

Д. т. н. Г. А. ОБОРСКИЙ, к. т. н. О. С. САВЕЛЬЕВА, Ю. В. ШИХИРЕВА

Украина, Одесский национальный политехнический университет

E-mail: okssave@mail.ru

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕМЕНТОВ РЭА

Температурный режим радиоэлектронной аппаратуры является определяющим при экспресс-оценке ее эффективности при проектировании и эксплуатации. Предлагаемый метод заключается в фиксации теплового потока, испускаемого поверхностью, и трансформации его в видимый поток с помощью тепловизора, разделении на составляющие цвета с последующим применением к ним параболического преобразования. Результатом преобразования является число, используемое в качестве экспресс-критерия для оценки стабильности распределения тепла в аппарате. Предложенный метод обеспечивает точность измерений 4–7% по сравнению с 10–18% для существующих методов тепловизионных измерений.

Ключевые слова: температурный режим, инфракрасный видеопоток, тепловизор, параболическое преобразование, критерий стабильности.

Современные электронные и электротехнические устройства состоят, как правило, из множества элементов, тепловые процессы в которых существенным образом определяют их рабочее состояние. Постоянный мониторинг таких процессов и в пространстве, и во времени является необходимым условием управления рисками в работе подобных устройств и применяется как на этапе эксплуатации, так и при их проектировании на этапе тепловых испытаний [1, 2]. Такой подход широко применяется и в смежных технических областях, где температурные поля различных поверхностей изменяются сравнительно быстро, а влияние их на состояние объекта является определяющим [3–6].

Если элементов много, латентное повышение температуры одного или нескольких из них может быть замечено слишком поздно — когда эти элементы, а значит, и все устройство в целом уже потеряли работоспособность.

Применение тепловизора (видеокамеры, преобразующей невидимые инфракрасные лучи в лучи видимого спектра) [7, 8] для мониторинга нежелательных изменений температуры в большинстве случаев не снимает проблему, т. к. за отдельными изменениями теплового поля поверхности объекта, работающего в переходных режимах как в пространстве, так и во времени, трудно уследить, а тем более, оценить их количественно. Наличие экспресс-метода интегральной оценки термических изменений объекта позволяет предотвратить нежелательное развитие событий. Однако существующие методы оперируют только видеопотоком «после тепловизора» и не принимают во внимание его цветовые со-

ставляющие. Это ограничивает их точность, составляющую не менее 10–18% [9].

Целью настоящей работы является повышение точности измерения термических параметров радиоэлектронных печатных узлов при их изготовлении и в процессе эксплуатации с помощью тепловизора путем дополнительного учета инфракрасного потока от объекта измерения «до тепловизора», а также цветовой гаммы видеопотока «после».

Схема предложенного нами экспресс-метода измерения текущих изменений в интегральной температуре элементов электронной и электротехнической аппаратуры с помощью инфракрасного (ИК) видеопотока, испускаемого их поверхностями, приведена на **рис. 1** (см. здесь, а также в цвете на 3-й стр. обложки).

Как видно из рисунка, структура системы для реализации разработанного экспресс-метода состоит из трех основных подсистем:

- аппаратной, включающей оборудование для получения и первичной обработки ИК-потоков (тепловизор, видеокамера, программы выделения смежных кадров видеопотока и их предварительной обработки);

- программной, включающей программы параболического преобразования смежных кадров видеопотока и расчета параболического критерия пространственно-временных изменений в тепловом поле поверхности объекта мониторинга;

- математической модели тепловых процессов, происходящих в объекте измерения, которая построена на методах решения нелинейных задач нестационарной теплопроводности в твер-

