
SENSORS AND INFORMATION SYSTEMS

СЕНСОРИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

УДК 536.37

ТЕРМОГРАФІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЛЕВІЗІЙНОЇ ВІДЕОКАМЕРИ З ПЗЗ-МАТРИЦЕЮ

О. М. Маркіна¹, В. І. Дунаєвський², В. П. Маслов², Н. В. Качур²

1. Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Україна, м. Київ, пр. Перемоги, 37, 03056, тел. +38(044) 406-85-03, e-mail: o.n.markina@gmail.com
2. Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, Україна, 03028, Київ, пр. Науки, 41, тел. +38(044) 525-58-30, e-mail: vladmaslov@mail.ru, natalyakachur@gmail.com

ТЕРМОГРАФІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЛЕВІЗІЙНОЇ ВІДЕОКАМЕРИ З ПЗЗ-МАТРИЦЕЮ

О. М. Маркіна, В. І. Дунаєвський, В. П. Маслов, Н. В. Качур

Анотація. В статті наведено результати термографічного дослідження в робочому режимі телевізійної камери Novus - 130 ВН. Виявлені джерела теплових випромінювань: ПЗЗ-матриця, мікропроцесори та електронні плати камери. Для підвищення точності вимірювання за допомогою телевізійної вимірювальної системи з відеокамерою, запропоновано застосовувати її охолодження. Запропоновано проводити охолодження камери з використанням вентиляційних отворів та вентиляторів або застосуванням термоелектричних елементів Пельтьє в місцях найбільшого нагріву.

Ключові слова: термографія, телевізійна камера, ПЗЗ-матриця, телевізійна вимірювальна система.

THERMOGRAPHIC STUDY TELEVISION CAMERA WITH CCD MATRIX

O. Markina, V. Dunaevsky, V. Maslov, N. Kachur

Abstract. The article presents the results of an infrared study television camera Novus - 130 ВН on the operating mode. Identified sources of thermal radiation are: CCD, microprocessors and electronic

board of camera. Using cooling of video camera is proposed to improve the accuracy of measurement using a television measuring system with a video camera. Using of the cooling chamber with vents and fans, or the use of thermoelectric Peltier elements in areas of maximum heating is proposed.

Keywords: thermography, a television camera, CCD, TV measurement system.

ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ С ПЗС МАТРИЦЕЙ

О. М. Маркина, В. И. Дунаевский, В. П. Маслов, Н. В. Качур

Аннотация. В статье приведены результаты термографического исследования в рабочем режиме телевизионной камеры Novus - 130 ВН. Выявленные источники тепловых излучений: ПЗС-матрица, микропроцессоры и электронные платы камеры. Для повышения точности измерения с помощью телевизионной измерительной системы с видеокамерой, предложено применять ее охлаждение. Предложено проводить охлаждение камеры с использованием вентиляционных отверстий и вентиляторов или применением термоэлектрических элементов Пельтье в местах наибольшего нагрева.

Ключевые слова: термография, телевизионная камера, ПЗС-матрица, телевизионная измерительная система.

Вступ

Створення нових вимірювальних систем параметрів об'єктів є актуальним напрямком для приладобудування, особливо в мікронному діапазоні з використанням таких складових системи, що є доступними для більшості підприємств і лабораторій. Як показав аналіз інструментального господарства більшості лабораторій підприємств України для дослідження і вимірювання розмірів об'єктів застосовують не сучасні, а застарілі засоби вимірювання, які були придбані ще 70-80 роках минулого століття. Звісно на сьогодні існують готові засоби вимірювання, що можуть проводити контроль прицевійних деталей, зокрема, оптичних, наприклад Advanced Microscopy Techniques, США, яка пропонує сучасні телевізійні мікроскопи, але для вітчизняних підприємств важливо створення не коштовного сучасного засобу вимірювання з обладнання, що є на більшості підприємств [1-3].

Гнучкість та велика різноманітність конфігурацій створення телевізійних вимірювальних систем (ТВС) без сумніву є

найбільшою перевагою алгоритмів обробки цифрового зображення. Можливість створювати системи, які мають бажану швидкість та роздільну здатність, що веде до алгоритмів обробки цифрового зображення, роблячи її доступнішою та конкурентоздатнішою, що сприяє її більш активному впровадженню в різні галузі науки та виробництва [4, 7]. ТВС застосовують в галузях де ефективна обробка зображення є головним фактором: космічна цифрова фотографія, цифрова томографія, неруйнівна інспекція матеріалів за допомогою ультразвукових хвиль, система технічного зору робота, лазерна голографія, картографія та ін. Для таких ТВС раніше не досліджувався вплив температурного фактору на результати вимірювання геометричних параметрів об'єкту.

