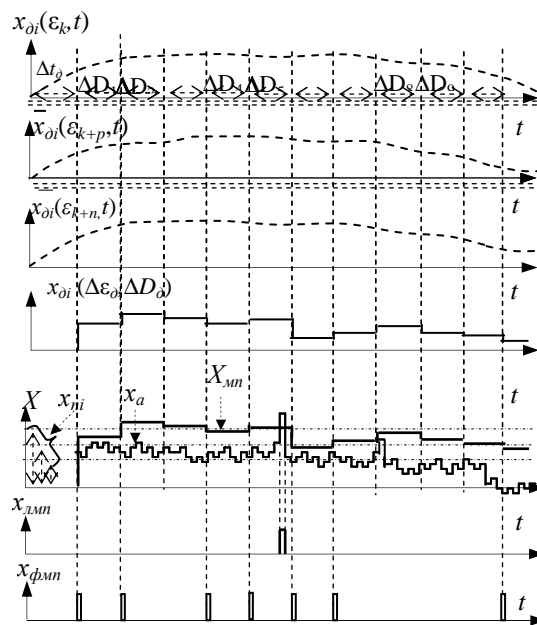


Рис. 3. Ілюстрації роботи пристроїв КФФПЗ

Для формування порогів обмеження у стробі МП і за його межами в КМП також необхідно використовувати різні значення порогового коефіцієнта k_{n1} (ближня зона) і k_{n2} (дальня зона) за аналогічним з (1) принципом. Згідно з призначенням КМП має два виходи: вихід карти МП $X_{\text{мп}}$ та вихід $x_{\text{лмп}}$ імпульсів віддзеркалень, які виявлені на фоні карти МП. Принцип формування $X_{\text{мп}}$ для каналу глісади можна описати виразом:

$$X_{\text{мп}}(N_{\epsilon}, N_D) = k_{n1(2)} \cdot \bar{x}_{\partial i}(\Delta \epsilon_{\partial}, \Delta D_{\partial}) = k_{n1(2)} \cdot \sum_{k=1}^{N_{\epsilon}} \sum_{m=1}^{N_D} x_{\partial i}(k, m), \quad (2)$$

де N_ϵ та N_D – кількість періодів зондування в кутовому секторі $\Delta\epsilon_\delta$ усереднення та кількість дискретів дальності на інтервалах ΔD_δ усереднення.

Принцип визначення результатів дискретного усереднення за $\Delta\epsilon_\delta$ і ΔD_δ значень $\overline{x_{\delta i}}(\Delta\epsilon_\delta, \Delta D_\delta)$ середніх рівнів амплітудних сигналів в алгоритмі (2) проілюстровано першими зверху чотирма часовими діаграмами. Шляхом множення значень $\overline{x_{\delta i}}(\Delta\epsilon_\delta, \Delta D_\delta)$ на пороговий коефіцієнт $k_{n1(2)}$ отримуємо карту МП X_{mn} (п'ята діаграма), а сигнали x_a , що перевищили рівень X_{mn} , надходять до ОС (шоста діаграма x_{lmn}).

Сигнал X_{mn} надходить на ФФМП, який перетворює карту МП відповідно до фону МП x_{fmn} . Для забезпечення спільного відображення цього фону без заважаючого впливу на відображення імпульсів літаків на екрані монітору фон МП формується у вигляді контурів карти МП (сьома діаграма x_{fmn}). Для цього карта МП порівнюється з пороговими рівнями x_{ni} (п'ята діаграма). Схемні пропозиції щодо побудови амплітудних каналів КОСАК та КФФПЗ викладено в роботі [4].

При модернізації ПРЛ пропонуємо зберегти традиційний режим використання ПРЛ для аналізу погодних умов шляхом відображення на індикаторі відбитих імпульсів x_a амплітудного каналу. Такий режим на схемі відображено подачею на суматор Σ імпульсів амплітудного каналу x_a . Ці імпульси надходять на вимірювач координат ВК-1 у режимі роботи (РР) “Погода”.

КАС здійснює обробку РЛІ одного літака, виділеного первинним стробом введення $\tau_{\text{вв}}$ в автосупроводження (АС). Строб введення $\tau_{\text{вв}}$ за сигналами управління оператора формується вимірювачем координат літака ВК-2 за сигналами цього каналу. Подальші строби АС формуються в КАС. На цей канал покладено завдання виявлення, виділення й обробки сигналів одного літака поблизу розрахункової точки посадки (РТП), що безпосередньо здійснює посадку. До особливостей КАС як пристрою СРЦ належить реалізація доплерівської фільтрації квадратурних сигналів x_c , x_s з максимально можливою кількістю фільтрів та обмеженим стробом інтервалу часу.

