

М.Д. Рисаков<sup>1</sup>, О.П. Кулик<sup>1</sup>, І.Л. Костенко<sup>1</sup>, С.М. Блащук<sup>1</sup>, О.І. Воронін<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

<sup>2</sup>Національна академія Національної гвардії України, Харків

## ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВОГО ДИФЕРЕНЦІЮВАННЯ ВІДЕОІМПУЛЬСІВ У ПОСАДКОВОМУ РАДІОЛОКАТОРІ ДЛЯ СУТТЄВОГО ПОСЛАБЛЕННЯ ВПЛИВУ ПАСИВНИХ ЗАВАД

У роботі обґрунтовується доцільність реалізації у посадкових радіолокаторах (ПРЛ) цифрового диференціювання відеоімпульсів приймача з метою послаблення маскуванню пасивними завадами сигналів від повітряних суден та яскравих місцевих предметів на індикаторі ПРЛ на заключному етапі посадки. Пропонується принцип реалізації цифрового диференціювання відеоімпульсів приймача при впровадженні у ПРЛ цифрового каналу обробки і відображення радіолокаційної інформації. Надається порівняльна характеристика ефективності використання аналогового та цифрового диференціювання щодо послаблення впливу пасивних завад на імовірність виявлення і спостереження сигналів від повітряних суден на індикаторі ПРЛ на заключному етапі посадки.

**Ключові слова:** посадковий радіолокатор, селекція рухомих цілей, пасивні завади, місцеві предмети, диференціювання відеоімпульсів.

### Вступ

**Постановка проблеми.** У ПРЛ з аналоговою обробкою сигналів віддзеркалення для суттєвого послаблення впливу пасивних завад (ПЗ) використовуються компенсатори пасивних завад (КПЗ), які виконують селекцію рухомих цілей (СРЦ) шляхом віднімання із сигналів поточного періоду фазових каналів приймача сигналів попереднього періоду. У таких КПЗ для затримки сигналів на період повторення використовуються ультразвукові лінії затримки. На теперішній час такі елементи КПЗ виробили свій ресурс і часто виходять із ладу. Неможливість закупівлі і їх відсутність у складі запасних інструментів та приладдя призводить до того, що часто у ПРЛ канал СРЦ буває несправним і тому використовуються тільки сигнали амплітудного каналу. У таких випадках при удосконаленні амплітудних каналів обробки сигналів радіолокатора доцільно передбачити можливість послаблення впливу ПЗ на відображення сигналів повітряних суден (ПвС) і збереження на індикаторі контурів міток місцевих предметів у зоні посадки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботах [1–2] підкреслюється, що етап посадки ПвС відноситься до одного з найбільш складних етапів польоту з точки зору забезпечення безпеки польотів. З цього випливає необхідність покращення точностних характеристик посадочних систем. У роботах [3–4] розглянуто спосіб адаптивної цифрової фільтрації прямокутного радіоімпульсу на проміжній частоті, який покращує умови його виявлення. При цьому вважається, що доцільним є використання ко-

ротких гладких радіоімпульсів [5]. Такі імпульси використовуються також у ПРЛ. Тому у ПРЛ доцільно реалізовувати адаптивну цифрову обробку і відображення імпульсів віддзеркалення. З аналізу перспектив розвитку способів дій і озброєння засобів повітряного нападу [6–8] та систем забезпечення управління повітряним рухом випливає необхідність забезпечення безпечної посадки ПвС у складних метеорологічних умовах (СМУ). Це обумовлює необхідність удосконалення посадочних систем. У роботах [9–12] аналізуються статистичні характеристики сигналів віддзеркалення і пропонуються правила виявлення сигналів ПвС. У роботах [13–14] обґрунтовується доцільність і напрямки удосконалення ПРЛ для автоматизованого управління посадкою ПвС. З аналізу перелічених публікацій випливає доцільність вирішення окремих завдань удосконалення ПРЛ.

**Метою статті** є обґрунтувати доцільність і запропонувати принцип реалізації цифрового диференціювання відеоімпульсів приймача при впровадженні в ПРЛ цифрового каналу обробки і відображення радіолокаційної інформації.

