

Физическая аппаратура и ее элементная база

УДК 621.383

Тепловизионная камера на основе неохлаждаемых микроболометрических ФПУ

А. М. Филачев, В. П. Пономаренко, И. И. Таубкин, В. Д. Бочков,
Б. Н. Дрожников, А. С. Медведев, М. Л. Храпунов

Государственное унитарное предприятие «НПО "Орион"» — ГНЦ РФ, Москва, Россия

Ю. И. Борисов

ЗАО НТЦ "Модуль", Москва, Россия

Представлены результаты разработки тепловизионной камеры (ТК) на основе матричного микроболометрического фотоприемника, выполненной в ГУП «НПО "Орион"» с участием ЗАО НТЦ "Модуль". Тепловизионная камера предназначена для широкого применения в энергетике, строительстве, промышленности, медицине, а также для мониторинга окружающей среды. Приведены описания принципа действия ТК, системы управления ее, конструкции ТК, а также режимов работы и основных особенностей ее применения.

В индустриально развитых странах широкое распространение получили разработки тепловизионных приборов так называемого "третьего поколения", основанных на применении матричных фотоприемных устройств, работающих в "смотрящем режиме".

Особое место занимают тепловизионные приборы на основе разработанных в течение последних лет микроболометрических фотоприемных устройств, основные преимущества которых связаны с довольно высокой чувствительностью при отсутствии охлаждения [1—3].

Благодаря этим качествам можно создавать приборы, отличающиеся небольшими габаритными размерами, массой и энергопотреблением.

Технико-экономические показатели таких приборов в сочетании с высокой надежностью и относительно низкой стоимостью делают их перспективными, особенно для гражданских применений.

В ГУП «НПО "Орион"» наряду с ведущимися работами по созданию микроболометрических матриц выполнена разработка тепловизионного прибора гражданского применения на основе микроболометрического фотоприемника формата 320×240.

Описание принципа действия ТК

Принцип действия ТК может быть описан с помощью функциональной схемы тепловизионного прибора (рис. 1).

Тепловизионный прибор состоит из следующих составных частей:

объектива с фокусным расстоянием 50 мм, формирующего в фокальной плоскости изображение и обеспечивающего поле зрения 13×17°;

матричного микроболометрического фотоприемного устройств форматом 240×320, где в герметичном вакуумируемом корпусе на термоэлектрическом охладителе установлен матричный фотоприемник с мультиплексором и датчиком температуры;

устройства предварительной обработки, обеспечивающего с помощью специального микроконтроллера управление, питание и термостабилизацию ФПУ. Выходной сигнал ФПУ здесь преобразуется с помощью АЦП в цифровой 14-разрядный двоичный код, при этом преобразование обеспечивается без потерь динамического диапазона и отношения сигнал/шум;

устройства калибровки, обеспечивающего так называемую двухточечную коррекцию (устранение "геометрического шума" и выравнивание чувствительности) с помощью металлической черной "шторки", которая на время калибровки с помощью привода (шагового двигателя с червячной передачей) перекрывает входное окно ФПУ.