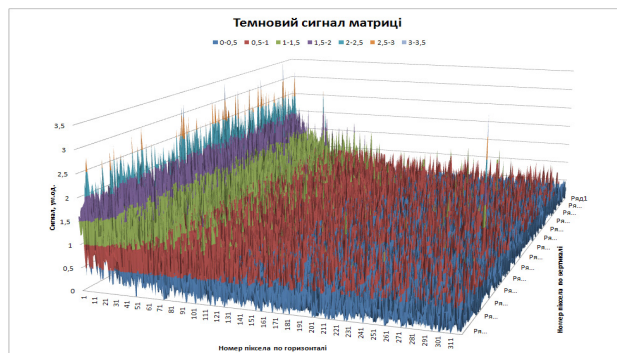
Метою даної роботи було проведення термографічного дослідження телевізійної відеокамери з ПЗС-матрицею для створення телевізійної вимірювальної системи, з обладнання, що має найбільш широке застосування на більшості підприємств України (оптичні мікроскопи, оптичні лави, оптичні об'єктиви, світлові фільтри).

Актуальність проведених досліджень полягає в визначенні температурного фактору та джерел температурного випромінювання в телевізійних камерах з ПЗЗ - матрицею.

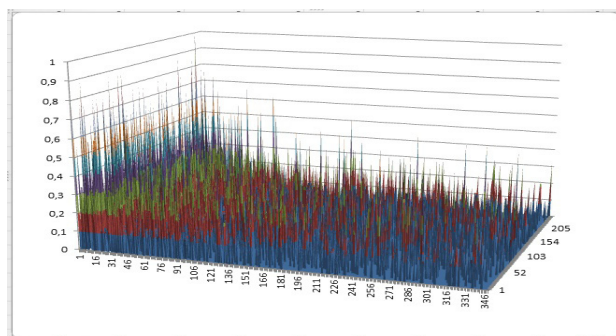
Аналіз чинників виникнення похибок вимірювання геометричних параметрів об'єктів за допомогою ТВС

При всіх перевагах використання телевізійних вимірювальних систем для визначення геометричних параметрів об'єктів в мікронному діапазоні, при роботі ТВС необхідно враховувати чинники, що впливають на точність вимірювання [5, 6]. Похибки вимірювання можуть виникати через складну систему налаштування оптичних лінз мікроскопу, через нерівномірність попадання світлового потоку на об'єкт вимірювання, що пов'язано з використанням галогенних освітлювальних ламп в освітлювальному блоці мікроскопу, через використання не повірених мір. Одним з першочергових досліджень для уникнення похибок вимірювань, які необхідно провести для кожної ТВС, є експериментальне визначення світлосигнальної характеристики. Тому-що за даною характеристикою визначається робочий діапазон ТВС для проведення вимірювань, а для різних ТВС ця характеристика є різною. Також чинником, що створює похибки вимірювання є шуми роботи ТВС. Рівень створених шумів при роботі спроектованої ТВС, в конструкцію яких входить оптичний мікроскоп Біолам 211 і телевізійна камера Novus-130 ВН складає від 0,7 до 3,5 у.о., що в перерахунку складає від 0,3 до 1,4 % від максимального сигналу ТВС. Проте при вимірюваннях в мікронному діапазоні навіть такий не значний шум впливає на точність вимірювання. Точність вимірювання спроектованої телевізійної вимірювальної системи 5 %.

Для аналізу шумів, що виникають при роботі ТВС, було проведено експериментальне дослідження темного сигналу (шумів), що виникає на ПЗЗ-матриці телевізійних камер Novus - 130 ВН та Mintron OS (рис. 1).



а



б

Рис. 1 - Графічне зображення шумів на ПЗЗ-матриці ТВС (а - камера Novus-130 ВН, б - камера Mintron OS)

Отримані результати показали, що з однієї сторони ПЗЗ-матриць телевізійних камер виникають шуми, що мають нерівномірний розподіл та пікові значення. Для дослідження причин такого розподілу шумів було проведено термографічне дослідження складових структурних блоків двох телевізійних камер в робочому стані: ПЗЗ – матриці з схемою керування та зчитування, електронних блоків формування зображення, які конструктивно виконані у вигляді двох плат.