### Виклад основного матеріалу

Необхідність послаблення впливу ПЗ стає більш важливою у СМУ, коли до сигналів від місцевих предметів (МП) додаються віддзеркалення від метеорологічних утворень. У той же час віддзеркалення від МП, що відображаються на індикаторах ПРЛ, для керівника зони посадки (КрЗП) слугують додатковими орієнтирами щодо місця знаходження ПвС у зоні посадки. Одночасно на окремих відда-

леннях некомпенсовані віддзеркалення від МП маскують мітку ПвС, що призводить до похибок у вимірюванні їх координат або ж робить зовсім неможливим здійснення таких вимірювань.

На рис. 1 наведено знімок індикаторів ПРЛ-10МН у простих метеорологічних умовах.

З рисунку видно, що навіть у цих умовах на віддаленнях 1–4 км від розрахункової точки посадки (РТП) окремі ділянки зони посадки на екранах індикаторів істотно засмічуються віддзеркаленнями від МП, що може спричинити суттєве збільшення помилки КрЗП при визначенні координат ПвС.

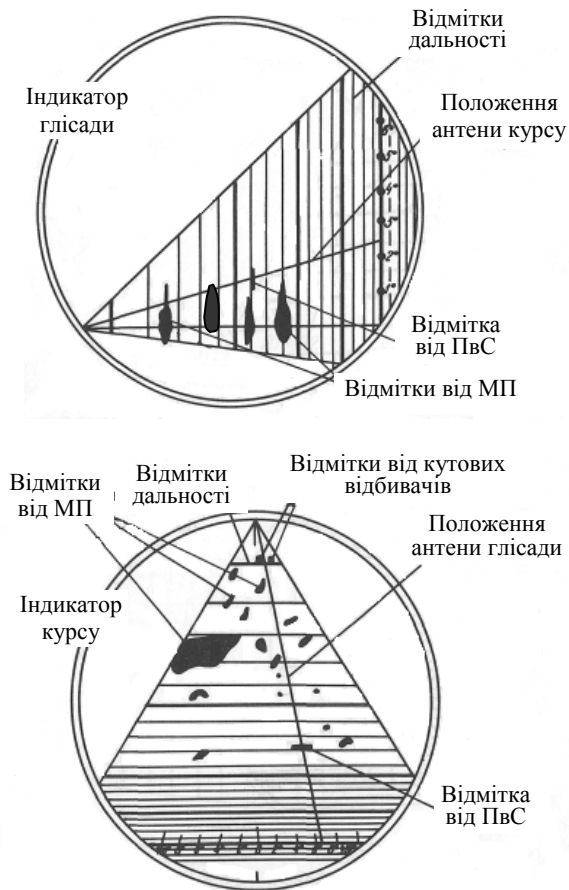


Рис. 1. Вигляд індикаторів ПРЛ-10МН у простих метеорологічних умовах

У ПРЛ, який забезпечує КрЗП координатною інформацією ПвС в ближній зоні [10], через маскування відміток від ПвС віддзеркаленнями від МП та метеорологічних утворень [9–10] ускладнюється можливість їх спостереження. Тому доцільним є послаблення впливу маскування відміток від ПвС віддзеркаленнями від МП. Для цього пропонується реалізувати цифрове диференціювання відеосигналу (ВС) приймача.

Варто згадати, що метод диференціювання ВС почав використовуватись понад 50 років тому у локаторах лише з амплітудним каналом приймача (наприклад, в оглядовій РЛС П-35). Структурна схема і принцип роботи пристрою диференціювання ВС

ілюструється на рис. 2. До складу пристрою входять: ланцюжок диференціювання (ЛД), амплітудний обмежувач (АО) та перемикач режимів – “Ампл” (амплітудний) – “Диф.” (диференціювання).

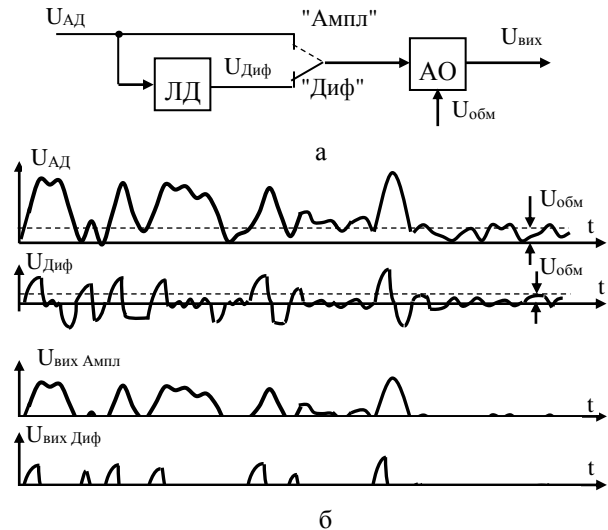


Рис. 2. Структурна схема та ілюстрації принципу роботи аналогового пристрою диференціювання