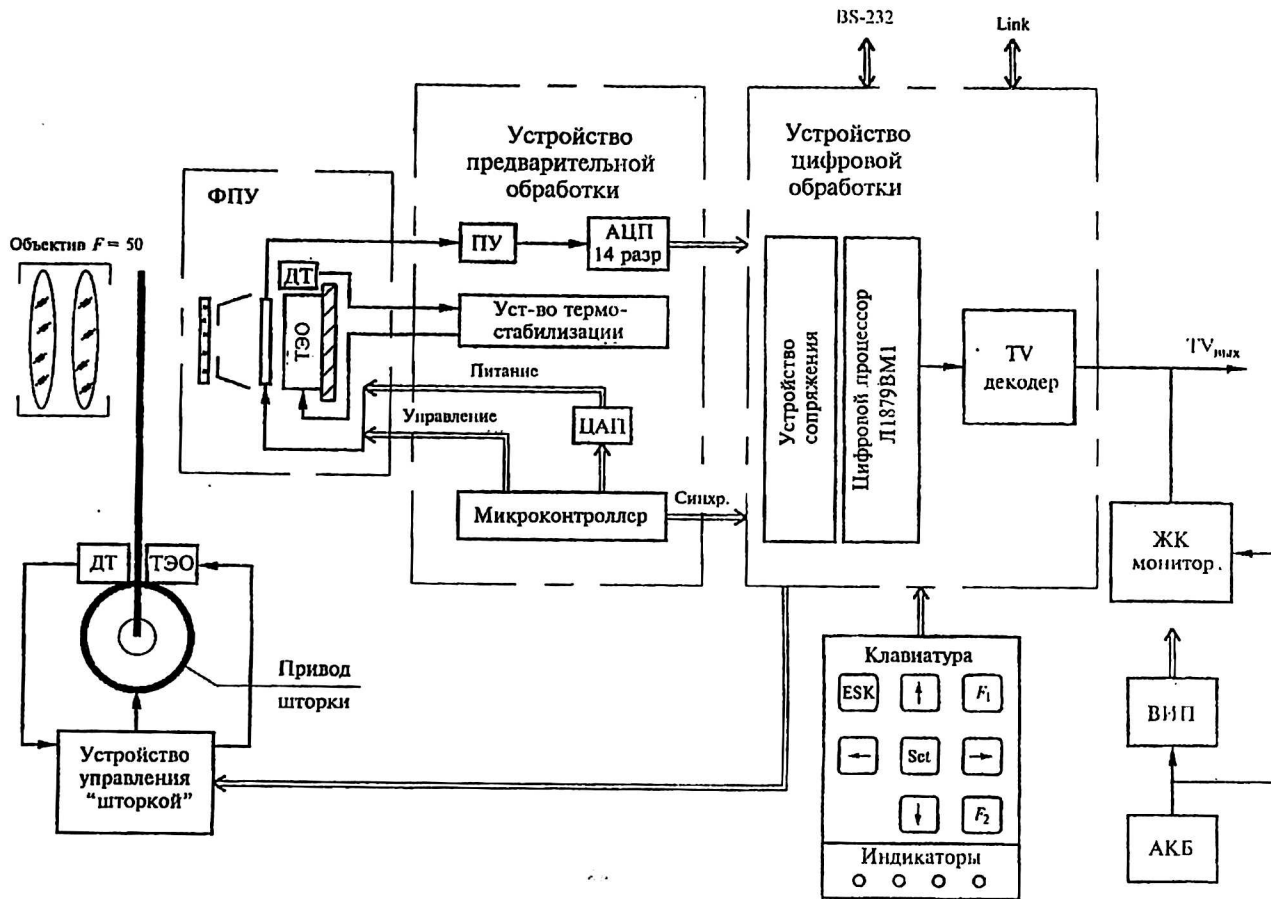


Рис. 1. Функциональная схема тепловизионной камеры

Устройство управления шторкой с помощью микроконтроллера устройства калибровки обеспечивает формирование управляющих сигналов, задающих режимы калибровки, и алгоритмы работы устройства, которые могут гибко перепрограммироваться. Калибровка по первой точке осуществляется "шторкой", имеющей температуру, равную температуре окружающей среды. Калибровка по второй точке осуществляется этой же "шторкой", но нагретой до более высокой температуры, которая "привязана" к температуре окружающей среды и устанавливается микроконтроллером с помощью датчика температуры и ТЭО, установленных на "шторке".

Устройство калибровки управляется в автоматическом и ручном режимах по командам от устройства цифровой обработки (УЦО).

Последнее состоит из интерфейсного субмодуля, вычислительного субмодуля и видеокодера. УЦО выполняет следующие функции:

обработку информации, поступающей от устройства предварительной обработки по соответствующим алгоритмам;

формирование с помощью видеокодера стандартного телевизионного сигнала;

управление тепловизионной камерой с помощью матричной клавиатуры и экранного меню;

обмен информацией с внешними устройствами с помощью соответствующих интерфейсов (RS-232 и быстродействующий байтовый канал Link).

Интерфейсный субмодуль служит для приема, предварительной обработки информации, ее преобразования и передачи в вычислительный субмодуль. Он состоит из контроллера управления на основе ПЛИС, оперативной памяти, видеопамяти и контроллера последовательного канала.

Вычислительный субмодуль выполнен на основе разработанного в НТЦ "Модуль" нейропроцессора типа Л1879ВМ1 (NM 6403), изготовленного по субмикронной технологии. Наряду с нейропроцессором в субмодуль входят микросхемы энергонезависимой, перепрограммируемой и оперативной памяти. Выходной телевизионный сигнал с выхода видеокодера поступает на ЖКИ-монитор, имеющий размер по диагонали 5" и формат 234×600 точек. Высокое разрешение матричного ФПУ и монитора, а также полученное в результате работы программно-

алгоритмическое обеспечение дают высокое качество изображения.