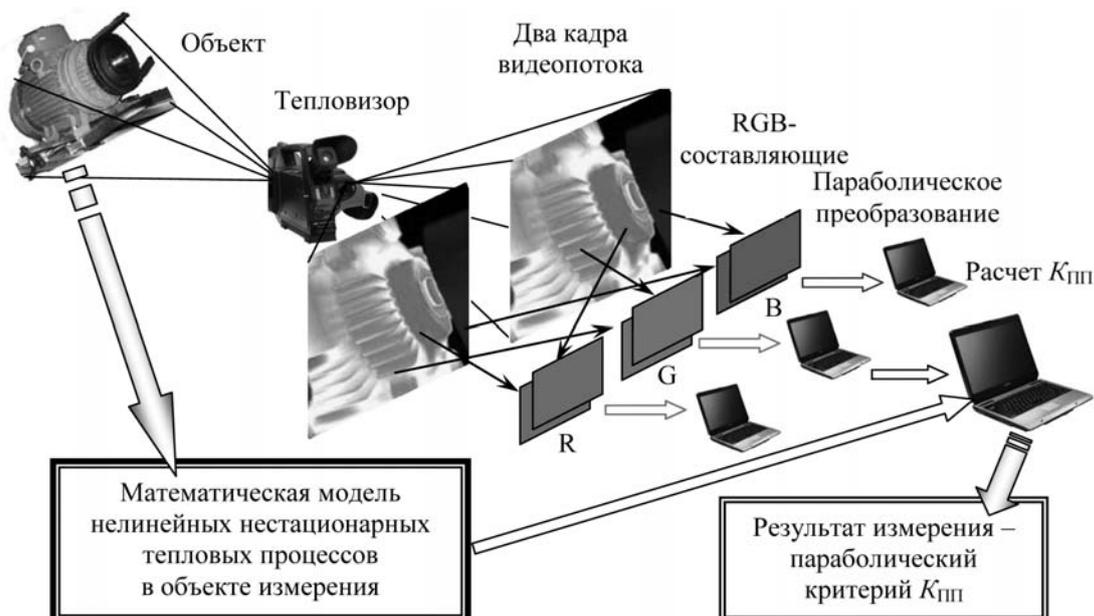


Рис. 1. Схема измерений предлагаемым экспресс-методом

дых телах [10–13] и которая необходима для проверки адекватности результатов, а также получения сравнительных значений расчетного параболического критерия [14].

Последняя подсистема при необходимости многократных измерений может быть организована с помощью электрической модели, основанной на аналогиях электрических и тепловых процессов [15].

Аппаратная и программная основы метода

В работе использовали тепловизор модели TN-9100 — современную миниатюрную профессиональную тепловизионную систему на основе неохлаждаемого матричного детектора (UFPA) 6-го поколения. Спектральный диапазон тепловизора составляет 8–14 мкм. Общий диапазон измеряемых температур — от -40 до $+2000^{\circ}\text{C}$, реально используемый в работе — от 20 до 90°C , чувствительность менее $0,06^{\circ}\text{C}$. Прибор портативен и компактен (1,6 кг с аккумулятором и LCD-дисплеем), позволяет сохранять термоизображения на Compact Flash карте памяти и записывать текстовые и голосовые комментарии. В его состав входит встроенная цветная видеокамера $0,41 \text{ MPix}$. Прибор обладает многообразным функциями анализа и настройки термоизображений в масштабе реального времени, а также цифровыми интерфейсами IEEE1394, RS-232.

Поскольку видеопоток в декодированном виде представляет собой последовательный набор статических изображений, отдельные кадры получали с помощью программы для редактирования и обработки видеопотоков Virtualdub [16]. В результате изображения в формате TGA были представлены в виде прямоугольника размером

$I \times J$ пикселей, пронумерованных последовательно в соответствии с телевизионной разверткой. В дальнейшем предварительную обработку изображений — бинаризацию, инверсию и пр. выполняли с помощью пакетов прикладных программ Adobe Photoshop CS2 и Paint.net [17, 18].

Параболическое преобразование учитывает, как было указано выше, не только пространственное, но и временное распределение температуры на поверхности объекта, поэтому в него вовлекаются два кадра видеопотока, расстояние между которыми, измеряемое числом кадров, выбирается пользователем метода. Им же, в зависимости от скорости развития исследуемых процессов, определяется и частота кадров исходной видеосъемки.

Математическая основа метода

Как известно, сложный цвет элемента любого изображения (пиксела) интенсивностью z (z — целое число из интервала $[0, 255]$) состоит из трех составляющих: красного, зеленого и синего цветов. Аналитически это можно записать как

$$z = 0,299r + 0,587g + 0,114b, \quad (1)$$

где r, g, b — целочисленные интенсивности, соответственно, красной, зеленой и синей составляющих элемента изображения, также входящие в интервал $[0, 255]$. Коэффициенты при них получены по правилу баланса белого цвета, отражающего физиологические особенности зрения человека.