На рис. 2 епюрами напруги  $U_{AD}$ ,  $U_{Диф}$  і двома епюрами  $U_{вих}$  ілюструється принцип обробки сигналу  $U_{AD}$  у цих режимах. Для режиму “Диф” вихідний сигнал  $U_{вих}$  можна описати виразом:

$$U_{вих} = \frac{d}{dt} U_{AD} - U_{обм}. \quad (1)$$

Диференціювання сигналу  $U_{AD}$  у режимі “Диф” виконується RC ланцюжком диференціювання. Тобто у режимі “Диф” на АО подається сигнал  $U_{AD}$ , що пройшов ЛД.

У режимі “Ампл” сигнал  $U_{AD}$ , що знімається з виходу амплітудного каналу, подається безпосередньо до АО, де амплітуда сигналу обмежується на рівні порогу обмеження  $U_{обм}$ , який може регулюватись оператором. Вихідний сигнал  $U_{вих}$  у цьому режимі пов'язаний із вхідним виразом:

$$U_{вих} = U_{AD} - U_{обм}. \quad (2)$$

З ілюстрацій на рис. 2 (епюри  $U_{вих}$ ) видно, що у режимі “Диф” інтенсивність віддзеркалень від МП у декілька разів менше ніж у режимі “Ампл”. Таке явище зберігається при цифровій обробці ВС амплітудного каналу. Разом з тим реалізація цифрового диференціювання (ЦД) і відображення ВС дозволяє досягнути кращих показників компенсації впливу

ПЗ на точність відображення і вимірювання координат ПвС у зоні посадки. Обґрунтуємо таке твердження.

На рис. 3 представлено принцип цифрової обробки ВС ПРЛ з реалізацією цифрового диференціювання у вигляді структурної схеми пристрою у складі: аналого-цифрового перетворювача (АЦП), лінії затримки (ЛЗ) на два дискрети часу  $\Delta t$ , пристрій віднімання  $\Delta_0$  з прямого сигналу  $U_{кв}(\Delta t)$  затриманого сигналу  $U_{затр}$ , обмежувач  $\Delta_n$  сигналу на рівні порогу  $U_{пор} = \Delta U$ , двох формувачів адаптивних порогів (ФАП) обмеження  $u_{n1}$  та  $u_{n2}$ , формувачів вихідних сигналів в режимі диференціювання  $\Delta 1$  та амплітудному режимі  $\Delta 2$  у вигляді пристроїв віднімання із сигналів порогового рівня та перемикача вихідних сигналів цих режимів.

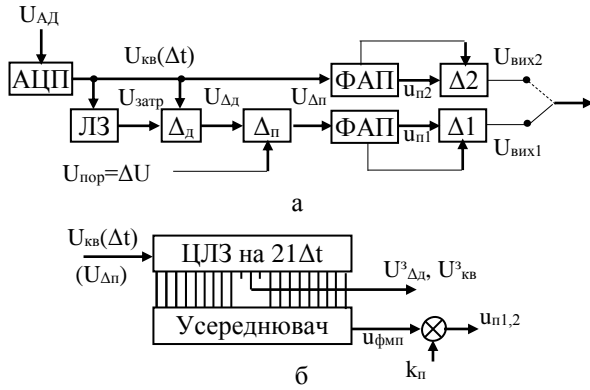


Рис. 3. Структурна схема пристрою цифрового диференціювання ВС

Таким чином, першим елементом схеми пристрою диференціювання є АЦП, який виконує амплітудне квантування і дискретизацію за часом  $\Delta t$  ВС амплітудного каналу. Обґрунтуємо доцільні значення параметрів амплітудного кванту  $\Delta U$  і  $\Delta t$ .

