

КОСМИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА. КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ. ИССЛЕДОВАНИЕ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

УДК 551.5

КА «КАНОПУС-В» № 1 – ПЕРВЫЙ РОССИЙСКИЙ МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ ВЫСОКОДЕТАЛЬНОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Л. А. Макриденко, С. Н. Волков, А. В. Горбунов,
Р. С. Салихов, В. П. Ходненко

КА «Канопус-В» № 1 явился первым отечественным малым космическим аппаратом (МКА) высокого пространственного разрешения, созданным в рамках Федеральной космической программы на 2006 – 2015 гг. МКА «Канопус-В» № 1 и аналогичный белорусский космический аппарат созданы АО «Корпорация «ВНИИЭМ» совместно с белорусским ОАО «Пеленг» и английской компанией SSTL. Приведены назначение МКА «Канопус-В» № 1, его структурное построение, технические характеристики, а также состав служебной аппаратуры и бортового комплекса целевой аппаратуры и их основные характеристики. Представлены основные задачи комплекса обработки данных дистанционного зондирования, получаемых с МКА «Канопус-В» № 1 и результаты успешной работы за первые годы эксплуатации. По оценкам специалистов, КА «Канопус-В» № 1 отвечает требованиям потребителей и не имеет аналогов в России. Рассмотрены принцип формирования изображения с помощью съёмочных систем, комплекс обработки данных и результаты целевого использования КА «Канопус-В» № 1 с перспективой заметного улучшения характеристик съёмочной аппаратуры.

Ключевые слова: космический аппарат, космический комплекс, служебная платформа, целевая аппаратура, панхроматическая съёмная система, многозональная съёмочная система, геометрическое разрешение, линейное разрешение, спектральные каналы, спектральный диапазон, матрицы, микрокадры, целевое использование, видеоинформация.

На сегодняшний день в России наиболее востребованными являются данные из космоса высокого пространственного разрешения, поскольку они позволяют проводить наблюдения и дальнейший анализ с наивысшей точностью.

С запуском малого космического аппарата (МКА) «Канопус-В» № 1 появилась новая информация дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) высокого разрешения, давая потребителям более широкие возможности выбора данных, необходимых для решения целевых задач. Первостепенное значение приобретает также разработка технологии обработки получаемой информации, которая учитывает особенности нового КА.

МКА «Канопус-В» № 1 создан АО «Корпорация «ВНИИЭМ» совместно с белорусским ОАО «Пеленг» и английской компанией Surrey Satellite Technology Limited (SSTL).

КА «Канопус-В» № 1 был запущен 22 июля 2012 г. ракетой-носителем (РН) «Союз-ФГ» с разгонным блоком (РБ) «Фрегат» в составе блока из пяти МКА, включая Белорусский КА (БКА), МКА-ФКИ (Россия), ТЕТ-1 (Германия) и ADS-1В (Канада).

По завершению лётных испытаний, 30 октября 2012 г. КА «Канопус-В» № 1 решением Государственной комиссии принят в эксплуатацию.

МКА «Канопус-В» № 1 явился первым в России КА высокодетального дистанционного зондирования

Земли (2,1 м в панхроматическом и 10,5 м в многозональном режимах) нового поколения, предназначенным для оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций и созданным АО «Корпорация «ВНИИЭМ» в рамках Федеральной космической программы (ФКП).

МКА «Канопус-В» № 1 входит в состав космического комплекса (КК) оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций «Канопус-В», созданного АО «Корпорация «ВНИИЭМ» по заказу Роскосмоса.

Помимо Федерального космического агентства (ФКА) заказчиками являются Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), Министерство природных ресурсов и экологии РФ (Минприроды России), Российская академия наук (РАН), Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

В состав КК «Канопус-В» входят [1] :

- КА «Канопус-В» № 1;
- КА «Канопус-В-ИК»;
- КА «Канопус-В» №№ 3, 4, 5, 6;
- ракета космического назначения (РКН);
- наземный комплекс управления (НКУ) космическим аппаратом «Канопус-В»;
- наземный комплекс приёма, обработки и распространения информации (НКПОР).

МКА «Канопус-В» № 1 находится на одноплоскостной орбите с аналогичным Белорусским КА со сдвигом по фазе на 180 град. Возможно их совместное использование.

Основным достоинством данных КА является использование модульного принципа их построения (служебная платформа и полезная нагрузка).