Для досягнення високої точності вимірювання кутових координат літака у ВК-2 реалізовано оптимальний алгоритм обробки кодів x_{lac} сигналів КАС за принципом пошуку кутової координати центру ваги пачки вхідних імпульсів. Обробка пристроєм КАС сигналів лише одного літака дозволяє в сотні раз скоротити необхідний об'єм пам'яті проміжних та кінцевих результатів обробки РЛІ літака й істотно знизити вимоги до швидкодії цифрової апаратури каналу. Пропозиції щодо побудови й алгоритмів роботи КАС авторами планується викласти у наступних роботах.

До каналу ЧПК входить черезперіодний компенсатор ЧПК і стабілізатор СРПТ-2. Цей канал вирішує завдання СРЦ у всій робочій дальності (режим СРЦ) локатора або в ближній зоні (режим ПАС + СРЦ) традиційним способом: шляхом черезперіодного віднімання цифрових квадратурних сигналів x_c , x_s фазового каналу приймача та їх відповідної подальшої обробки і відображення, а також шляхом вобуляції періоду зондування для подавлення сліпих швидкостей при СРЦ. Після обробки квадратурних

сигналів x_c і x_s у ЧПК його вихідні імпульси $x_{лф}$ проходять адаптивний до шумів поріг обмеження, сформований стабілізатором СРПТ-2, і через ОС та пристрій критерійної обробки (виявлення) “ k/n ” подаються на ВК-1.

Наявність двох каналів СРЦ, які працюють на різних принципах, зумовлює необхідність використання синхронізатора С, що формує імпульси запуску “Зап.” з періодами повторення, які відповідають оптимальній роботі як каналу ЧПК, так і каналу АС. Команди управління щодо зміни значень періодів повторення формуються в КАС. На синхронізатор покладено також завдання формування тактових імпульсів $T_{1,2}$ для цифрової апаратури ПРЛ.

Уточнимо принципи вибору тривалості й розміщення на інтервалі кожного періоду строба введення в АС $\tau_{\text{вв}}$ і наступних стробів $\tau_{\text{ас}}$ АС. Завдання розміщення строба $\tau_{\text{вв}}$ вирішує оператор шляхом накладання за допомогою органів управління строба на координатну мітку, отриману ВК-1. Тривалість $\tau_{\text{вв}}$ строба повинна перекивати найбільшу дальність ΔD_m можливого переміщення літака за період оновлення $T_{\text{он}}$ інформації. Для кожного типу ЛА відомі допустимі значення швидкостей посадки на відповідних відстанях літака від РТП. Тому при розрахунку необхідного значення строба $\tau_{\text{вв}}$ введення в АС необхідно взяти найбільшу можливу швидкість посадки V_n на дальності введення в АС і користуватися такими умовами розрахунку:

$$\tau_{\text{вв}} \geq \frac{2\Delta D_m}{C} + 2\tau_i = \frac{2V_n T_{\text{он}}}{C} + 2\tau_i, \quad (3)$$

де $T_{\text{он}}$ – періодичність оновлення результатів вимірювань, пов’язана зі швидкістю сканування антен;

τ_i – тривалість імпульсів зондування;

C – швидкість світла.

Припустимо, що на дальності $D_{\text{вв}} = 10$ км введення в АС літак має швидкість $V_n = 500$ км/год. Для ПРЛ систем посадки можна прийняти: $\tau_i = 0,4$ μs , $T_{\text{он}} = 1,2$ с. Підставляючи ці значення в (3), отримаємо $\tau_{\text{вв}} \geq 1,92$ μs , тоді нехай

$$\tau_{\text{вв}} = 2 \mu\text{s}. \quad (4)$$

Розрахунок тривалості стробів АС $\tau_{\text{ас}}$ пропонуємо здійснювати за аналогічним з (3) виразом:

$$\tau_{\text{ас}} = \frac{2V_l T_{\text{он}}}{C} + 2\tau_i. \quad (5)$$

Вираз (5) свідчить, що для формування оптимальних (мінімально можливих) значень тривалостей стробів $\tau_{\text{ас}}$ необхідно вимірювати швидкість V_l літака й оперативно змінювати значення тривалості стробів $\tau_{\text{ас}}$. Розв’язання цієї задачі необґрунтовано ускладнить роботу формувача стробів з урахуванням того, що в міру наближення літака до РТП його швидкість зменшується до оптимального для кожного типу літаків значення і

далі підтримується фіксованою. Тобто швидкість літака V_L відносно початкової швидкості V_n задовольняє умову $V_L \leq V_n$. Тому доцільно тривалість стробів τ_{ac} , заздалегідь розраховану за формулою (5) для дискретних значень швидкостей $V_{oi}, i = 1, 2, 3, \dots$, зберігати в чарунках пам'яті КАС з подальшим використанням.