Згідно теореми Котельникова – Шеннона будь-який безперервний сигнал  $U(t)$  з обмеженою областю існування спектра  $\Delta f$  можна описати рядом

$$U(t) = \sum_{k=-\infty}^{k=\infty} U(k\Delta t) \frac{\sin[\pi\Delta f(t-k\Delta t)]}{\pi\Delta f(t-k\Delta t)}, \quad (3)$$

$$\Delta t \leq \frac{1}{2\Delta f}, \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

Ефективна ширина спектра  $P_{ef}$  відеоімпульсу гаусової форми [3; 10–11] становить:

$$P_{ef} = \Delta f \approx 1/\tau_i.$$

Тоді згідно (3) інтервал дискретизації повинен задовольняти умові:

$$\Delta t \leq \frac{1}{2\Delta f} \frac{\tau_i}{2}. \quad (4)$$

З урахуванням того, що для ПРЛ-10МН  $\tau_i \geq 4$  мкс [12] згідно (4) значення дискрету доцільно вибирати з умов:  $\Delta t \leq 2$  мкс. Пропонується прийняти:

$$\Delta t = 1 \text{ мкс.}$$

Значення амплітудного кванту  $\Delta U$  ВС необхідно вибирати з умов збереження динамічного діапазону приймача і не погіршення відношення “сигнал/шум” [3].

Відомо, що при квантуванні аналогових сигналів виникають так звані шуми квантування, дисперсія (потужність)  $\sigma_{кв}^2$ , яких пов’язана з квантом  $\Delta U$  і визначається формулою:

$$\sigma_{кв}^2 = \frac{\Delta U^2}{12}. \quad (5)$$

Означені шуми додаються до власних шумів  $\sigma_{ш}$  приймача ( $\sigma_{\Sigma}^2 = \sigma_{ш}^2 + \sigma_{кв}^2$ ) і погіршують відношення “сигнал/шум”. Тому величину  $\Delta U$  необхідно вибирати з умови:  $\sigma_{кв}^2 \ll \sigma_{ш}^2$ .

Якщо величину  $\Delta U$  вибрати меншою у два рази від шумів  $\sigma_{ш}$  ( $\Delta U = \sigma_{ш}/2$ ), то потужність шумів квантування:

$$\sigma_{кв}^2 = \frac{\Delta U^2}{12} = \frac{\sigma_{ш}^2}{48} \ll \sigma_{ш}^2 \quad (6)$$

буде значно меншою ніж потужність власних шумів приймача. Таке значення шумів квантування погіршення відношенню “сигнал/шум” практично не завдасть.

Очевидно, що при рівні обмеження ВС амплітудного приймача  $U_{обм}$  потрібне число рівнів квантування  $N_{кв} = U_{обм}/\Delta U = U_{обм}/(\sigma_{ш}/2)$  для обраної величини кванта  $\Delta U = \sigma_{ш}/2$  пов’язано з динамічним діапазоном  $D$  приймача виразом:

$$N_{кв} = \lceil 2\sqrt{2D} + 1 \rceil, \quad (7)$$

де  $D = P_{max}/P_{min} = U_{обм}^2/2\sigma_{ш}^2$ ;  $P_{max}$  – максимальне значення потужності сигналу прийому, що обробляється приймачем;  $P_{min}$  – чутливість приймача.

Знаючи необхідну кількість рівнів квантування

$N_{кв}$ , можемо визначити необхідну розрядність  $r$  АЦП:

$$r = \lceil \log_2 N_{кв} + 1 \rceil. \quad (8)$$

Для типового значення (для ПРЛ) динамічного діапазону приймача  $D = 50$  дБ ( $D = 100000$ ) згідно виразу (7) і виразу (8) отримаємо необхідну розрядність АЦП:  $r = 10$ .

Будемо вважати, що при реалізації методу цифрового диференціювання в АЦП виконуються умови  $\Delta t \leq 2$  мкс і  $r \geq 10$ . Дійсно, при  $r = 10$  можливе число квантів (один знаковий розряд) приймає значення:

$$N_{кв} = (2^r - 1) = 1023.$$

Повернемося до розгляду структурної схеми пристрою цифрового диференціювання (рис. 3, а).

Згідно схеми сигнал цифрового диференціювання отримуємо безпосередньо на виході пристрою віднімання  $\Delta_\delta$ , на вході якого подаються квантований сигнал АЦП  $U_{кв}$  і цей же сигнал, затриманий на  $\tau_{затр} = 2\Delta t$  у ЛЗ. Завдання, що вирішує пристрій  $\Delta_\delta$ , можна описати виразом:

$$U_{\Delta\delta} = U_{кв} - U_{затр}. \quad (9)$$

На рис. 4 епюрами напруги  $U_{АД}$ ,  $U_{кв}$  та  $U_{затр}$ ,  $U_{\Delta\delta}$  ілюструються сигнали на вході та виході АЦП, а також на вході та виході пристрою  $\Delta_\delta$ . При цьому для ілюстрації переваги цифрового диференціювання по відношенню до аналогового скористаємося епюром  $U_{АД}$  (рис. 4). Як видно з ілюстрацій (епюра  $U_{\Delta\delta}$ ) на виході пристрою віднімання  $\Delta_\delta$  отримуємо двополярний цифровий сигнал, який являє собою результат цифрового диференціювання квантованого сигналу  $U_{кв}$ .