Служебная платформа КА «Канопус-В» является универсальной и позволяет устанавливать полезную нагрузку различного назначения (съёмочная аппаратура для ДЗЗ, научная аппаратура для космических исследований и др.), что обеспечивает в короткие сроки создание новых КА различного назначения с минимальными затратами.

Подтверждением этому является создание специалистами ВНИИЭМ на базе данной служебной платформы ещё двух космических аппаратов: КА дистанционного зондирования Земли для обнаружения малоразмерных очаговых пожаров «Канопус-В-ИК» по заказу Федерального космического агентства и МКА научного назначения «Михайло

Ломоносов», который создавался совместно с учёными НИИЯФ МГУ.

КА «Канопус-В» № 1 (рис. 1) предназначен для обеспечения пользователей оперативной гидрометеорологической информацией в целях решения следующих основных задач:

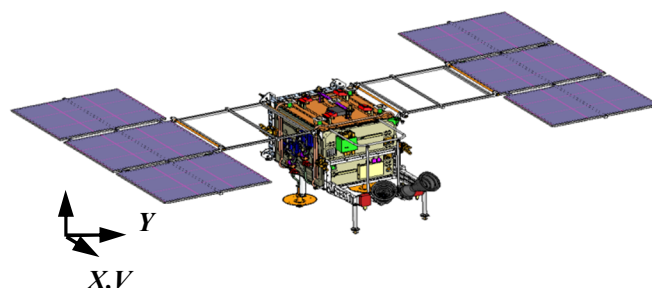


Рис. 1. КА «Канопус-В» № 1 в лётной конфигурации

– оперативного мониторинга техногенных, природных чрезвычайных ситуаций и стихийных гидрометеорологических явлений;

Технические характеристики КА

Тип орбиты	Круговая солнечно-синхронная
Наклонение плоскости орбиты, град	97,447
Период обращения, мин	94,74
Высота орбиты, км	510 ± 10
Апоцентр, км	516,2
Перицентр, км	512,0
Время пересечения экватора, ч	10:30 – 11:00
Период повторного наблюдения, сут	15
Масса КА (с полезной нагрузкой), кг	465
Масса комплекса целевой аппаратуры, кг	106
Масса платформы, кг	До 350
Размеры малой служебной платформы (МСП), м	0,9 × 0,75
Средневитковое энергопотребление платформы, Вт	197
Пиковое энергопотребление КА (в течение 12 мин), Вт	700
Средневитковое энергопотребление КА, Вт	300
Мощность СЭС среднесуточная, Вт	350
Тип системы ориентации и её параметры:	Электромаховичная, трёхосная
– точность ориентации по каждой из трёх осей, угл. мин	Не хуже 5
– точность стабилизации КА, град/с, не хуже	0,001
Точность позиционирования КА в горизонте (2s), м	Не хуже 15
Возможность программных разворотов вокруг осей рыскания и тангажа	Имеется
Максимальный кинетический момент, Н·м·с	4,2
Максимальный управляющий момент, Н·м	20
Время перенацеливания (± 40°), мин	2
<i>Система электроснабжения (СЭС)</i>	
Три панели солнечной батареи	GaAs ФЭП
Аккумуляторные батареи	Li – Ion
Номинал напряжения на шинах СЭС, В	28
Напряжение питания бортовой аппаратуры, В	24 – 34
<i>Корректирующая двигательная установка (КДУ)</i>	
Тип двигателя	Стационарный, плазменный (СПД)
Рабочее тело	Ксенон (газ)
Запас рабочего тела, кг	5,2
Суммарный запас $V_{хар}$, м/с	80