Експериментальне термографічне дослідження камери [8, 9] проводили протягом 16 хвилин на тепловізорі (рис. 2), характеристики якого представлені в таблиці 1. Такий час обумовлений встановленням незмінних температур на елементах телевізійної камери Novus-130 ВН.



Рис. – 2 Зовнішній вигляд камери для термічного бачення

Динаміку нагріву ПЗЗ-матриці та окремих елементів корпусу телевізійної камери Novus-130 ВН в робочому стані представлено на рисунку 3. Під кожним зображенням вказано час роботи камери від моменту її включення і температуру нагріву ПЗЗ-матриці.

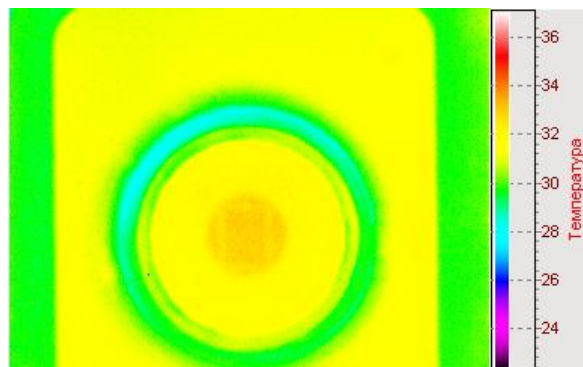
З зображень (рис. 3) видно, що елементи корпусу, на яких змонтовано ПЗЗ- матрицю (периферійне поле навколо ПЗЗ - матриці) камери Novus-130 ВН нагріваються майже до 36 °С, а матриця нагрівається до 40°С, що своїм тепловим нагрівом впливає на виникнення шумів [10], а вони в свою чергу впливають на виникнення похибок вимірювання, тому що змінюється відношення сигнал/шум.

Також було проведено експериментальне дослідження нагріву електронних плат телевізійної камери Novus-130 ВН з чотирьох сторін камери (рис.4) (зліва, зверху, права, знизу без корпусу по відношенню до рис. 3)

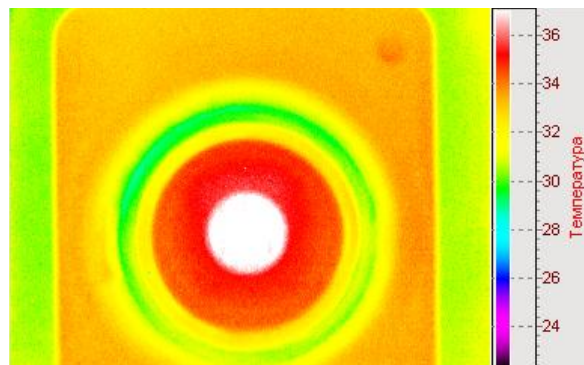
Як видно з тепловізійних зображень камери Novus-130 ВН, існує температурний нагрів окремих елементів телевізійної камери до

57,17°С . І саме ці нагріті елементи знаходяться з однієї (в даному випадку з лівої) сторони корпусу телевізійної камери. Цей експериментальний факт пояснює причину збільшення рівня шумів ПЗЗ - матриці з однієї (в даному випадку з лівої) сторони. Для підвищення точності вимірювання за допомогою телевізійної вимірювальної системи, в структуру якої входить телевізійна

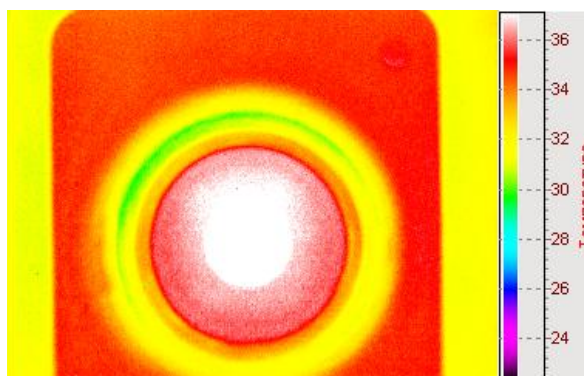
відеокамера, необхідно застосовувати охолодження камери. Охолодження треба проводити за рахунок вентиляційних отворів, використання вентиляторів або застосуванням охолоджуючих елементів Пельть'є в місцях найбільшого нагріву телевізійної камери. При використанні вентиляційного охолодження похибка зменшується вдвічі (рис. 5), а корисний сигнал зростає на 30%.