С помощью интерфейса ТК может подключаться к компьютеру для дистанционного управления и передачи накопленных тепловизионных изображений (кадров).

Управление ТК и режимы работы

В систему управления ТК заложены основные алгоритмы и возможности, обеспечивающие ее работу в различных режимах [4].

Основная особенность настоящей работы — системная, комплексная разработка современного программно-алгоритмического обеспечения, без которого создание приборов такого класса невозможно.

Представлены практически все виды современной цифровой программируемой техники (микроконтроллеры, микропроцессоры, ПЛИС, программируемая память), применение которой позволяет гибко решать вопросы выбора и корректировки режимов и алгоритмов работы прибора без изменения аппаратной части, а только за счет перепрограммирования.

При разработке ТК были реализованы известные алгоритмы обработки сигналов с матричных ИК-фотоприемников, обеспечивающие устранение аддитивной и мультипликативной погрешностей, выявление и замену дефектных площадок. Управление работой ТК осуществляется с помощью восьмикнопочной матричной клавиатуры, которая обеспечивает выбор соответствующего режима работы, отображенного на экранном меню. Взаимодействие клавиатуры и меню приведено на рис. 2.

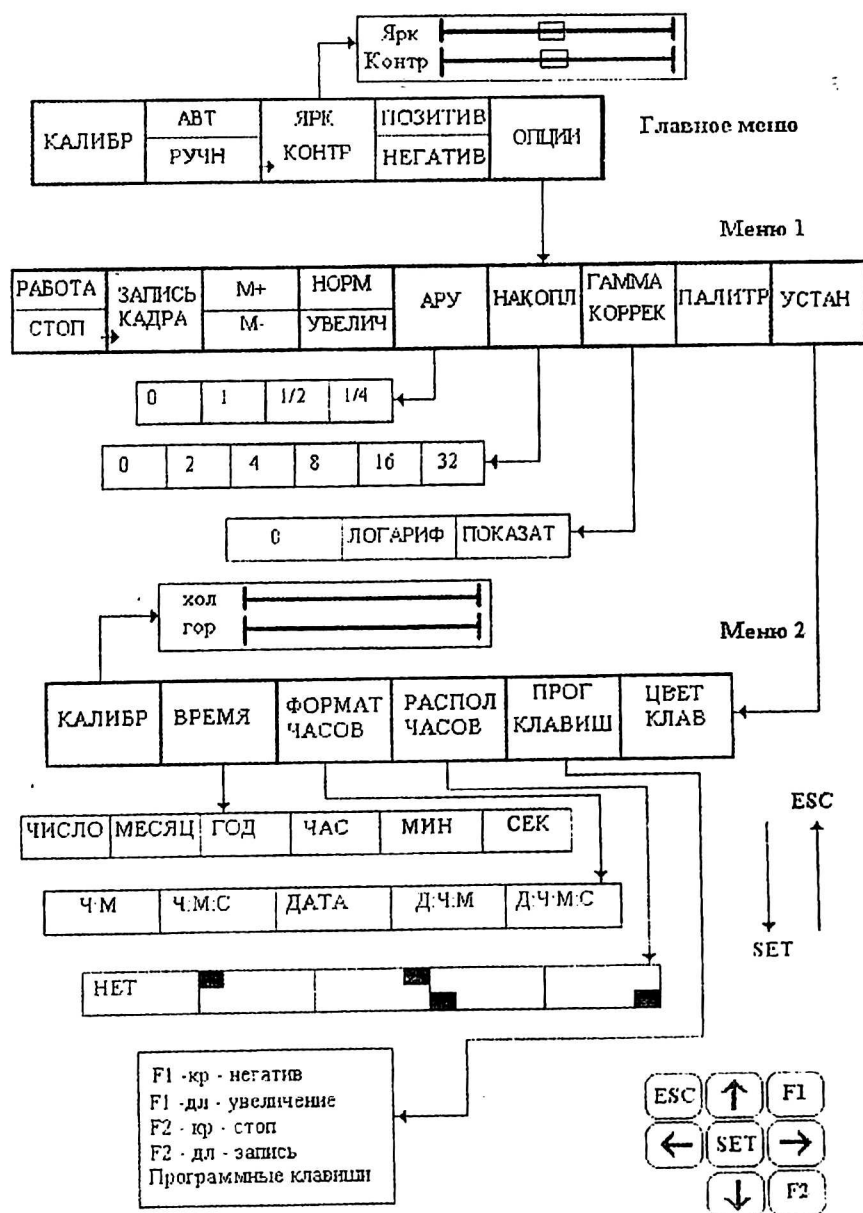


Рис. 2. Управление ТК (взаимодействие клавиатуры и меню)

Главное меню, которое появляется на экране монитора сразу же после включения питания, отображает основные, наиболее часто повторяемые операции: калибровку, регулировку яркости и контраста изображения, выбор позитивного или негативного изображения.