Тяга одного двигателя, мН (Гс)	14 (1,4)
Количество двигателей СПД-50	2
Потребляемая электрическая мощность, Вт	300
Рабочая температура двигателя, °С	500
<i>Командная радиолиния</i>	
Рабочий диапазон	5
Скорость в канале «Земля – Борт», кбит/с	9,6
Скорость в канале «Борт – Земля», кбит/с	64
Мощность передатчика, мВт	250
ШДН антенны (Здб), град	± 35
Ошибка на бит (BER)	10 – 15
Средства НКУ	ЦУП, НС КИС, СССД
Средства НКПОР	НКПОР Роскосмоса: г. Москва; НКПОР Росгидромета: гт. Москва, Новосибирск, Хабаровск
Срок активного существования, лет	5 – 7
Ракета-носитель	«Союз-ФГ» с РБ «Фрегат»
Тип запуска	Групповой
Вероятность выполнения задачи орбитального полёта КА	$P_{КА} = 0,9$
Навигация	GPS (ГЛОНАСС) и астроориентация
Управление	Бортовой компьютер
Полоса обзора при высоте 510 км в надире, более, км	20
Полоса обзора при высоте 510 км при угле крена КА ± 40°, км	1020
Длительность наблюдения по маршруту, с	До 700
Периодичность съёмки в надире (на экваторе), сут	5
Максимальная техническая производительность, млн. км ² в сут	> 2
<i>Характеристики целевой радиолинии</i>	
Объём памяти, Гбайт	24
Диапазон рабочих частот, МГц	8084 – 8381,5
Количество каналов передачи	2
Скорость передачи данных, Мбит/с	61,4; 122,88

- картографирования;
- обнаружения и контроля очагов лесных пожаров и гарей, крупных выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду;
- регистрации аномальных физических явлений для прогнозирования землетрясений;
- мониторинга сельскохозяйственной и водохозяйственной деятельности;
- землепользования;
- мониторинга ледовой обстановки на реках, озерах и водохранилищах, а также в прибрежных зонах замерзающих морей России;
- оперативного наблюдения заданных районов земной поверхности в интересах различных отраслей народного хозяйства, министерств и ведомств РФ.

Бортовые устройства МКА «Канопус-В» № 1

В состав МКА «Канопус-В» № 1 (рис. 2) входит полезная нагрузка (целевая аппаратура) и служебная платформа [2].

Бортовой комплекс целевой аппаратуры (БКЦА) обеспечивает съёмку поверхности Земли, форми-

рование полученной видеoinформации в кадры, её хранение с последующей передачей сформированной информации с помощью радиолинии целевой информации (РЛЦИ) на наземные пункты приёма информации (ППИ).

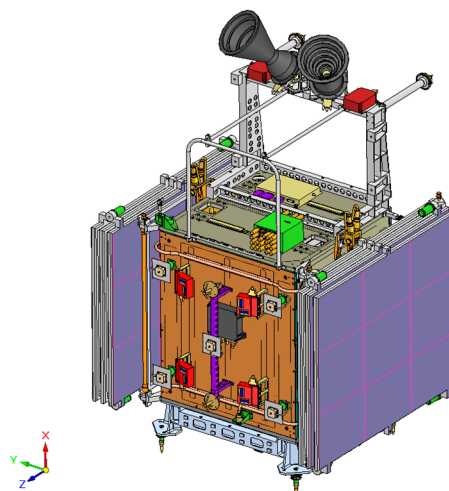


Рис. 2. МКА «Канопус-В» № 1 в собранном виде

Полезная нагрузка состоит из:

1. Комплекса целевой аппаратуры (КЦА), выполненной в виде моноблока (рис. 3), включающего в себя две оптико-электронные съёмочные системы:
 - панхроматическую съёмочную систему (ПСС) (рис. 5);
 - многозональную съёмочную систему (МСС) (рис. 6);
 - бортовую информационную систему (БИС).
2. Радиолинии передачи целевой информации (РЛЦИ).



Рис. 3. Моноблок целевой аппаратуры (большая труба-камера ПСС)

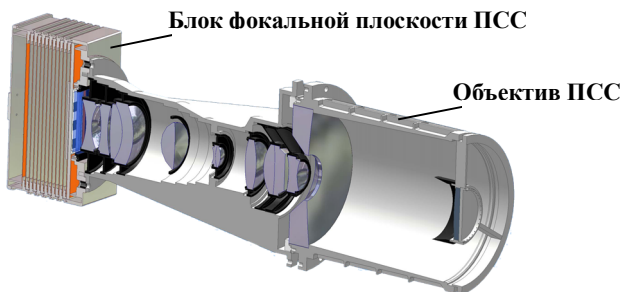


Рис. 4. Внешний вид ПСС

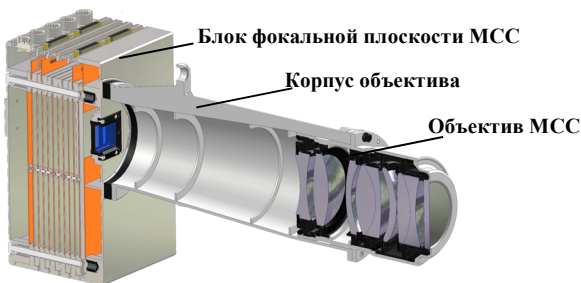


Рис. 5. Внешний вид МСС

Служебная платформа состоит из:

- бортового комплекса обеспечивающих систем (КОС);
- бортового комплекса управления (БКУ).