Итак, на входе математической части метода — два кадра видеопотока после бинаризации и (если необходимо) инверсии. Они содержат массивы пикселей $r_{i,j,k}$, $g_{i,j,k}$ и $b_{i,j,k}$, где $i (i \in I)$,

$j (j \in J), k (k \in K)$ – дискретные номера пикселей вдоль координат (i, j) плоского изображения и времени (k) соответственно, а также их «горизонтальные» – $r_{(i-1),j,k}, g_{(i-1),j,k}, b_{(i-1),j,k}, r_{(i+1),j,k}, g_{(i+1),j,k}, b_{(i+1),j,k}$, «вертикальные» – $r_{i,(j-1),k}, g_{i,(j-1),k}, b_{i,(j-1),k}, r_{i,(j+1),k}, g_{i,(j+1),k}, b_{i,(j+1),k}$ и «временные» – $r_{i,j,(k-1)}, g_{i,j,(k-1)}, b_{i,j,(k-1)}, r_{i,j,(k+1)}, g_{i,j,(k+1)}, b_{i,j,(k+1)}$ соседи.

На выходе – коэффициенты преобразований $D_{i,j,r}, D_{i,j,g}, D_{i,j,b}$ (от каждого из цветов), полученные по формулам

$$D_{i,j,r} = \frac{r_{i,j,(k+1)} - r_{i,j,k}}{r_{(i+1),j,k} + r_{(i-1),j,k} + r_{i,(j+1),k} + r_{i,(j-1),k}}; \quad (2)$$

$$D_{i,j,g} = \frac{g_{i,j,(k+1)} - g_{i,j,k}}{g_{(i+1),j,k} + g_{(i-1),j,k} + g_{i,(j+1),k} + g_{i,(j-1),k}}; \quad (3)$$

$$D_{i,j,b} = \frac{b_{i,j,(k+1)} - b_{i,j,k}}{b_{(i+1),j,k} + b_{(i-1),j,k} + b_{i,(j+1),k} + b_{i,(j-1),k}}. \quad (4)$$

Коэффициентов $D_{i,j}$ для каждого из трех пар изображений столько, сколько в нем пикселей, т. е. $I \times J$. Пронормировав их от 0 до 255 с помощью выражений

$$r_{i,j}^p = \text{Int} \left(256 \frac{|D_{i,j,r} - D_{\min r}|}{|D_{\max r} - D_{\min r}|} \right); \quad (5)$$

$$g_{i,j}^p = \text{Int} \left(256 \frac{|D_{i,j,g} - D_{\min g}|}{|D_{\max g} - D_{\min g}|} \right); \quad (6)$$

$$b_{i,j}^p = \text{Int} \left(256 \frac{|D_{i,j,b} - D_{\min b}|}{|D_{\max b} - D_{\min b}|} \right); \quad (7)$$

получим три монохромных сеточных поля дискретных яркостей $r_{i,j}^p, g_{i,j}^p$ и $b_{i,j}^p$ (пример одного из них приведен на рис. 2), которые могут принимать одно из двух значений – «черное» 0 или «белое» 255 размером $I \times J$ каждое, соответствующие трем исходным цветам разложения.



Рис. 2. Пример результата параболического преобразования двух кадров для одного из цветов разложения

Фактически, это три новых черно-белых изображения, представляющих собой результат параболического преобразования двух цветных кадров видеопотока.

Верхний индекс « p » в выражениях (5) – (7) означает, что интенсивность относится уже не к пикселям исходного видеопотока, а к пикселям результата параболического преобразования.

Основное свойство результата параболического преобразования (РПП), используемое в данной работе, – наличие «белых» пикселей на «черном» фоне только в тех местах, в которых происходило изменение яркости исходных пикселей в пространстве (распространение тепла) или во времени (повышение температуры) [17–20]. Подсчитав количество «белых» пикселей на РПП трех цветных пар кадров видеопотока (N_r, N_g, N_b) и просуммировав их, можно с учетом (1) получить окончательное выражение для критерия параболического преобразования цветного видеопотока (параболического критерия)

$$K_{\text{ПП}} = 0,299N_r + 0,587N_g + 0,114N_b. \quad (8)$$

Существуют различные варианты использования этого критерия для оценки термического состояния объекта. Приведем три из них.