Остальные режимы отображаются в меню 1 и 2.

Меню 1. Обеспечивает выбор следующих функций:

- стоп-кадр с записью информации в память;
- электронное увеличение изображения;
- выбор и режим АРУ;
- накопление кадров до 32 с соответствующим повышением чувствительности;
- гамма-коррекция изображения для возможности работы с различными объектами и фонами;
- псевдоцветовая раскраска изображений;
- прицельный маркер.

Меню 2. Обеспечивает выбор следующих функций:

- калибровка в ручном режиме;
- установка даты и времени;
- формат и расположение знаков даты и времени;

присвоение программируемым клавишам заданных функций.

Конструкция ТК

Внешний вид прибора представлен на рис. 3. Он заключен в корпус из углепластика, на котором установлены матричная клавиатура с индикаторами основных режимов (включения питания, контроль заряда-разряда аккумуляторов, готовности и выхода прибора на режим), а также панель, где установлены основные переключатели и разъемы. Объектив имеет возможности фокусировки и диафрагмирования. ЖКИ-монитор прикреплен непосредственно к корпусу через шарнир, обеспечивающий возможность его разворота на удобный для зрения угол.

При разработке применен так называемый модульный принцип конструирования, представляющий возможности по созданию различных конструктивных модификаций тепловизионных приборов на основе микроболометрических матриц с различными массогабаритными и технико-экономическими показателями.