Уточнимо призначення і функціональні зв'язки пристроїв КОС.

На ОС надходять імпульси літаків та яскравих предметів, виділених будь-яким каналом цифрової апаратури обробки сигналів амплітудного та фазового каналів приймача.

Об'єднування сигналів виконується залежно від погодних умов та бажань оператора. Для цього формується ряд сигналів управління РР.

У простих метеоумовах використовується на вибір оператора один із трьох режимів роботи ПРЛ: ПАС, СРЦ або ПАС + СРЦ. При цьому пропонуємо в цих режимах відображати на моніторі таку інформацію:

у режимі ПАС – імпульси $x_{ла}$, що перевищили поріг СРПТ-1, та імпульси $x_{лмп}$, що перевищили поріг КМП;

у режимі СРЦ – імпульси $x_{лф}$ каналу ЧПК;

у режимі ПАС + СРЦ – у ближній зоні (у стробі τ_{mn}) режим ПАС, а в дальній зоні імпульси $x_{лф}$ каналу ЧПК.

У всіх цих режимах доцільно відображати на моніторі імпульси $x_{фмп}$ контурів карти МП.

У складних погодних умовах або за рішенням оператора в цих режимах у роботу включається КАС і його сигнали додатково відображаються на моніторі. На рис. 4 проілюстровано принцип такого об'єднання в ОС вхідних сигналів у названих режимах.



Рис. 4. Ілюстрації сигналів відображення в режимах роботи первинного каналу ПРЛ

Згідно зі схемою (рис. 1) сигнал з виходу ОС надходить до пристрою виявлення “ k/n ”, а також подається до КАС для прив'язки строба введення в АС $\tau_{ев}$ до імпульсу обраного літака.

Пристрій виявлення “ k/n ” у кожному дискреті дальності виконує оброблення пачок вихідних імпульсів ОС по критерію “ k/n ”. Для вибору значень k і n потрібно знати можливі розміри n_n пачок імпульсів на вході пристроїв виявлення.

Кількість імпульсів пачок на вході пристрою критерійної обробки за курсом $n_{нв}$ і за кутом місця $n_{не}$ можна описати такими виразами:

$$n_{n\beta} = \frac{\beta_n \Delta t_{p\beta}}{\Delta \beta_p T_n}, \quad n_{n\epsilon} = \frac{\epsilon_n \Delta t_{p\epsilon}}{\Delta \epsilon_p T_n}, \quad (6)$$

де β_n, ϵ_n – ширина променів (кутів спостереження) антен курсу і глісади в площинах сканування для відповідного порога Π_δ обмеження стабілізаторів СРПТ-1 або СРПТ-2;

$\Delta \beta_p, \Delta \epsilon_p$ – робочі сектори сканування антен курсу і глісади;

$\Delta t_{p\beta}, \Delta t_{p\epsilon}$ – тривалість часу проходження (опромінювання) антенами робочих секторів;

T_n – значення періоду надходження вхідних імпульсів.

На рис. 5 проілюстровано фізичний сенс і значення окремих параметрів виразів (6) для діаграм спрямованості (ДС) антен курсу і глісади $F(\theta)$ ПРЛ.

Для розрахунку розмірів пачок (4) прийемо, що на максимальній дальності дії ПРЛ $D_{\max} = 20$ км поріг обмеження має значення $\Pi_\delta \approx 0,707$, тобто розмір пачки (6) залежить від ширини променів.