З метою зменшення тривалості та числа імпульсів віддзеркалення від МП на виході пристрою доцільно використати адаптивний поріг обмеження позитивних імпульсів. Для цього використовується обмежувач  $\Delta_n$  сигналу на рівні порогу  $U_{пор} = \Delta U$  (рис. 3, а), з виходу якого сигнали (епюра  $U_{\Delta n}$ ) надходять до ФАП, схема якого наведена на рис. 3, б.

Принцип роботи формувача порогу впливає зі схеми його побудови. Пропонується мати наступний склад формувача: цифрова лінія затримки (ЛЗ), усереднювач і перемножувач.

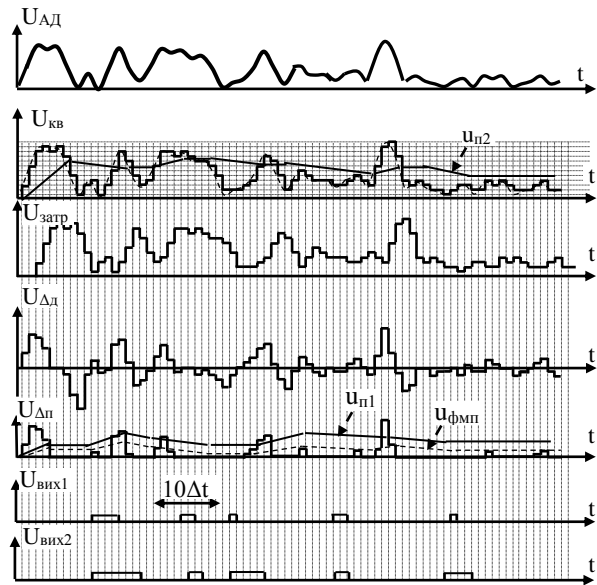


Рис. 4. Ілюстрація роботи пристрою цифрового диференціювання

Лінія затримки має 21 відвід, що забезпечує інтервал одного дискрета  $\Delta t$ . З 11-го (центрального) відводу знімається поточний вхідний сигнал, а сигнали з відводів 1...9 та 13...21 надходять на усереднювач, який визначає рівень фону віддзеркалень для  $i$ -го дискрета:

$$U_{фmn} = \frac{1}{18} \left( \sum_{k=2}^{10} U_{\Delta n i-k} + U_{\Delta n i+k} \right). \quad (10)$$

Із ближніх від центрального відводів сигнали на усереднення не надходять. Цим виключається вплив на результати усереднення потужних сигналів віддзеркалення від ПвС та від яскравих МП (орієнтирів), які можуть "накривати" до трьох дискретів посліпль. Такий принцип усереднення фону МП дозволяє у подальшому відділити віддзеркалення від ПвС та орієнтирів.

Усереднене значення фону  $U_{фmn}$ , помножене на коефіцієнт  $k_n$ , становить величину порога  $u_{n1}$ . Зі зміною рівня віддзеркалень від МП автоматично змінюється і величина порогу  $u_{n1}$ . Поточний вхідний сигнал  $U_{\Delta n}^{затр}$ , затриманий на  $10\Delta t$  (перший відвід ЛЗ має нульову затримку), і величина порогу  $u_{n1}$  надходять на пороговий пристрій  $\Delta 1$ , що являє собою пристрій віднімання:

$$U_{вих1} = U_{\Delta n}^{затр} - u_{n1}. \quad (11)$$

Якщо поточне значення сигналу перевищить поріг  $u_{n1}$ , то на виході  $\Delta 1$  сформується бінарний імпульс виявлення сигналу  $U_{вих1} = 1$ .