При стационарном режиме признаком нестабильности работы элемента можно считать превышение параболическим критерием $K_{\text{ПП}}$ некоторого заданного верхнего порога (рис. 3):

$$K_{\text{ПП}} > K_{\text{ПП max}}. \quad (9)$$

При переходных режимах признаками нестабильности работы элемента являются условия:

– если площадь S , заключенная между расчетным графиком зависимости $K_{\text{ППp}}(\tau)$ (кривая 1 на рис. 4, а) и графиком $K_{\text{ППt}}(\tau)$, полученным с помощью предлагаемого экспресс-метода (кривая 2), превышает некоторый заданный порог S_{max} , т. е.

$$S_{\text{max}} < S = \sum_{t=1}^T \left| \int_{\tau_{\text{нт}}}^{\tau_{\text{кт}}} K_{\text{ППp}}(\tau) d\tau - \int_{\tau_{\text{нт}}}^{\tau_{\text{кт}}} K_{\text{ППt}}(\tau) d\tau \right|, \quad (10)$$

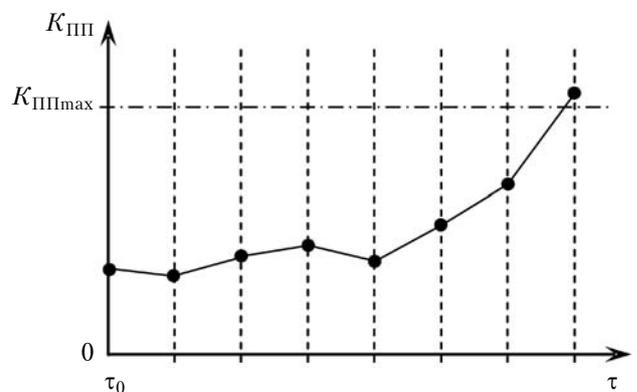


Рис. 3. График контроля во времени (τ) теплового режима объекта при стационарном режиме

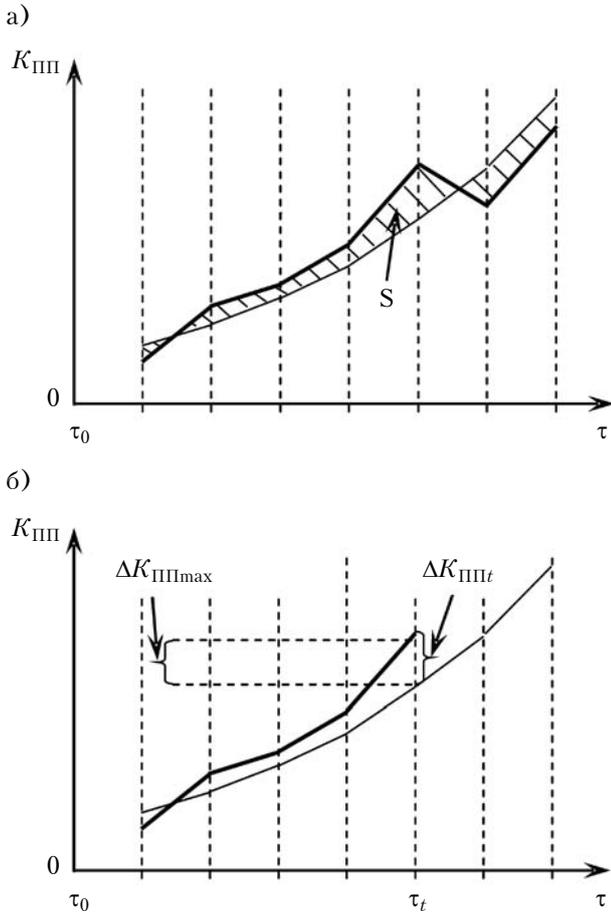


Рис. 4. Схема контроля в соответствии с критерием (10) (а) и с критерием (11) (б) теплового режима объекта при переходном режиме его работы

где $K_{III_{pt}}(\tau)$ и $K_{III_t}(\tau)$ — линейные аппроксимации дискретной переменной на t -м интервале наблюдения (см. рис. 4, а);

— если текущее (t -е) отклонение разности $\Delta K_{III_{pt}}$, соответствующей разности значений расчетной переходной температуры и температуры, измеренной предлагаемым экспресс-методом, превышает некоторый заданный порог $\Delta K_{III_{max}}$ (см. рис. 4, б):

$$\Delta K_{III_{max}} < \Delta K_{III_{pt}} = |K_{III_{pt}} - K_{III_t}|. \quad (11)$$