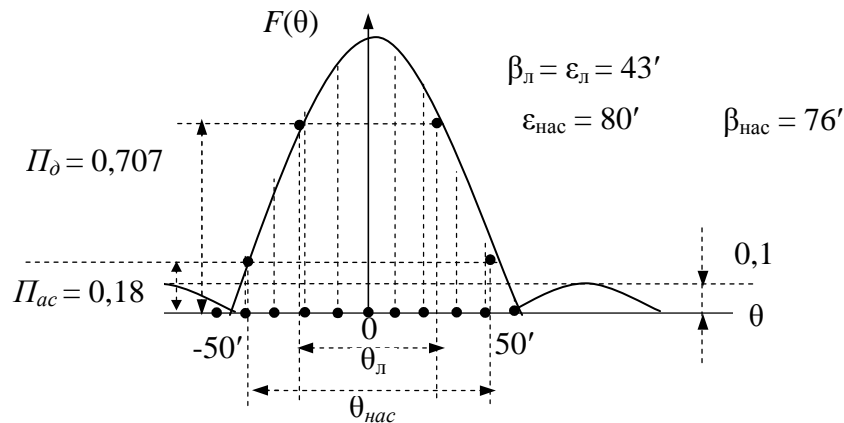


Рис. 5. Ілюстрації зв'язку порога обмеження Π_δ , ширини ДС $\theta_{\text{л}}$ та кута спостереження $\theta_{\text{нас}}$

Тоді на дальності введення літака в АС $D_{\text{вв}} = 10$ км поріг обмеження прийме таке значення:

$$\Pi_{\text{вв}} = \frac{0,707}{4} \approx 0,18. \quad (7)$$

Прийmemo, що на дальностях АС

$$D_{\text{л}} \leq D_{\text{вв}} = 10 \text{ км} \quad (8)$$

починає діяти схема часового автоматичного регулювання підсиленням приймача. Тому можна вважати, що для дальностей (8) зберігається поріг обмеження (7).

Для ПРЛ маємо $\beta_{\text{л}} = \epsilon_{\text{л}} = 43'$. При цьому кути спостереження β_n, ϵ_n на дальностях (8), виміряні за ДС на рівнях (7), мають приблизно такі значення:

$$\beta_n \approx 76', \quad \epsilon_n \approx 80'. \quad (9)$$

Маємо $\Delta t_{p\beta} = \Delta t_{p\epsilon} = 0,6\text{с}$, $\Delta\beta_p = 30^\circ$, $\Delta\epsilon_p = 9^\circ$ і для розрахунків $n_{n\beta}$ і $n_{n\epsilon}$ приймемо таке значення періоду зондування $T_n = 0,42 \cdot 10^{-3}\text{с}$.

Для цих значень параметрів згідно з виразами (6) на дальності $D_{\max} (\beta_H = \epsilon_H = 43')$ можна отримати такі розміри пачок $n_{n\beta}$ і $n_{n\epsilon}$:

$$n_{n\beta} = 34, \quad n_{n\epsilon} = 114, \quad (10)$$

а аналогічні розміри пачок $n_{n\beta}^{ac}$ і $n_{n\epsilon}^{ac}$ для кутів (9) (на дальностях (8)) будуть мати такі значення:

$$n_{n\beta}^{ac} \approx 60, \quad n_{n\epsilon}^{ac} \approx 210. \quad (11)$$

Таким чином, розміри пачок (11) на дальностях (8) відносно дальності 20 км можуть зростати до двох разів. Такі розміри дозволяють у КАС використати когерентні накопичувачі зі збільшеним числом доплерівських до 12 для підвищення захищеності каналу від пасивних та шумових завад. При цьому розміри (кількість імпульсів) пачок (11) на виході КАС зменшаться в 12 разів. Тому на виході КАС в пристрої критерійної обробки доцільно використати логіку “2/3” (рис. 1).

Для пристрою критерійної обробки “ k/n ” сигналів на виході ОС прийнятними логіками можуть бути “4/6”, “3/4”, “5/6” тощо.

З виходу пристрою “ k/n ” через суматор Σ сигнали подаються на ВК-1 і відображаються на моніторі. У суматорі Σ до імпульсів пристрою “ k/n ” додаються імпульси пристрою “2/3”, який виявляє наявність цифрових кодів імпульсів на виході КАС, перетворених пристроєм “ x_{1t} ” у послідовність логічних одиниць. Одночасно імпульси “2/3” надходять до ВК-2 для формування сигналу дозволу на обробку сигналів $x_{лас}$ каналу АС.

Обґрунтуємо необхідність використання окремого вимірювача координат ВК-2 літака за сигналами КАС.

При управлінні посадкою літака для виправлення екіпажем помилок пілотування на борт передається координатна інформація у формі лінійних відхилень у двох площинах літака від заданої лінії посадки (ЗЛП), а також відстані літака до РТП. Для виключення операторної помилки вимірювання за екраном індикатора і помилки такого перерахунку координат необхідно завдання вимірювання і перерахунку координат покласти на вимірювач координат, яким є окремий вимірювач ВК-2. Крім цього, для досягнення високої точності вимірювання координат літака за сигналами КАС доцільно реалізовувати спеціальні алгоритми обробки вихідних сигналів когерентного накопичувача.