Для реалізації звичайного (амплітудного) режиму цифрової обробки пропонується вихідний сигнал АЦП  $U_{кв}$  обмежувати також на рівні адаптивного порогу  $u_{n2}$  за допомогою аналогічних ФАП і  $\Delta 2$ . Епюром  $U_{вих2}$  (рис. 4) ілюструється принцип такої обробки. З порівняння епюр  $U_{вих1}$  та  $U_{вих2}$  видно, що завдяки реалізації адаптивних порогових обмежувачів (ФАП,  $\Delta 1$  та  $\Delta 2$ ) у режимах амплітудної цифрової обробки та диференціювання по відношенню до аналогової обробки (рис. 2) вдається у декілька разів скоротити сумарну тривалість сигналів МП, що перевищили адаптивні пороги, в обох режимах. Одночасно зберігається можливість виділення сигналів яскравих МП, які є для КрЗП додатковими орієнтирами при керуванні посадкою ПвС.

Можна очікувати, що режим цифрового диференціювання дозволить зберегти на екрані індикато-

ра ПРЛ мітки орієнтирів, але при цьому суттєво послабити вплив віддзеркалень від МП на спостереження відмітки ПвС.

## Висновки

У роботі обґрунтовано доцільність і можливість виділення імпульсів відбиття від повітряних суден та яскравих наземних об'єктів (орієнтирів) з фону місцевих предметів та сумісне відображення цих імпульсів та контурів фону місцевих предметів на моніторі.

Надається порівняльна характеристика ефективності використання аналогового та цифрового диференціювання щодо послаблення впливу пасивних завад на імовірність виявлення і спостереження сигналів від повітряних суден на індикаторі посадкових радіолокаторів на заключному етапі посадки.

## Список літератури

1. Алімпієв А.М. Аналіз та уточнення факторного простору для побудови кваліметричної моделі навчально-бойового літака / А.М. Алімпієв, В.П. Ярошенко, І.Б. Ковтонюк // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – № 2(50). – С. 7-9.
2. Babak V. Methods of conflict probability estimation and decision making for air traffic management / V. Babak, V. Kravchenko, V. Vasylyev // Aviation. – 2006. – Vol. 10, No. 1. – P. 3-9.
3. Гордієнко Д.Г. Особливості адаптивної цифрової фільтрації радіоімпульсу без внутрішньої імпульсної модуляції / Д.Г. Гордієнко, Ю.Г. Ільчишин, В.В. Тонкошкур, С.В. Яровий // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – № 2(50). – С. 62-66.
4. Bu-Chin Wang. Digital signal processing techniques and applications in radar image processing / Wang Bu-Chin. – United States of America: John Wiley & Sons Inc., 2008. – 300 p.
5. Skolnik M. Radar handbook: 3-rd Ed. / M. Skolnik. – McGraw-Hill Professional, 2008. – 1328 p.
6. Towle M.D. Some say cruise missiles supply a concern. Observers say the U.S. military is using the air-and sea-launched weapons faster than they can be replaced / M.D. Towle // Fort Worth Star-Telegram. – 1999.
7. The U.S. Army Operating Concept: Win in a Complex World (Defense). – U.S. Army Training and Doctrine Command. [Electronic resource]. – Available at: <http://www.amazon.com/U-S-Army-Operating-Concept>.
8. Hoffman F.G. Conflict in the 21-st century: the rise of hybrid wars / F.G. Hoffman. – Arlington, Virginia: Potomac Institute for Policy Studies, 2007. – 72 p.
9. Kosovo. Operation Allied Force. After Action Report. – Department of Defense, Report to Congress. – January 31, 2000. – 87 p. – [Electronic resource]. – Available at: [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph\\_reports/MR1365/MR1365.ch3.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/MR1365/MR1365.ch3.pdf).
10. Статистичні характеристики радіолокаційних сигналів, відбитих від місцевих предметів в умовах аномальної рефракції / В.Д. Карлов, Г.В. Певцов, Н.Н. Петрушенко, В.Л. Місайлов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2011. – № 1(5). – С. 69-72.
11. Інформаційні статистики і їх застосування у задачах синтезу вирішальних правил виявлення сигналу на фоні завад в умовах непараметричної апріорної невизначеності / В.П. Деденок, Д.В. Карлов, Г.В. Певцов, Ю.В. Резніков // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 4(25). – С. 60-66.
12. Sayed A.H. Fundamentals of Adaptive Filtering / A.H. Sayed. – Hoboken: WileyJohn Wiley & Sons, 2003. – 1168 p.
13. 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. – 2011. – № 2(6). – С. 115-120.
14. Пропозиції щодо напрямків удосконалення посадкових радіолокаторів для забезпечення посадки літаків у складних погодних умовах / М.Д. Рысаков, І.Л. Костенко, С.М. Рот, В.Г. Карев, О.П. Кулик // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем. – 2015. – № 12. – С. 157-167.