Таким образом, предложенный критерий оценки термического состояния объекта может быть использован в качестве признака нестабильности работы элемента. Разработанный метод позволяет в режиме реального времени достаточно просто организовать контроль теплового состояния объекта (печатного узла, электромеханического устройства и т. п.), отслеживать развитие теплового процесса как в пространстве, так и во времени, благодаря чему можно заблаговременно принять решение об изменении параметров режима работы объекта или его замене. При проведении измерений предложенным методом обеспечивается точность 4–7% по срав-

нению с 10–18% для известных методов телевизионных измерений.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Вавилов В. П. Тепловые методы неразрушающего контроля: Справочник. — Москва: Машиностроение, 1991.
2. Аксенов Ю. П., Голубев А. В., Завидей В. И. Новые подходы к контролю технического состояния трансформаторов тока типа ТФРМ на рабочем напряжении // Энергетик. — 2004. — № 3, с. 27–31; № 4, с. 35–39.
3. Оборский Г. А., Бовнегра Л. В., Шихирева Ю. В., Духанина М. А. Метод измерения тепловых параметров затвердевания бетона по инфракрасным видеопотокам от поверхности детали // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві: зб. наук. праць. — Одеса: АТ Бахва, 2013 — Вип. 1(2). — С. 33 – 40.
4. Становский А. Л., Бовнегра Л. В., Шихирева Ю. В. Исследование остывания литейной формы с помощью параболического преобразования видеопотока от тепловизора // Матер. VIII Междунар. науч.-практ. конфер. «Литье-2012» — Запорожье. — 2012. — С. 245 – 247.
5. Бовнегра Л. В., Становский А. Л., Шихирева Ю. В. Оценка надежности режущего инструмента с помощью параболического преобразования видеопотока со сходящей стружки // Труды XIII Междунар. науч.-практ. конфер. «Современные информационные и электронные технологии». — Украина, г. Одесса. — 2012. — С. 44.
6. Становский А. Л., Желдубовский Д. А., Шихирева Ю. В. Исследование технологических процессов литейного производства по видеопотоку от тепловизора // Матер. Междунар. науч.-практ. конфер. «Литейное производство: технологии, материалы, оборудование, экономика и экология». — Украина, г. Киев. — 2012. — С. 274 – 275.
7. Афонин А. В., Ньюпорт Р. К., Поляков В. С. и др. Инфракрасная термография в энергетике. Т. 1. Основы инфракрасной термографии. — Санкт-Петербург.: ПЭИПК, 2000.
8. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы. Техника. Применение. — Москва: Мир, 1988.
9. Становский А. Л., Бовнегра Л. В., Шихирева Ю. В. Разработка нового метода и средств измерения тепловых параметров затвердевания железобетона // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Информационные технологии. — 2013. — № 4/3 (64). — С. 41–44.
10. Никитенко Н. И. Теория теплопереноса. — Киев: Наукова думка, 1983.
11. Коздоба Л. А. Решение нелинейных задач теплопроводности. — Киев: Наукова думка, 1976.
12. Беляев Н. М., Рядно А. А. Математические методы теплопроводности: Учебное пособие. — Киев: Наукова думка, 1993.
13. Пехович А. И., Жидких В. М. Расчеты теплового режима твердых тел. — Ленинград: Энергия, 1976.
14. Шихирева Ю. В., Бовнегра Л. В. Интеллектуальное информационное обеспечение тепловых измерений // Матер. XX Науч.-технич. семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». — Украина, г. Одесса. — 2012. — С. 32 – 34.
15. Кузьмин М. П. Электрическое моделирование нестационарных процессов теплообмена. — Москва: Энергия, 1974.
16. Грибунин В. Объективные метрики для оценки качества видеокодексов // Технологии защиты. — 2008. — № 2. — С. 18–21.
17. Становский П. А., Бовнегра Л. В., Шихирева Ю. В. Автоматизированный мониторинг протекания технологических процессов с помощью низкочастотных видеопотоков //

36. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. – 2012. – Вип. 25 (II). – С. 70–74.

18. Становский П. А., Бовнегра Л. В., Шихирева Ю. В. Параболическое преобразование полноцветного видеопотока от тепловизора // Праці Одеського політехніч. ун-ту. – 2012. – Вип. 2(39). – С. 67–71.