Бортовой комплекс обеспечивающих систем (КОС) включает:

- систему электроснабжения (СЭС);
- систему обеспечения теплового режима (СОТР);
- корректирующую двигательную установку (КДУ).

Бортовой комплекс управления (БКУ) включает:

- бортовую вычислительную систему (БВС);
- систему управления движением и навигации (СУДН), состоящую из системы ориентации и стабилизации (СОС) и аппаратуры спутниковой навигации (АСН);
- телекомандную систему (ТКС) в составе бортовой аппаратуры командно-измерительной системы (БА КИС), многоканальной системы сбора телеметрической информации (МССТИ) и блока разовых команд (БРК);
- формирователь секундных меток (ФМС).

Структурная схема МКА «Канопус-В» № 1 приведена на рис. 6.

Комплекс целевой аппаратуры и её характеристики

Комплекс целевой аппаратуры (КЦА) предназначен для съёмки участков поверхности Земли в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра, формирования полученной видеoinформации совместно с необходимой служебной и телеметрической информацией в кадры целевой информации, хранения и передачи сформированной целевой информации в РЛЦИ.

Целевая аппаратура (ЦА) выполняет следующие режимы работы (табл. 1):

- штатные:
 - режим 1 – съёмка с выводом информации в РЛЦИ, так называемый режим непосредственной передачи (НП);
 - режим 2 – съёмка с сохранением информации в бортовом запоминающем устройстве (БЗУ), так называемый режим записи информации (ЗИ);
 - режим 3 – вывод информации из БЗУ в РЛЦИ, так называемый режим воспроизведения информации (ВИ);
- калибровку (производится при необходимости уточнения радиометрических характеристик съёмочных систем);
- тестирование (производится при необходимости проверки аппаратуры);
- служебные (производятся при необходимости обмена командно-программной информацией).

