

Заключение

Разработанное программно-алгоритмическое обеспечение предварительной обработки видеоданных КМСС отлажено на модельных изображениях и данных наземных тестовых съемок. Его окончательная отработка и отладка будет проводиться на этапе летно-конструкторских испытаний КА в потоковом режиме при обработке видеоданных КМСС в НЦ ОМЗ.

Литература

1. *Аванесов Г.А., Зиман Я.Л., Куделин М.И.* и др. Комплекс многозональной съемочной аппаратуры, разрабатываемый для КА «Метеор-М» // Современ. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса: Тез. докл. 3-й Всерос. открытой конф. Москва, ИКИ РАН, 14–17 нояб. 2005. М.: ИКИ РАН, 2005. С. 72.
2. *Жуков Б.С., Василейский А.С., Железнов М.М., Жуков С.Б., Бекренев О.В., Пермитина Л.И.* Задачи обработки многозональных видеоданных КМСС на КА «Метеор-М» // Современ. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса. Вып. 4. Т. 1. М.: ИКИ РАН, 2007. С. 222–228.
3. *Василейский А.С., Горбунов А.В., Форш А.А.* и др. Комплекс координатно-временного обеспечения системы управления полетом КА серии «Метеор-М» // Авиация и космонавтика-2006: Тез. докл. 5-й Международной конф. Москва, МАИ, 23–26 окт. 2006. М.: Изд-во МАИ, 2006. С. 268–269.
4. *Пахомов Л.А., Бекренев О.В., Пермитина Л.И., Аквилонова А.Б., Жуков Б.С., Василейский А.С.* Развитие информационной системы НЦ ОМЗ для обработки данных перспективного российского КА «Метеор-М» // Современ. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса: Тез. докл. 5-й Юбилейной открытой всерос. конф. Москва, ИКИ РАН, 12–16 нояб. 2007. М.: ИКИ РАН, 2007.
5. *Жуков Б.С., Василейский А.С., Железнов М.М., Жуков С.Б., Бекренев О.В., Пермитина Л.И.* Задачи обработки многозональных видеоданных КМСС на КА «Метеор-М» // Современ. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса. Вып. 4. Т. 1. М.: ИКИ РАН, 2007. С. 222–228.
6. *Меес Ж.* Астрономические формулы для калькуляторов. М.: Мир, 1988.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОТРАБОТКИ ПРИБОРОВ КОМПЛЕКСА МНОГОЗОНАЛЬНОЙ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ

Е.В. Коломеец

Институт космических исследований
Российской академии наук, Москва

Представлены результаты разработки аппаратно-программного комплекса (АПК) для наземной отработки приборов КМСС. Приведена структурная схема АПК и его составных частей. Рассмотрен принцип работы имитаторов видеосигнала. Перечислены основные возможности программно-алгоритмического обеспечения для отработки аппаратных интерфейсов КМСС.

The results of developing the hard- and software system (APK) for ground processing the Satellite multispectral imaging system's instruments (KMSS) are presented. The block diagram of APK and its elements is given. Principle of the videosignal imitator operation is considered. Main capabilities of software developed for processing the KMSS hardware interfaces are listed.

Введение

На протяжении последних нескольких лет в оптико-физическом отделе ИКИ РАН совместно с АНО «Космос-НТ» было создано несколько типов многозональных сканирующих устройств (МСУ) для съемки земной поверхности из космоса. Назначение МСУ, его характеристики и принципы взаимодействия в составе комплекса многозональной спутниковой съемки (КМСС) с аппаратурой КА «Метеор-М» рассматривались в статьях [1, 2].

Наряду с этим, несколько ранее, была завершена разработка опытного образца авиационного комплекса дистанционного зондирования (АКДЗ), предназначенного для стереосъемок земной поверхности с самолетов. Назначение такого комплекса — создание топографических карт в масштабе М 1:5000–1:50 000.