19. Бовнегра Л. В., Становский П. А., Шихирева Ю. В. Оценка состояния режущего инструмента с помощью анализа видеопотока со сходящей стружки // Матер. XXV Междунар. науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-25». – Россия, Саратов,

Волгоград; Украина, г. Харьков. – 2012. – Т. 10. – С. 32–36.

20. Бовнегра Л. В., Становский П. А., Шихирева Ю. В. Параболическое преобразование цветного видеопотока // Матер. XX Науч.-технич. семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Украина, г. Одесса. – 2012. – С. 28–32.

Дата поступления рукописи
в редакцию 11.03 2013 г.

Г. О. ОБОРСЬКИЙ, О. С. САВЕЛЬЄВА, Ю. В. ШИХІРЕВА

Україна, Одеський національний політехнічний університет

E-mail: okssave@mail.ru

ЕКСПРЕС-МЕТОД ОЦІНКИ ЗМІН ТЕМПЕРАТУРИ ЕЛЕМЕНТІВ РЕА

Температурний режим радіоелектронної апаратури є визначальним при експрес-оцінці ефективності при її проектуванні і експлуатації. Запропонований метод оцінки полягає у фіксації теплового потоку, що випускається поверхню, трансформації його у видимий потік за допомогою тепловізора, поділу на складові кольори з подальшим застосуванням до них параболічного перетворення. Результатом перетворення є число, використовуване як експрес-критерій для оцінки стабільності розподілу тепла в апараті. Запропонований метод забезпечує точність вимірювань 4–7% порівняно з 10–18% для існуючих методів тепловізійних вимірювань.

Ключові слова: температурний режим, інфрачервоний відеопотік, тепловізор, параболічне перетворення, критерій стабільності.

DOI: 10.15222/ТКЕА2014.2-3.12
UDC 681.5.08

G. A. OBORSKII, O. S. SAVEL'eva, YU. V. SHIKHIREVA

Ukraine, Odessa National Polytechnic University

E-mail: okssave@mail.ru

RAPID METHOD TO ESTIMATE TEMPERATURE CHANGES IN ELECTRONICS ELEMENTS

Thermal behavior of electronic equipment is the determining factor for performing rapid assessment of the effectiveness of design and operation of the equipment. The assessment method proposed in this article consists in fixation of an infrared video stream from the surface of the device and converting it into a visible flow by means of a thermal imager, splitting it into component colors and their further processing using parabolic transformation. The result of the transformation is the number used as a rapid criterion for estimation of distribution stability of heat in the equipment.

Keywords: temperature range, infrared video stream, imager, parabolic transformation, stability criterion.

REFERENCES

1. Vavilov V.P. *Teplovye metody nerazrushayushchego kontrolya* [Thermal NDT methods: Directory]. Moscow, Mashinostroenie, 1991. (in Russian)

2. Aksenov Yu.P., Golubev A.V., Zavidel V.I. [New approaches to the control of the technical state of current transformers TFRM on the operating voltage]. *Energetic*, 2004, no 3, pp. 27-31; no 4, pp. 35-39. (in Russian)

3. Oborskii G.A., Bovnegra L.V., Shikhireva Yu.V., Dukhanina M.A. [Method for measuring thermal properties of concrete hardening on the infrared video streams from the workpiece surface]. *Informatychni tehnologii v osviti, nautzi ta vurobnutstvi: zb. nauk. pratz*, Odessa, 2013, vol. 1(2), pp. 33-40. (in Russian)

4. Stanovskii A.L., Bovnegra L.V., Shikhireva Yu.V. [Study of cooling the mold with a parabolic video conversion from thermal] *Mat. of the VIII Intern. sc.-pract. conf.*

“Lit'yo-2012”, Ukraine, Zaporozhye, 2012, pp. 245-247 (in Russian).

5. Bovnegra L.V., Stanovskii A.L., Shikhireva Yu.V. [Evaluation of reliability of the cutting tool with a parabolic transformation with convergent video chip]. *Proc. of the XIII Intern. sc.-pract. conf. “MIET”*, Ukraine, Odessa, 2012, p. 44. (in Russian)

6. Stanovskii A.L., D.A.Zheldubovskii, Shikhireva Yu.V. [Research process foundry on the video stream from the Imager]. *Mat. of the II Intern. sc.-pract. conf. “Foundry: technology, materials, equipment, economy and ecology”*, Ukraine, Kiev, 2012, pp. 274-275. (in Russian).