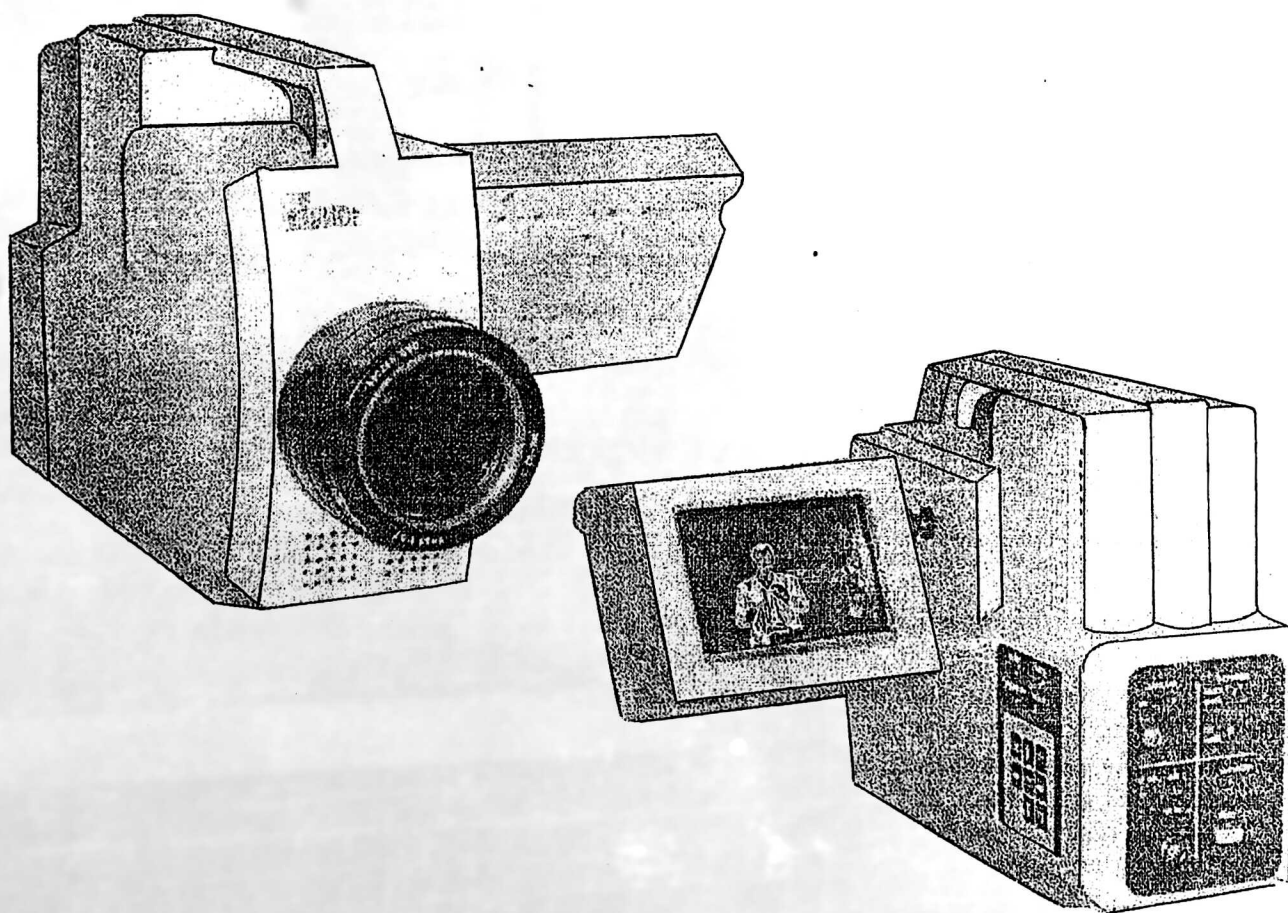


Рис. 3. Внешний вид ТК

Для работы в полевых условиях рекомендуется установка ТК на треногу, для которой предусмотрено посадочное место на днище корпуса. При работе ТК в автомобиле возможна работа от аккумуляторной батареи напряжением 12 В, при работе в стационарных условиях — подключение к сети 220 В, 50 Гц через адаптер.

Основные технические характеристики прибора

Диапазон регистрируемых температур, °С	..0—100
Температурное разрешение (РТЭШ), °С	.....<0,1
Спектральный диапазон, мкм	.....8—14
Тип фотоприемника	.....матрица на микроболлометрах формат 320×240
Поле зрения, град	.....13×17
Элементарное поле зрения, мрад	.....1
Дисплей	.....цветной активный ЖКИ-дисплей 5"
Выходы (интерфейс)	.....PAL, RS-232, Link
Источник питания	.....встроенный аккумулятор 12 В, 3 А/ч (адаптер от сети 220 В, 50 Гц)
Время работы (без заряда аккумулятора), ч. более	.....2
Габаритные размеры, мм	.....120×250×300

Заключение

Выполнена разработка ТК на основе матричного микроболлометрического фотоприемника,

предназначенной для широкого гражданского применения. ТК работает в реальном масштабе времени при частоте кадров 25 Гц и имеет высокие чувствительность и пространственное разрешение (разность температур, эквивалентную шуму, не хуже 0,1 К, и элементарное поле зрения 1 мрад).

Авторы статьи выражают благодарность сотрудникам ЗАО НТЦ "Модуль" Т. К. Чугуновой, Б. В. Сехно, П. Н. Яценко, Н. Б. Чурляеву, К. Г. Веюкову, Е. В. Шкрябай, А. С. Грошеву, А. В. Петровичеву и В. Ф. Ступаченко за разработку устройства цифровой обработки информации для ТК и его программно-алгоритмического обеспечения.

Литература

1. Butler N., Blackwell R. Dual use, low cost uncooled microbolometer imaging sistem// SPIE Proceedings. V. 2552, Infrared Technology XXI, July 1995. P. 558—591.
2. Marshall C. A., Breen T. Quantitative and Imaging Performance of Ucooled Microbolometer Sensors for Medical Applications// IEEE/EMBS Proceedings, October 1997. P. 718—721.
3. Breen T., Butler N. Applications of Ucooled Microbolometer Sensors//SPIE Proceedings, April 1998. V. 3379.
4. Breen T., Butler N. More Applications of of Ucooled Microbolometer Sensors//Ibid. July 1998. V. 3436. P. 530—540.

Thermal imaging camera based on uncooled microbolometric PDA

A. M. Filachev, V. P. Ponomarenko, I. I. Taubkin, V. D. Bochkov,
B. N. Drazhnikov, A. S. Medvedev, M. L. Khrapunov
ORION Research-and-Production Association, Moscow, Russia

Yu. I. Borisov

ZAO Scientific Technical Center "Module", Moscow, Russia

In the report the information is given about the development of a portable thermal imaging camera (TC) based on 240×320 microbolometric photodetective assembly. Results of calculated and experimental studies of TC are given as well as a technical description of the construction and TC principle of action. A built-in button panel and a screen menu control the camera. The camera has a built-in viewfinder and a remote LC-display. TC can be connected to a computer by the interface and transfer accumulated thermal vision images (frames). Outlet television signal allows observing the images on the monitor and recording them on the video tape recorder. TC characteristics are given in the conclusion.