И в том, и в другом случае речь шла о работе с приборами, использующими принцип цифровой съемки, основанный на регистрации и передаче изображения объекта, попадающего в поле зрения оптического объектива, посредством

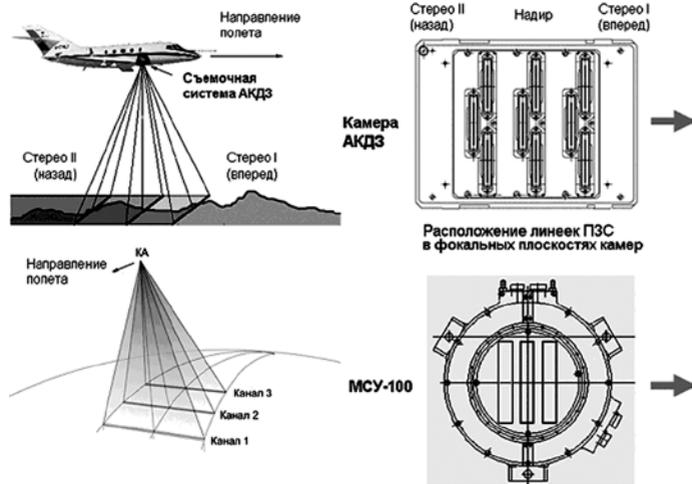


Рис. 1. Принцип формирования изображения АКДЗ и МСУ

линейных ПЗС-детекторов (или ПЗС-линеек). На рис. 1 показан принцип формирования изображения полосы земной поверхности строчной камерой АКДЗ и МСУ при перемещении летательного аппарата относительно Земли.

Таким образом, перед разработчиками аппаратуры встал вопрос о наземной обработке приборов, проверке их работоспособности и возможности записи на твердые носители потоков видеоданных высокоскоростных каналов обмена (в перспективе до 1 Гбит/с) в режиме реального времени с целью их дальнейшей обработки.

При этом визуальный контроль принимаемых видеоданных и возможность изменения набора параметров управления приборов решались средствами специального программного обеспечения.

Состав аппаратно-программного комплекса многозональной спутниковой съемки (АПК КМСС) и назначение его составных частей

Современный АПК построен на базе персональной электронно-вычислительной машины платформы Intel и состоит из следующих функциональных частей:

- пульта оператора;
- управляющего компьютера, в состав которого входят:
 - системная плата с ЦПУ;
 - плата расширения интерфейса видеоданных стандарта CameraLink;
 - плата контроллера шины мультиплексного канала обмена (МКО);
 - плата контроллера накопителей шины данных PCI на жестких дисках;
- блока адаптера видеоинтерфейса (АВИ) CameraLink и целевой аппаратуры;
- имитаторов видеосигнала (ИВС);
- специального программного обеспечения АПК.

Структурная схема АПК КМСС приведена на рис. 2.

Три камеры МСУ подключаются к аппаратуре АПК КМСС через блок интерфейсов по интерфейсам питания, телеметрии и мультиплексного канала обмена в соответствии с ГОСТ Р 52070–2003. Сопряжение интерфейса видеотракта и платы ввода видеоданных в управляющий компьютер осуществляется через адаптер видеоинтерфейса (АВИ).

Передача настроек сеанса, а также обмен служебной информацией реализован через магистральную шину МКО.

Для проверки видеотракта приборов КМСС при проведении испытаний и при входном контроле используется

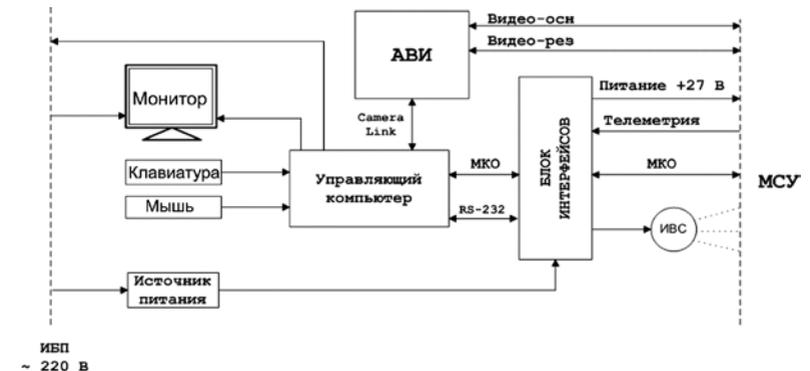


Рис. 2. Структурная схема АПК КМСС

имитатор видеосигнала (ИВС), представляющий собой универсальный осветитель, установленный на бленде входного объектива МСУ.

