12. Карповіч А. Аналіз сучасного стану космічної навігаційної системи і оцінка її можливостей для геоінформаційного забезпечення ракетних військ і артилерії Збройних Сил Російської Федерації / А.У. Карповіч, А.Р. Мусин, І.І. Ільїнський // Інформація і космос. – 2005. – №4. – С. 35.

13. Козелков С. В. Состояние и перспективы развития в Украине навигации и управления движением // Новости навигации. – 2006. – №4. – С. 15–19.

14. Скорик Е. Новая спутниковая радионавигационная система проекта Galileo / Е. Скорик // Наука та інновації. – 2007. – Т. 3. – № 2. – С. 64–73.

15. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. – М.: Эко-Тренз, 2000.

16. Modular Azimuth Position System Hybrid (MAPSH)/ Режим доступа: www.agc.army.mil/fact_sheet/modularh.pdf

17. A. Brown, P. Sack, Navigation Using LINK-16 GPS/INS Integration". Proceedings of ION GPS/GNSS 2003, Portland, OR, Sept. 2003, http://www.navsys.com/Papers/0309001.pdf

18. Fire Control Computer /http://www.astronautics.com/products/Printer.asp?50.42.1

19. Гамов М.В., Самусенко В.Н. Направления совершенствования системы координатно-временного обеспечения войск // Военная мысль. – 2007. – № 5. – С. 52–56.

Надійшла до редакції 5.10.2010 р.

АНАЛИЗ МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ ДЛЯ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК

В.Н. Корольов, Э.В. Лучук, Я.Г. Заец, О.В. Корольова, Ю.В. Мирошниченко

В статье проведен анализ мировых тенденций развития систем навигации в армиях ведущих стран мира с целью внедрения их опыта при создании перспективных систем навигации для вооружения и военной техники Сухопутных войск Вооруженных Сил Украины.

***Ключевые слова**: навигационное обеспечение, навигационная аппаратура, наземный движущийся обьект, навигационная информация.*

ANALYSIS OF WORLD TRENDS OF NAVIGATION SYSTEMS PROGRESS FOR THE ARMY

V.N. Korolyov, E.V. Luchuk, Y.G. Zaiets, O.V. Korolyova, U.V. Miroshnychenko

In the article the analysis of world trends of the navigation systems progress in the armies of the world leading countries is conducted. It was done for adoption of their experience at making of the perspective navigation systems for armament and military materiel of the Army of Ukraine Armed Forces.

***Keywords**: navigation support, navigation equipment, surface moving object, navigation information.*

УДК 621.384.3

В.І. Боженко

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ФОРМУВАННЯ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ЗОБРАЖЕННЯ У ТЕПЛОВІЗІЙНІЙ СИСТЕМІ

Включення до складу тепловізійної системи двоканальної інфрачервоної камери дозволить не лише формувати стереозображення, а на відміну від відомих приладів уможливить одночасну покадрову обробку тепловізійних сигналів динамічного зображення, отриманих від обох каналів, що призведе до істотного зменшення впливу шумів та геометричних спотворень сигналу п'єдесталу піровідикона та до збільшення корисної складової сигналу.

***Ключові слова:** тепловізійна камера, багатоканальне зображення, комплексне тепловізійне зображення, тепловізійна система.*

Вступ

Постановка проблеми. Вдосконалення новітніх радіоелектронних та інформаційних технологій стимулює пошук шляхів вдосконалення приладів неруйнівного контролю та спостереження наземних об'єктів як основної інформаційної ланки засобів інструментальної розвідки Сухопутних військ. Недарма поміж фахівців популярним є крилатий вислів – «Переможе той, хто першим помітить противника» [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На цім терені все більшого значення набувають засоби отримання інформації з невидимого неозброєним оком інфрачервоного (ІЧ) спектру [2] – як такі, що істотно розширюють можливості військової розвідки, уможливлюючи спостереження у нічний час та за несприятливих умов – наявності туману, пилу, задимленості, застосування противником камуфляжного маскування об'єктів тощо.

Проте у деяких випадках результати роботи таких засобів – тепловізійних камер (ТК) та тепловізійних систем (ТС), до складу яких вони входять, виявляються незадовільними за своєю якістю та інформативністю – через нечіткість та розмитість отриманого зображення, а також низьке співвідношення сигнал/шум (С/Ш). Запобігають цьому шляхом накопичення та обробки відеосигналу (ВС) [3], а також розширенням ТС шляхом включення до їх складу додаткових засобів сприйняття інформації з інших спектральних діапазонів [4] – ультрафіолетового, оптичного, радіодіапазону тощо.