$T = 33,48^{\circ} C, t = 1 \text{ хв.}$



$T = 37,14^{\circ} C, t = 6,5 \text{ хв.}$



$T = 39,41^{\circ} C, t = 15,5 \text{ хв.}$

Рис. 3 – Термографічне дослідження ПЗЗ-матриці ТВС (камера Novus-130 ВН)

Таблиця 1
Характеристики камери для термічного бачення

Параметр	Значення
Габаритні розміри, мм	287x192x130
Поле кут зору, град	40
Кількість елементів матриці	256Hx290V
Розміри одного елемента	50x33 μ m ²
Частота кадрів	25 Гц
Діапазон спектральної чутливості	2 – 5,3 мкм
Вхідний сигнал камери	Цифровий
Напруга живлення	220 В \pm 10%, частота 50 Гц \pm 1%
Температурна чутливість	0,07 °С на площі 0,25 мм ²
Охолодження	Рідкий азот

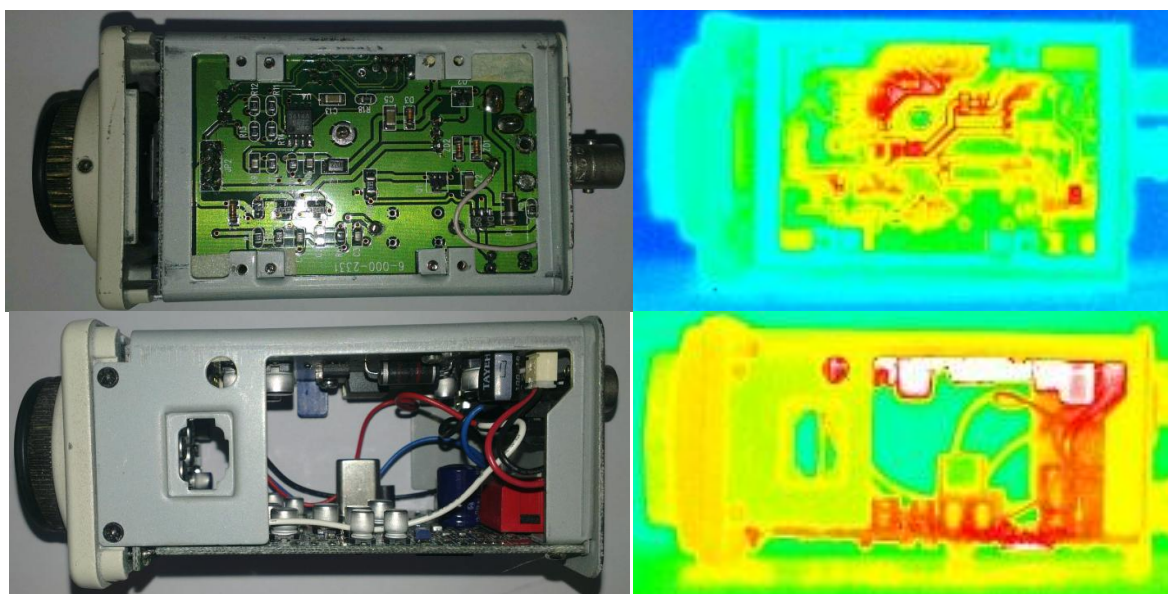


Рис. 4 – Термографічне дослідження електронних плат телевізійної камери Novus-130 ВН