7. Afonin A.V., N'yuport R.K., Polyakov V.S. et al. *Infrakrasnaya termografiya v energetike*, vol. 1: *Osnovy infrakrasnoi termografii [Infrared thermography in the energy sector. Vol. 1: Fundamentals of infrared thermography]*. SPb., PEIPK, 2000, vol. 1, 240 p. (in Russian).

8. Gossorg Zh. *Infrakrasnaya termografiya. Osnovy. Tekhnika. Primenenie* [Infrared thermo-graphy. Basics. Tech. application]. Moscow, Mir, 1988. (in Russian)
9. Stanovskii A.L., Bovnegra L.V., Shikhireva Yu.V. [Development of a new method and means of measuring thermal properties of hardening concrete]. *Eastern-european journal of enterprise technologies*, 2013, no 4/3 (64), pp. 41-44. (in Russian)
10. Nikitenko N.I. *Teoriya teplomassoperenosa* [The theory of heat and mass transfer]. Kiev, Naukova dumka, 1983, 352 p. (in Russian)
11. Kozdoba L.A. *Reshenie nelineinykh zadach teploprovodnosti* [Solution of nonlinear heat conduction problems]. Kiev, Naukova dumka, 1976, 136 p. (in Russian)
12. Belyaev N.M., Ryadno A.A. *Matematicheskie metody teploprovodnosti* [Mathematical methods of thermal conductivity]. Kiev, Naukova dumka, 1993, 415 p. (in Russian)
13. Pekhovich A.I., Zhidkikh V.M. *Raschety teplovogo rezhima tverdykh tel* [Calculations of the thermal regime of solids]. Leningrad, Energiya, 1976, 352 p. (in Russian)
14. Shikhireva Yu.V., Bovnegra L.V. [Intelligent information provision thermal measurements]. *Mat. of the XX Sc.-techn. sem. "Modelirovanie v prikladnuch nauchnuch issledovaniyach"*, Odessa, 2012, pp. 32-34. (in Russian)
15. Kuz'min M.P. *Elektricheskoe modelirovanie nestatsionarnykh protsessov teploobmena* [Electrical simulation of unsteady heat transfer processes]. Moscow, Energiya, 1974, 416 p. (in Russian)
16. Gribunin V. [Objective metrics to evaluate the quality of video codecs]. *Tekhnologii zashchity*, 2008, no 2, pp. 18-21. (in Russian)
17. Stanovskii P.A., Bovnegra L.V., Shikhireva Yu.V. [Automated monitoring of flow processes using low-frequency streams]. *Zb. nauk. prats' Kirovograds'kogo natsional'nogo tekhnichnogo universitetu*, 2012, iss. 25 (II), pp. 70-74. (in Russian)
18. Stanovskii P.A., Bovnegra L.V., Shikhireva Yu.V. [Parabolic transformation from a full-color video imager] *Works of the Odessa polytechnic university*, 2012, iss. 2(39), pp. 67-71. (in Russian)
19. Bovnegra L.V., Stanovskii P.A., Shikhireva Yu.V. [Assessment of the cutting tool by analyzing the video stream from the converging swarf]. *Mat. of the XXV Int. sc. conf. "MMTT-25"*, Russia, Saratov, Volgograd; Ukraine, Kharkiv, 2012, vol. 10, pp. 32-36. (in Russian)
20. Bovnegra L.V., Stanovskii P.A., Shikhireva Yu.V. [Parabolic transformation colored stream]. *Mat. of the XX Sc.-techn. sem. "Modelirovanie v prikladnuch nauchnuch issledovaniyach"*, Odessa, 2012, pp. 28-32. (in Russian)

ВЫСТАВКИ. КОНФЕРЕНЦИИ

**VI Українсько-польська науково-практична конференція
«Електроніка та інформаційні технології»**

27–31 серпня 2014 р.

Місця проведення конференції:

Львівський національний університет імені Івана Франка

Мукачівський державний університет

Спортивно-оздоровчий табір «Карпати» ЛНУ, смт. Чинадієво Закарпатської області

Робочі мови конференції: українська, англійська, польська, російська.