Принципы работы видеотракта и стандарты

Основные характеристики АПК КМСС

Интерфейс видеоданных	CameraLink
Интерфейс управления	ГОСТ Р 52070–2003 (МКО)
Информационный поток	86 Мбит/с
Время непрерывной съемки	до 24 ч
Архитектура управляющего компьютера	Intelx86
Тип операционной системы	Microsoft Windows XP

Для обеспечения работы камер в режиме непрерывной передачи видеоданных с их последующим вводом в управляющий компьютер перед разработчиками стоял вопрос об изготовлении платы ввода видеоданных или покупки существующих промышленных. После проведения необходимого анализа было решено включить в состав АПК КМСС плату ввода видеоданных Meteor-2 CL канадской фирмы Matrox Imaging, работающей по стандарту интерфейса CameraLink. Остановимся на этом подробнее.

Протокол CameraLink

Протокол **CameraLink** был создан компаниями Basler, Cognex, Coreco, DALSA, Data Translation, Datacube, EPIX, Euresys, Foresight Imaging, Integral Technologies, Matrox Imaging, National Instrument, PULNiX America. Необходимость создания этого протокола была обусловлена тем, что совершенно разные компании занимались производством скоростных видеокамер и плат ввода видеоданных (это хорошо видно и из вышеприведенного списка), поэтому существовали разные разъёмы, протоколы и программные решения для осуществления связи между видеокамерами и управляющими компьютерами. При повышении скорости передачи данных эти проблемы стали ещё более актуальными. Чтобы упорядочить и стандартизировать эти разработки, был создан прото-

кол **CameraLink**, а также универсальный кабель с высокочастотным разъёмом для подключения скоростных видеокамер к платам ввода видеоданных. Максимальная длина кабеля может составлять 10 м.

Интерфейс CameraLink

Компания National Semiconductor создала технологию **ChannelLink**, основанную на **LVDS (RS-644)**, для своих плоских мониторов. Затем эта технология была развита в универсальный скоростной метод передачи данных, который и лег в основу интерфейса **CameraLink**. Чип ChannelLink состоит из пары отправитель — получатель. Отправитель (driver) получает 28 одиночных сигналов данных и один тактовый. Данные сериализуются 7:1, то есть 28 бит, поданных на вход устройства, превращаются в 7-битный последовательный код на четырех выходных шинах. Затем четыре потока данных и один тактовый поток отправляются по пяти парам LVDS. Получатель (receiver) принимает четыре потока данных LVDS и один тактовый LVDS, а затем «разворачивает» сигнал в 28 бит и тактовый сигнал и передаёт по параллельной выходной шине на плату.

Спецификация **CameraLink** предусматривает использование одной, двух или трёх микросхем ChannelLink. В таблице перечислены основные скоростные характеристики интерфейса **CameraLink** в зависимости от текущей конфигурации.

Пропускная способность интерфейса CameraLink

Конфигурация	Количество микросхем ChannelLink	Пропускная способность	
		Мбайт/с	Гбит/с
Базовая	1	255	2,04
Средняя	2	510	4,08
Полная	3	680	5,44

Таким образом, плата ввода видеоданных Meteor-2 CL, работающая в базовой конфигурации интерфейса CameraLink, обеспечивает связь между управляющим компьютером АПК КМСС и целевой аппаратурой через блок адаптера видеоинтерфейса.

Имитатор видеосигнала

Имитатор видеосигнала (ИВС) предназначен для формирования квазиравномерного светового потока в поле зрения приборов КМСС при проведении как автономных, так и комплексных испытаний в составе бортового комплекса научной аппаратуры и обеспечивает контроль сквозного прохождения информации по цепи «свет – сигнал».

Имитатор видеосигнала представляет собой источник пространственного светового поля, устанавливаемый на фланце входной бленды приборов КМСС.