Відтак, **мета статті** полягає у розробці та аналізі перспектив впровадження ще одного варіанту розширення функціональних можливостей ТС – методом формування сигналу багатоканального зображення динамічних досліджуваних об'єктів для покадрового сумування суміжних кадрів зображення в режимі реального часу.

Основна частина

Запропоновано спосіб підвищення інформативності ТС шляхом розширення функціональних можливостей ТК, який полягає у різницевій обробці ВС двоканальної ТК [5], структурна схема якої показана на рис. 1.

Двоканальна ІЧ камера працює наступним чином: ІЧ випромінювання об'єкта приймається оптико-подільним вузлом ОПВ, який формує два ідентичні теплові потоки та фокусує теплове зображення на мішенях піровідиконів першого та другого каналів. Синхронна та протифазна модуляція цих потоків виконується вузлом синхронних модуляторів ВСМ. У результаті на виходах першого 1КТК та другого 2КТК каналів ТК у першому кадрі формуються відеосигнали U^1_{K1} та U^1_{K2}:

$$U^1_{K1} = U_{n1} + U^1_{c1} + U_{g1} + U^1_{c3} - U^1_{n3} \quad (1)$$

$$U^1_{K2} = U_{n2} + U^1_{c2} + U_{g2} + U^1_{c3} - U^1_{n3}, \quad (2)$$

де U_{n1}, U_{n2} – компоненти базового заряду мішені (п'єдесталу);

U^1_{c1}, U^1_{c2} – складові корисних сигналів першого кадру обох каналів;

U_{g1}, U_{g2} – компоненти, обумовлені дефектами мішеней обох каналів;

U^1_{c3}, U^1_{n3} – сигнали синхронної та асинхронної завад у обох каналах у першому кадрі.

Від'ємний знак перед компонентою сигналу означає його інверсію відносно сигналу п'єдесталу. У наступному кадрі вихідні сигнали першого та другого каналів складають:

$$U^2_{K1} = U_{n1} - U^2_{c1} + U_{g1} + U^2_{c3} + U^2_{n3} \quad (3)$$

$$U^2_{K2} = U_{n2} - U^2_{c2} + U_{g2} + U^2_{c3} + U^2_{n3}, \quad (4)$$

де U^2_{c3} – компонента, обумовлена дією синхронних завад у другому кадрі.

Сигнали на виходах першого та другого каналів у першому та другому кадрах умовно представлені на рис.2 а,б.