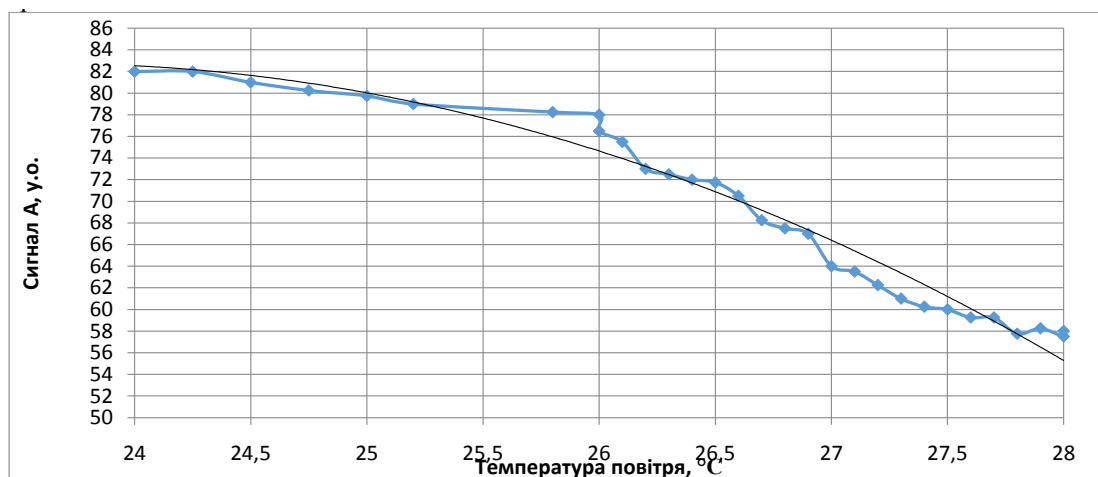


Рис. 5 – Залежність величини корисного сигналу телевізійної камери Novus-130 ВН в залежності від температури.

Висновки

1 Термографічні дослідження з використанням тепловізора з робочим діапазоном 2 – 5,3 мкм показали, що перші 3 - 3,5 хвилин після включення ПЗЗ - матриця камери нагрівається від кімнатної температури до 35,74°C. Виявлені джерела теплового випромінювання всередині тепловізійної камери, які розташовані на електронних платах, нагріваються до 57,17°C.

Список використаної літератури

[1.] Маркіна О.М. Вимірювання лінійних розмірів за допомогою тепловізійних інформаційно-вимірювальних систем / О.М.Маркіна, В.А.Порев, Ю.А.Агінський // Восточно-европейский журн. передовых технологий. – 2013. – №2/10 (62). – С. 59-62.

[2.] Маркіна О.М. Визначення геометричних розмірів мікрооб'єктів за допомогою тепловізійних вимірювальних систем / М.О.Маркін, О.М.Маркіна, Ю.А.Агінський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування, – 2013. – Вип. 46. – С. 64-70.

[3.] Маркіна О.М. Измерение шероховатости с помощью телевизионной информационно-измерительной системы / О.М.Маркіна // ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи : XIII наук.-техн. конф., 23–24 квітня 2014 р. – К., 2014. – С. 138-139.

[4.] Пат. 89022 України, МПК (2006.01) G01B 11/04. Спосіб Маркіної вимірювання шорсткості поверхні / Маркіна О.М.; заявник НТУУ «КПІ». – № у 2013 12406, подано 22.10.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7. – 4 с.: іл.

[5.] Маркіна О.М. Оцінка похибки вимірювання геометричних параметрів за допомогою тепловізійних інформаційно-вимірювальних систем / М.О.Маркін, О.М.Маркіна // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування, – 2009. – Вип. 38. – С. 102-106.

[6.] Маркіна О.Н. Методы уменьшения погрешностей телевизионной информационно-измерительной системы / О.Н.Маркіна, Е.Э. Безгачев // Новые направления развития при-боростроения: 7-я междунар. науч.-техн. конф., 23-25 апреля 2014 г. – Минск, 2014. С. 5.

2 Повітряне охолодження тепловізійної камери дозволило збільшити корисний сигнал на 30%, а похибка вимірювання зменшилась вдвічі. На основі цих результатів запропоновано охолодження тепловізійної камери Novus-130 ВН за рахунок вентиляційних отворів в корпусі камери, використання вентиляторів або застосуванням охолоджуючих елементів Пельть'є на найбільш нагрітих ділянках камери.

[7.] Маркіна О. М. Формування вхідного сигналу в тепловізійній інформаційно-вимірювальній системі / М.О. Маркін, О. М. Маркіна // ПРИЛАДОБУДУВАННЯ 2011: стан і перспективи : X наук.-техн. конф., 21–22 квітня 2011 р. – К., 2011. – С. 148-149.

[8.] Скрипник Ю.О. Можливості та перспективи використання НВЧ-радіометрії в медицині та наукових дослідженнях // Скрипник Ю.О., Яненко О.П., Куценко В.П., Іващенко В.О. // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування, – 2003. – Вип. 25. – С. 130-136.

[9.] Maslov V., Dorozinsky G., Dunaevsky V. Thermal-Vision Method of Investigations and Control of Device Based on Surface Plasmon Resonance // Universal Journal of Control and Automation - 2013. - 1(2) – P. 34-39.

[10.] Филачев А.М., Таубкин И.И., Тришенков М.А. Твердотельная фотоэлектроника. Фотодиоды. - М. : Физматкнига, 2011. – 448 с.

Стаття надійшла до редакції 05.09.2014 р.