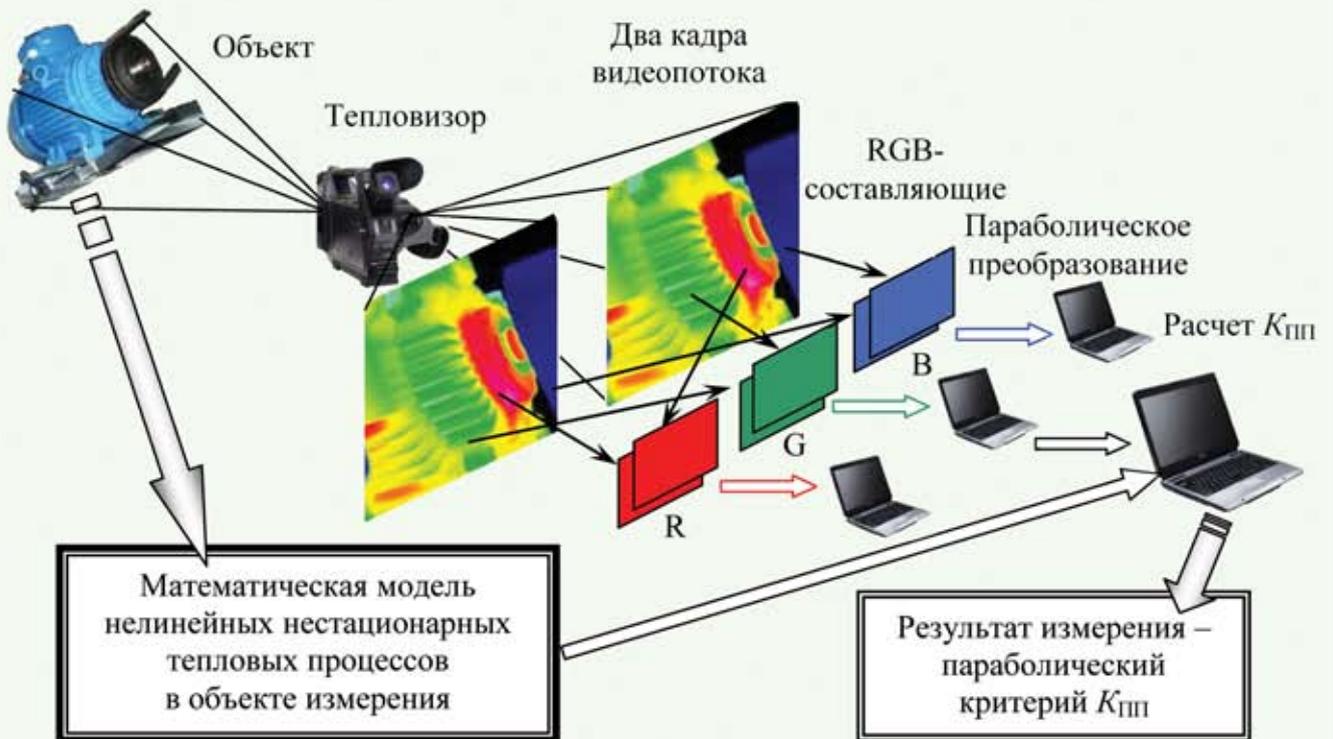
Тематичні напрямки роботи конференції

Інформаційні системи і технології
Мікро- та наноелектроніка
Методи і засоби обробки сигналів і зображень
Матеріали електронної техніки
Прикладні інформаційні технології і системи
Напівпровідникова електроніка та оптоелектроніка
Геоінформаційні технології та системи
Наноплазмоніка
Веб-технології
Електронні прилади та системи
Моделювання явищ, процесів і систем в електроніці
Високопродуктивні обчислювальні системи
Мікропроцесорні інформаційні системи
Комп'ютерне моделювання
Моніторинг та діагностика параметрів середовищ та матеріалів

elit2014@electronics.lnu.edu.ua

<http://www.iop.kiev.ua/new.php?id=25>

К статье «Экспресс-метод оценки изменений температуры элементов РЭА с помощью ИК-видеопотока, испускаемого их поверхностями»



К статье «Формирование резких границ раздела в эпитаксиальных структурах $p^+-AlGaAs/n-GaAs$ МОС-гидридной эпитаксии»