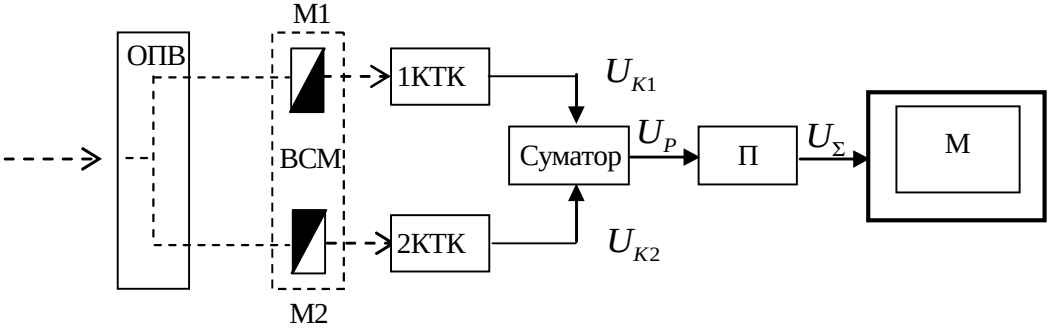

Рис.1. **Структурна схема двоканальної ІЧ камери**

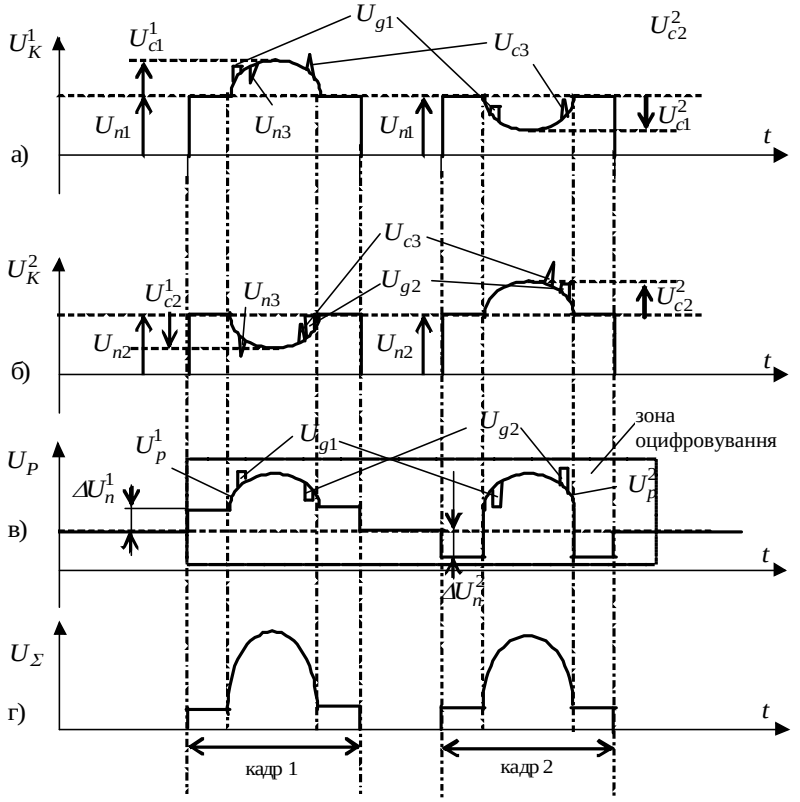

Рис. 2. **Часові діаграми різницево-сумарної обробки суміжних кадрів сигналів:**
а) ВС першого каналу; б) ВС другого каналу; в) на виході вузла різницевої обробки сигналів;
г) результуючого сигналу суміжних кадрів

Аналогова різницева обробка ВС може бути реалізована диференціальним підсилювачем із вхідним комутатором сигналів, синхронізированим з кадровою частотою. Комутація реалізована таким чином, що сигнал з від'ємною корисною компонентою завжди йде на інверсний вхід, а з додатною – на прямий вхід. У результаті на виході вузла різницевої обробки сигналів додатні сигнали формуються в обох суміжних кадрах для кожного з них. У першому кадрі:

$$U_{P1}^1 = U_{K1}^1 - U_{K2}^1 = (U_{n1} - U_{n2}) + \left[U_{c1}^1 - \left(-U_{c2}^2\right)\right] + \\ + (U_{g1} - U_{g2}) + \left(U_{c3}^1 - U_{c3}^1\right) + \left(-U_{n3}^1 + U_{n3}^1\right) = \\ = \Delta U_n^1 + U_{c1}^1 + U_{c2}^1 + U_{g1} - U_{g2}.$$

Нехай $U_{c1}^1 = U_{c2}^1 = U_c^1$, $U_{n1} > U_{n2,}$ тоді

$$U_P^1 = \Delta U_n^1 + 2U_c^1 + U_{g1} - U_{g2}. \qquad (5)$$

У другому кадрі:

$$U_{P1}^2 = U_{K1}^2 - U_{K2}^2 = (U_{n2} - U_{n1}) + \\ + \left[U_{c2}^2 - \left(-U_{c1}^2\right)\right] + (U_{g2} - U_{g1}) + \left(U_{c3}^2 - U_{c3}^2\right) = \\ = -\Delta U_n^2 + U_{c2}^2 + U_{c1}^2 + U_{g2} - U_{g1}.$$

Якщо $U_{c2}^2 = U_{c1}^2 = U_c^2$, то

$$U_P^2 = \Delta U_n^2 + 2U_c^2 + U_{g2} - U_{g1} \qquad (6)$$

Часові діаграми сигналів U_p^1, U_p^2 показані на рис. 2 в. З рівнянь (5), (6) і з часових діаграм видно, що результат різницевої обробки тепловізійних сигналів першого і другого каналів – одночасна компенсація синхронної та асинхронної завади у результуючому сигналі U_p. У той же час корисний сигнал збільшується: $U_p \approx 2U_c$. Необхідно зазначити, що ефективність різницевої обробки зменшується через компоненти в сигналі U_p, пов'язані з дефектами мішеней першого (U_{g1}) та другого (U_{g2}) піровідиконів. Крім того, якщо п'єдестали є різними ($U_{n1} > U_{n2}$), компонента ΔU_n змінює свою полярність. Це означає, що екран монитора починає блимати, істотно ускладнюючи роботу оператора.