На завершення характеристики структурної схеми (рис. 1) зазначимо, що виміряні координати літаків вимірювачами ВК-1 та ВК-2 доцільно відображати на моніторі ПРЛ біля координатних міток у формі формулярів і передавати лінією трансляції на автоматизований командно-диспетчерський пункт з аналогічним відображенням координат на виносному моніторі. При цьому відносні координати літака у формі лінійних відхилень від ЗЛП та відстані від РТП засобами радіозв'язку оператор передає на борт для прийняття екіпажем рішення щодо усунення помилок пілотування.

Висновки. У статті запропоновано склад, принципи будови та роботи пристроїв цифрової обробки сигналів амплітудного та фазового каналів приймача удосконаленого ПРЛ для забезпечення посадки літаків у поганих погодних умовах. У наступних роботах автори статті планують розробити адаптивний алгоритм когерентного накопичення віддзеркалень та зчитування імпульсів накопичення з доплерівських фільтрів з метою досягнення високих точностей вимірювання кутових координат літака.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рисаков М. Д. Посадковий радіолокатор з адаптивним настроюванням когерентного накопичувача / М. Д. Рисаков, І. В. Тітов, С. А. Макаров // Системи озброєння і військова техніка : наук. журнал. – Х. : ХУПС, 2010. – Вип. 2 (22) . – С. 143–148.
2. Особенности построения радиолокационного посадочного комплекса для автоматизированного управления посадкой самолета / Н. Д. Рысаков, И. В. Титов, В. В. Куценко, А. П. Кулик // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України : наук. журнал. – Х. : ХУПС, 2011. – Вип. 2 (6) . – С. 115–120.
3. Обоснование возможных принципов построения высокоточного радиолокационного посадочного комплекса с каналом автоматической передачи на борт координатной информации на заключительном этапе посадки / Н. Д. Рысаков, И. В. Титов, А. П. Кулик, В. Г. Карев // Системи управління, навігації та зв'язку : зб. наук. праць. – К. : ЦНДІ НіУ, 2012. – Вип. 1 (21), Т. 2. – С. 62–67.
4. Рысаков Н. Д. Алгоритм расчета оптимальных значений весовых коэффициентов для когерентного накопления отражений / Н. Д. Рысаков, В. В. Куценко // Известия ВУЗов. Радиоэлектроника. – К., 2015. – Т. 58, № 5. – С. 58–64.
5. Методика обґрунтування вимог до посадочного радіолокатора щодо точності вимірювання координат для забезпечення посадки літаків при мінімумах погоди І та ІІ категорій / М. Д. Рисаков, І. В. Тітов, І. Л. Костенко та ін. // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України : наук. журнал. – Х. : ХУПС, 2015. – Вип. 1 (38) . – С. 35–41.

Подано 05.11.2015

Н. Д. Рысаков, И. Л. Костенко, С. Н. Рот, В. Г. Карев, А. П. Кулик

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО НАПРАВЛЕНИЙ
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОСАДОЧНЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ ДЛЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОСАДКИ САМОЛЕТОВ В СЛОЖНЫХ ПОГОДНЫХ
УСЛОВИЯХ**

В работе проанализированы возможность, целесообразность модернизации посадочных радиолокаторов с аналоговой обработкой сигналов отражения и предложены направления их усовершенствования путем перехода к цифровой обработке сигналов для обеспечения посадки самолетов тактической авиации Воздушных Сил в сложных погодных условиях. Рассмотрены принципы построения и работы устройств цифровой обработки сигналов амплитудного и фазового каналов приемника локатора. Обоснована целесообразность получения и отображения на мониторе локатора контуров

отражений разной интенсивности от местных предметов. Предложен принцип расчета размера пачки импульсов отражения для разных удалений самолета.

N. D. Rysakov, I. L. Kostenko, S. N. Rot, V. G. Karev, A. P. Kulik

PROPOSITIONS FOR IMPROVEMENT DIRECTIONS OF LANDING RADAR FOR AIRCRAFT LANDING IN DIFFICULT WEATHER CONDITIONS

The paper analyses the possibility, expedience and directions of landing radar systems modernization with analog reflection signal processing by the transition to digital signal processing for landing Air Forces tactical aviation aircrafts in difficult weather conditions. The principles of construction and operation of digital signal processing devices of amplitude and phase channels of the locator receiver are proposed. The expedience of obtaining and displaying local objects reflections of varying intensity on the circuits monitor is grounded. The principle of calculating the reflection impulse bursts size for different aircraft remoteness is proposed.