Конструкция имитатора, показанная на рис. 3, представляет собой плоскую плату 4 с расположенными на ней девятнадцатью светодиодами 3, световой поток от которых направляется на рассеивающий полупрозрачный экран 5, перекрывающий поле зрения приборов. Вся конструкция заключена в светоизолирующий корпус 1, снабженный фланцем, сопрягаемым с фланцем бленды одной из камер КМСС. Питание на светодиоды подается через разъем 2, установленный на торцевой поверхности корпуса.

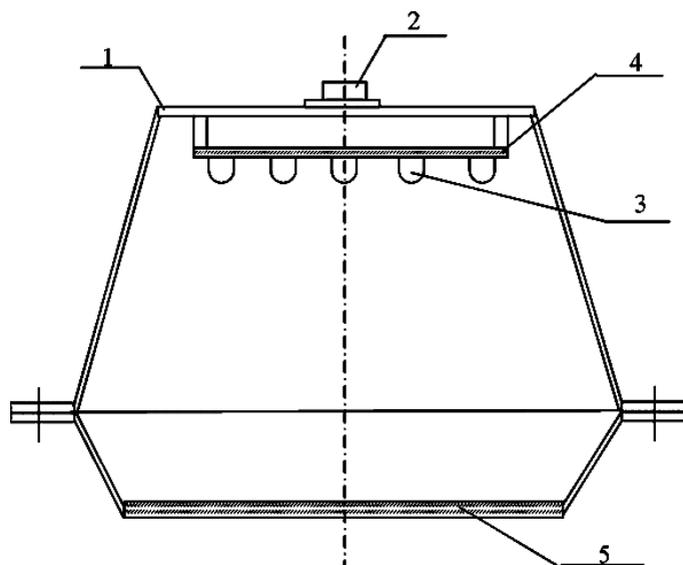


Рис. 3. Устройство имитатора видеосигнала (ИВС)

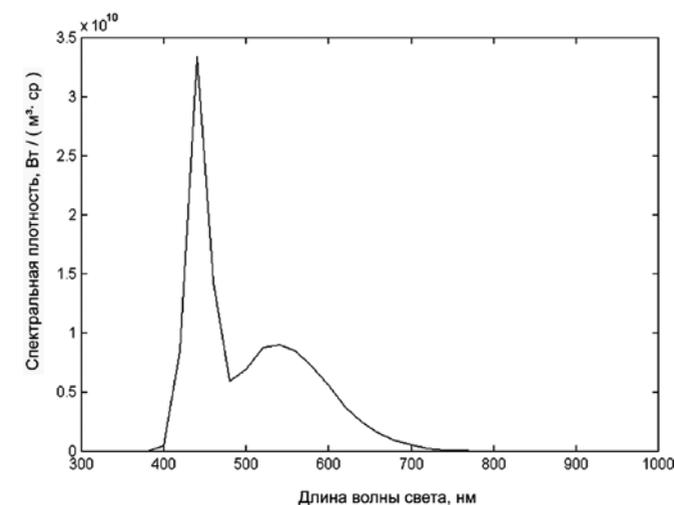


Рис. 4. Спектральная характеристика светодиода L-5023UWC

Для цветовой коррекции формируемого светового потока светодиоды разбиты на пять групп, скомплектованных из излучателей разного спектрального состава.

Спектральная плотность энергетической яркости (СПЭЯ) люминесцентного светодиода L-5023UWC (рис. 4) охватывает широкий спектр видимого светового диапазона.

Специальное программное обеспечение АПК КМСС

Специальное программное обеспечение АПК КМСС (СПО АПК КМСС) представляет собой многопоточное 32-разрядное приложение Microsoft Windows, разработанное с использованием интегрированной среды разработки Borland C++ Builder версии 6.0.

Основные функциональные возможности:

- автоматическое управление питанием КМСС;
- сбор данных телеметрии;
- управление КМСС в штатном режиме работы;
- регистрация и отображение видеоданных для их последующей обработки.

Вид главного окна СПО АПК КМСС представлен на рис. 5.