## References

1. Alimpiev, A.M., Yaroshenko, V.P. and Kovtoniuk, I.B. (2017), "Analiz ta utochnennya faktornogo prostoru dlya pobudovi kvalimetrichnoy modeli navchal'no-bojovogo litaka" [Analysis and refinement of the factor space for the construction of a qualimeter model of a training plane], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 2(50), pp. 7-9.
2. Babak, V., Kravchenko, V. and Vasylyev, V. (2006), Methods of conflict probability estimation and decision making for air traffic management, *Aviation*, Vol. 10, No. 1, pp. 3-9.

3. Hordiienko, D.G., Ilchyshyn, Yu.G., Tonkoshkur, V.V. and Yarovi, S.V. (2017), "Osoblivosti adaptivnoi cifrovoy filtratsiyi radioimpulsu bez vnutrishnoimpulsnoi modulyatsiyi" [Features of adaptive digital filtering of the radio pulse without intrinsic pulse modulation], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 2(50), pp. 62-66.
4. Wang, B.C. (2008), *Digital signal processing techniques and applications in radar image processing*, John Wiley & Sons, Inc., United States of America, 300 p.
5. Skolnik, M. (2008), *Radar handbook*, 3-rd Ed., The McGraw-Hill Companies, 1351 p.
6. Towle, M.D. (1999), Some say cruise missiles supply a concern. Observers say the U.S. military is using the air-and sea-launched weapons faster than they can be replaced, *Fort Worth Star-Telegram*, 1999.
7. (2014), *Win in a Complex World. The US Army Operating Concept*, available at: [www.amazon.com/U-S-Army-Operating-Concept](http://www.amazon.com/U-S-Army-Operating-Concept).
8. Hoffman, F.G. (2007), *Conflict in the 21-st century: the rise of hybrid wars*, Potomac Institute for Policy Studies, Arlington, Virginia, 72 p.
9. Report to Congress (2000), *Kosovo / Operation Allied Force. After Action Report, DoD*, January 31, available at: [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph\\_reports/MR1365/MR1365.ch3.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/MR1365/MR1365.ch3.pdf).
10. Karlov, V.D., Pievtsov, G.V., Petrushenko, N.N. and Misailov, V.L. (2011), "Statistichni karakteristiki radiolokacijnih signaliv, vidbitih vid miscevih predmetiv v umovah anomal'noyi refraktsiyi" [Statistical characteristics of radar signals reflected from local objects in conditions of abnormal refraction], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(5), pp. 69-72.
11. Dedenok, V.P., Karlov, D.V., Pievtsov, G.V. and Rieznikov, Yu.V. (2016), "Informacijni statistiki i ih zastosuvannya u zadachah sintezu virishal'nih pravil viyavleniya signalu na foni zavrad v umovah neparametrichnoi apriornoj neviznachenosti" [Information statistics and their application in problems of synthesis of decisive rules of detection of a signal against the background of interferences in conditions of nonparametric a priori uncertainty], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 4(25), pp. 60-66.
12. Sayed, A.H. (2003), *Fundamentals of Adaptive Filtering*, John Wiley & Sons, Hoboken, 1168 p.
13. Rysakov, N.D., Tytov, I.V., Kutsenko, A.P. and Kulyk, A.P. (2011), "Osobennosti postroeniya radiolokacionnogo posadochnogo kompleksa dlya avtomatizirovannogo upravleniya posadkoj samoleta" [Features of the construction of a radar landing complex for the automated control of aircraft landing], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(6), pp. 115-120.
14. Rysakov, N.D., Kostenko, I.L., Rot, S.M., Kariev, V.G. and Kulyk, O.P. (2015), "Propozitsiyi shchodo napryamkiv udoskonalennya posadkovih radiolokatoriv dlya zabezpechennya posadki litativ u skladnih pogodnih umovah" [Proposals for improvement of landing radar for aircraft landing in difficult weather conditions], *Problems of Creation, Testing, Application and Operation of Complex Information Systems*, No. 12, pp. 157-167.