З метою зменшення впливу цих факторів пропонується застосування процесора покадрової обробки для сумування сигналів суміжних (першого та другого) кадрів, який працюватиме наступним чином. Аналоговий різницевий сигнал плинного кадру $U_{p(i+1)}$ поступає на вхід АЦП. Зона ефективної оцифровки різницевих сигналів наведена на рис. 2 в. Цифровий код $[U_{p(i+1)}]$ поступає на перший вхід суматора, де він сумується з кодом $[U_{pi}]$ різницевого

сигналу U_{pi} попереднього кадру. Одночасно у пам'яті кадру синхронно зі зчитуванням запам'ятовується різницевий сигнал плинного кадру. Відповідно до цього алгоритму сумуються різницеві сигнали першого та другого кадрів ТЗ (див. (5) та (6)):

$$\Delta U_n^1 + 2U_c^1 + U_{g1} - U_{g2} - (\Delta U_n^2 + 2U_c^2 + U_{g2} - U_{g1}).$$

Якщо $\Delta U_n^1 \approx \Delta U_n^2$ та $U_c^1 \approx U_c^2 \approx U_c$, то результуючий сигнал складе

$$U_\Sigma = U_p^1 + U_p^2 \approx 4Uc \qquad (7)$$

Висновки

З виразу (7) видно, що в результуючому сигналі корисна компонента значно більша, компонента п'єдесталу зменшується до мінімуму або взагалі зникає, так само, як і компоненти статичних сигналів від дефектів мішені, синхронних й асинхронних завад. Вихідний результуючий сигнал формується у кожному кадрі процесу зчитування з мішеней піровідиконів першого та другого каналів, що дозволить відображати з високою якістю на екрані монітора не лише статичні, а й динамічні об'єкти теплового моніторингу.

Отже, пропонований метод формування сигналу багатоканального зображення для покадрового сумування суміжних кадрів дозволить зменшити вимоги до тотожності обох каналів ІК та мінімізувати вплив різноманітних шумів на результуюче зображення.

Література

1. Многоспектральные приборы поиска, прицеливания и наведения ракетно-артиллерийского вооружения. Достижения и перспективы развития / А.Н. Зубков, И.Н. Прудиус, Ю.В. Тымчук // Збірка тез доповідей ІІ Всеукраїнської науково-технічної конференції «Перспективи розвитку озброєння і військової техніки Сухопутних військ». – Львів, 28-29 квіт. 2009 р. – Львів, ЛІСВ НУ «ЛП». –2008. – С. 8–15.

2. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение / Ж.Госсорг. – М.: Мир, 1988. – 216 с.

3. Адаптивный алгоритм многокадрового накопления пиросигнала в реальном времени / В.И. Боженко, О.П. Кондратов, П.А. Кондратов, В.Ф. Ткаченко // Тезисы докладов XX Международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения. – Москва, 27-30 мая 2008 г. – Россия, М.: ФГУП НПО «Орион», 2008. – С. 41.

4. Можливі методи формування комплексних тепловізійних зображень / В.І. Боженко, Р.В. Казмірчук, В.І. Шклярський, П.О. Кондратов // Військово-технічний збірник. – Львів: АСВ, 2010. – Вип. 3. – С. 16–21.

5. Bozhenko V. Expansion of functionality and increase use information pyrovidicons termovision systems [Electronic source]: Proceedings of the X International Conference «Modern Problems of Radio Engeneering, Telecommunications and Computer Science» / V.Bozhenko, O.Kondratov, P.Kondratov // 700 MB. – Lviv-Slavsko, Ukraine, February 23-27, 2010. – 2 p. – Electron. dat. Lviv: NY «LP», 2010. – 1 CD-ROM. – Title from the disk label.

Надійшла до редакції 04.10.2010 р.

Рецензент: доктор технічних наук, старший науковий співробітник А.М. Зубков, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В ТЕПЛОВИЗИОННОЙ СИСТЕМЕ

В.И. Боженко

Включение в состав тепловизионной системы двухканальной инфракрасной камеры позволит не только формировать стереоизображение, а и в отличие от известных устройств позволит реализовать одновременную покадровую обработку тепловизионных сигналов динамического изображения, полученных от обоих каналов, что приведет к существенному уменьшению влияния шумов и геометрических искажений сигнала пьедестала пировидикона, а также к увеличению полезной компоненты сигнала.

Ключевые слова: *тепловизионная камера, многоспектральное изображение, комплексное тепловизионное изображение, тепловизионная система.*

PROBABLE METHODS OF COMPLEX THERMAL IMAGES FORMING

V.I. Bozhenko

Two-channel principle of infrared camera design that allows not only, on difference of existing devices, to obtain stereo-image of an object, but also to organize the procedure of frame-by-frame processing of both channel pyrosignals is proposed. The result of such processing consists in vital decreasing of pyrovidicon targets geometric and pedestal noise influence, and useful part of signal increasing.

Keywords: *thermal camera, multichannel image, complex thermal image, thermal system.*