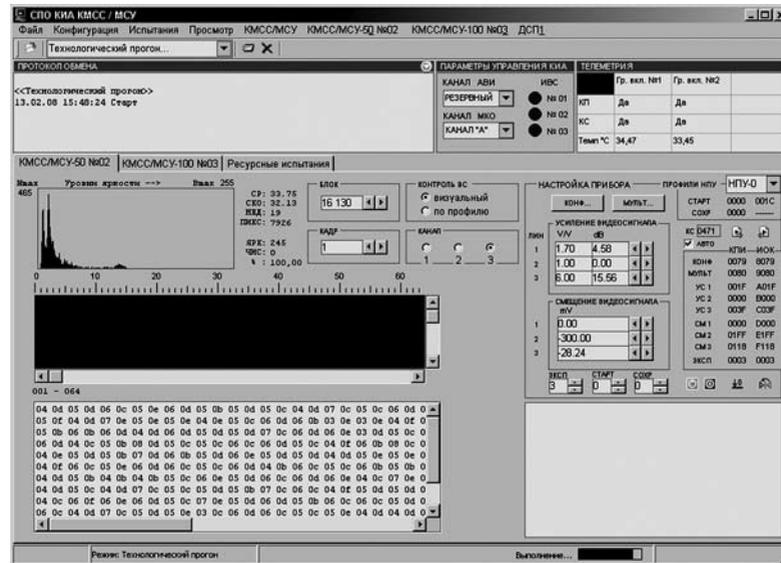


Рис. 5. Главное окно СПО АПК КМСС

Выводы

В настоящее время созданный аппаратно-программный комплекс позволяет решать широкий спектр задач по наземной обработке приборов дистанционного зондирования Земли авиационного и космического применения.

Литература

1. *Аванесов Г.А., Зиман Я.Л., Куделин М.И.* и др. Комплекс многозональной съемочной аппаратуры, разрабатываемый для КА «Метеор-М» // Современ. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса: Тез. докл. 3-й Всерос. открытой конф. Москва, ИКИ РАН, 14–17 нояб. 2005. М.: ИКИ РАН, 2005. С. 72.
2. *Жуков Б.С., Василейский А.С., Железнов М.М., Жуков С.Б., Бекренев О.В., Пермитина Л.И.* Задачи обработки многозональных видеоданных КМСС на КА «Метеор-М» // Современ. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса: Тез. докл. 3-й Всерос. открытой конф. Москва, ИКИ РАН, 14–17 нояб. 2005. М.: ИКИ РАН, 2005. С. 222.

РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ ГРАДУИРОВКА КОМПЛЕКСА МНОГОЗОНАЛЬНОЙ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ

В.А. Ваваев, М.В. Ваваев, И.В. Полянский

Институт космических исследований
Российской академии наук, Москва

Рассмотрены измерительные свойства многоспектральных съемочных устройств МСУ-100 и МСУ-50, входящих в комплекс многозональной спутниковой съемки (КМСС). Описана технологическая последовательность радиометрической градуировки спектральной чувствительности каналов МСУ по эталону спектральной плотности энергетической яркости. Приведены результаты радиометрической градуировки штатных образцов и оценена их точность.

Measuring features of the MSU-100 and MSU-50 multispectral imaging cameras of the Satellite Multispectral Imaging System (KMSS) are considered. A processing sequence of the MSU spectral sensitivity radiometric calibration by the spectral radiance reference gage is described. Results of the flight models radiometric calibration are presented together with their accuracy estimates.

В отделе оптико-физических исследований ИКИ РАН ведутся работы по созданию многозональных съемочных устройств (МСУ), предназначенных для установки на околоземные космические аппараты с круговыми орбитами. На сегодня разработан и установлен на борту метеорологического спутника серии «Метеор-М» комплекс многозональной спутниковой съемки (КМСС). КМСС включает в себя два прибора МСУ-100 и один прибор МСУ-50, которые различаются по пространственному разрешению и спектральным диапазонам чувствительности.

На рис. 1 изображена упрощенная схема видеотракта МСУ. Входное излучение собирается объективом, в фокальной плоскости которого установлены три линейки на основе прибора с зарядовой связью (ПЗС). На входном окне каждой линейки ПЗС закреплен полосовой оптический фильтр, вырезающий соответствующий спектральный диапазон, заданный техническими требованиями. Электрический сигнал с выхода ПЗС каждого спектрального канала усиливается (с коэффициентом усиления K_u) и преобразуется в