Надійшла до редколегії 10.01.2019

Схвалена до друку 23.04.2019

#### **Відомості про авторів:**

##### **Рисаков Микола Данилович**

кандидат технічних наук доцент  
старший науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<http://orcid.org/0000-0003-1579-7705>

##### **Кулик Олександр Петрович**

кандидат військових наук  
провідний науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<http://orcid.org/0000-0001-7299-4794>

##### **Костенко Ігор Леонідович**

кандидат військових наук  
старший науковий співробітник  
начальник науково-дослідного управління  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<http://orcid.org/0000-0003-4595-7727>

#### **Information about the authors:**

##### **Mykola Risakov**

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
Senior Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<http://orcid.org/0000-0003-1579-7705>

##### **Oleksandr Kulyk**

Candidate of Military Sciences  
Lead Researcher  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<http://orcid.org/0000-0001-7299-4794>

##### **Igor Kostenko**

Candidate of Military Sciences  
Senior Research Associate  
Chief of Scientific Research Department  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-4595-7727>

**Блащук Світлана Миколаївна**  
кандидат технічних наук  
старший науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-9230-9045>

**Svitlana Blashchuk**  
Candidate of Technical Science  
Senior Research Associate  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-9230-9045>

**Воронін Олександр Іванович**  
старший викладач  
кафедри військового зв'язку  
Національної академії Національної гвардії України,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-1783-9852>

**Oleksandr Voronin**  
Research Associate  
of Department of Military Communication  
of National Academy of National Guard of Ukraine,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-1783-9852>

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ ВИДЕОИМПУЛЬСОВ В ПОСАДОЧНОМ РАДИОЛОКАТОРЕ ДЛЯ СУЩЕСТВЕННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ

Н.Д. Рысаков, А.П. Кулик, И.Л. Костенко, С.Н. Блащук, А.И. Воронин

*В работе обосновывается целесообразность реализации в посадочных радиолокаторах цифрового дифференцирования видеоимпульсов приемника с целью ослабления маскировки сигналов от воздушных судов и ярких местных предметов пассивными помехами на индикаторе ПРЛ на заключительном этапе посадки. Предлагается принцип реализации цифрового дифференцирования видеоимпульсов приемника при внедрении в посадочный радиолокатор цифрового канала обработки и отображения радиолокационной информации. Предоставляется сравнительная характеристика эффективности использования аналогового и цифрового дифференцирования относительно ослабления влияния пассивных помех на вероятность выявления и наблюдения сигналов от воздушных судов на индикаторе ПРЛ на заключительном этапе посадки.*

**Ключевые слова:** посадочный радиолокатор, селекция подвижных целей, пассивные помехи, местные предметы, дифференцирование видеоимпульсов.

### USE OF DIGITAL DIFFERENTIATION OF VIDEO PULSES IN LANDING RADIOLOCATOR FOR SUBSTANTIAL DECLINE OF PASSIVE INTERFERENCES INFLUENCE

M. Rysakov, O. Kulik, I. Kostenko, S. Blashchuk, O. Voronin

*The necessity of diminishing of passive interferences influence for the peak mode of radiolocator operations becomes more important in difficult meteorological conditions, when reflections from meteorological educations are added to the signals of local objects. At the same time reflection from local objects, that is represented on the indicators of radiolocator, serve as additional orienteers for the landing zone head about airplane location in the landing area. At the same time on the separate segments of distance the uncompensated reflections from local objects mask the mark of airplane that results in errors in measuring of coordinates of airplanes or makes impossible the realization of such measuring. At the improvement of the radio-locator signal processing amplitude channels is expedient to foresee possibility of reduction of passive interferences influence to the reflection of aircraft signals and retention on the indicator of contours of local objects marks in the landing area. For this purpose it is suggested to realize the method of video pulses differentiation. The method of analog differentiation of video pulses have been used for more than 50 years in radars only with the peak channel of receive. The implementation of digital processing principles of such signals is expedient to realize more effective method of diminishing of influence of passive interferences in the peak mode of operations of radio-locator is a method of digital differentiation. From the analysis of prospects of development of the systems of air traffic guidance providing ensues the necessity of providing of the safe landing of airplanes on the air fields in difficult meteorological conditions that causes the necessity of improvement of the current landings systems. Therefore the expediency of realization in the landings radio-locators of digital differentiation of video pulses of receiver with the purpose of disguise decline of aircraft signals and bright local objects passive interferences on the final stage of landing is substantiated. Principle of realization of digital differentiation of video pulses of receiver during of digital channel of processing implementation in PRL and reflection of radio-location information is offered. Comparative description of efficiency of the use of analog and digital differentiation in relation to decline of influence of passive interferences on probability of exposure and supervision of aircraft signals on the final stage of landing is given.*

**Keywords:** landing radio-locator, selection of moving-targets, passive interferences, local objects, differentiations of video pulses.