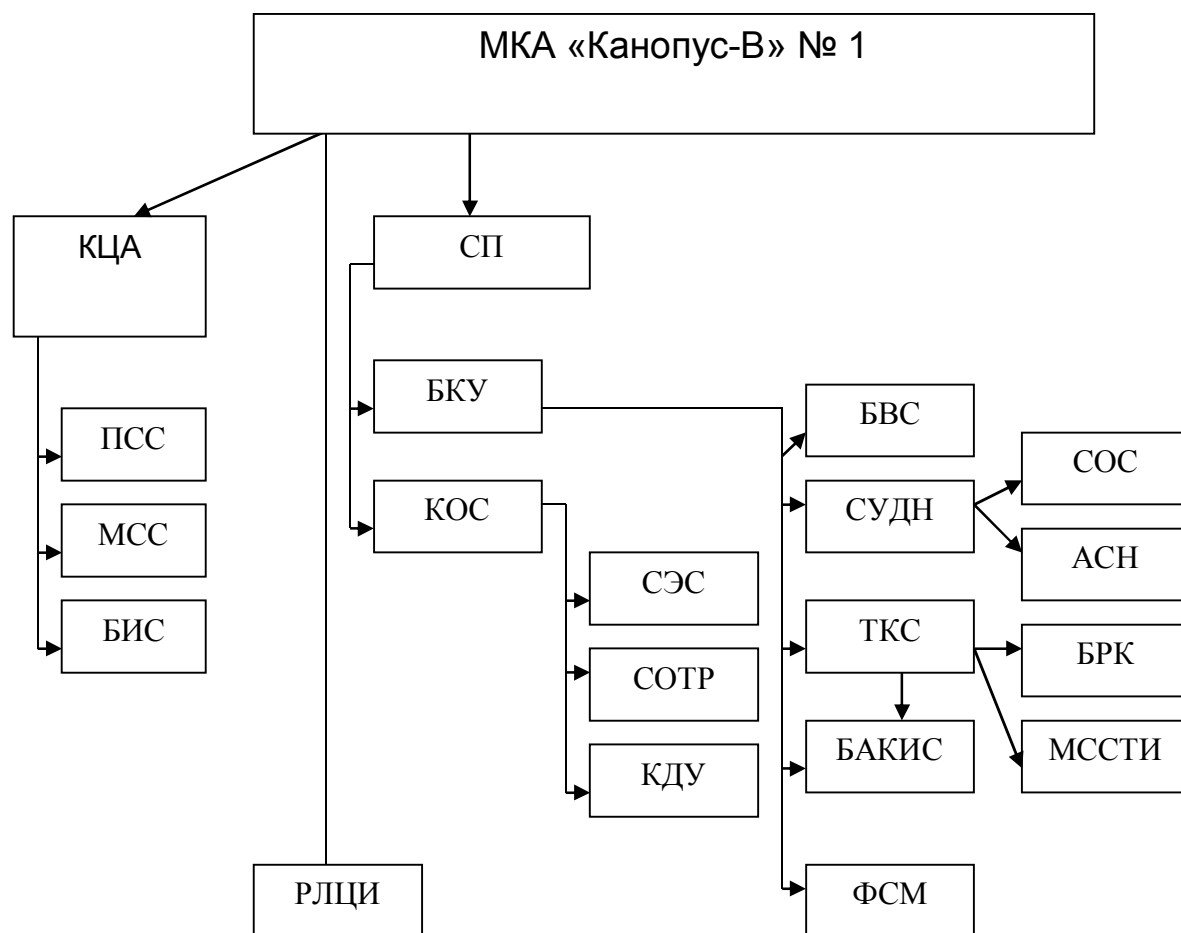


Рис. 6. Структурная схема МКА «Канопус-В» № 1

Характеристики целевой аппаратуры МКА «Канопус-В» № 1

Характеристика	Панхроматическая съёмочная система (ПСС)	Многозональная съёмочная система (МСС)
Геометрическое разрешение (проекция пикселя) при съёмке в надир с высоты 510 км	2,1 м	10,5 м
Линейное разрешение на местности в зачётных условиях	2,7 м	12 м
Полоса захвата с высоты 510 км	≥ 23,5 км	≥ 20,2 км
Полоса обзора с высоты 510 км при угле крена МКА ± 40°	1020 км	1020 км
Спектральный диапазон (по уровню 0,5)	0,54 ... 0,86 мкм	Синий: (0,46 – 0,52) мкм Зелёный: (0,51 – 0,60) мкм Красный: (0,63 – 0,69) мкм Ближний ИК: (0,75 – 0,84) мкм

Характеристика	Панхроматическая съёмочная система (ПСС)	Многозональная съёмочная система (МСС)
Количество спектральных каналов	1	4
Фокусное расстояние	1797,5 мм	359,5 мм
Относительное отверстие	1:10,3	1:5,6
Светопропускание	0,7	0,6 – 0,8
Размер матрицы (размер пикселя 7,4 × 7,4 мкм)	1920 × 985 пикс	1920 × 985 пикс
Площадь, снимаемая одновременно	45,3 км ² (6 микрокадров)	195 км ²
Периодичность съёмки в надире (на экваторе)		5
Длительность наблюдения по маршруту		До 700 с
Максимальная техническая производительность		> 2 млн. км ² в сут
Погрешность привязки к географическим координатам без учёта наземных ориентиров, не более		100 м
Минимальный угол Солнца над горизонтом		7 – 10 угл. град
Разрядность аналого-цифровых преобразователей		12 бит
Радиометрическое разрешение		8 бит на пикс
Разрядность передаваемой видеoinформации		8 бит
Ёмкость запоминающего устройства, не менее		2 × 24 Гбайт
Информационный поток при съёмке в надир, не менее		385 Мбит/с
Энергопотребление при съёмке, не более		180 Вт
Габариты		1050×800×45,5 мм
Масса		106 кг
Продукция	1. Панхроматическое изображение с разрешением 2,1 – 2,5 м 2. Мультиспектральное изображение с разрешением 10,5 – 11 м 3. Цветное изображение с разрешением ≤2,5 м, полученное совмещением мультиспектрального и панхроматического изображений	

ЦА функционирует в сеансном режиме с максимальной длительностью одного сеанса (время от включения ЦА до её выключения) – 1500 с. Максимальное время работы на витке – 700 с (как в режимах съёмки, так и без). Максимальное время хранения целевой информации – не менее 5 сут.

В таблице представлены основные характеристики целевой аппаратуры МКА «Канопус-В» № 1 [3].

С помощью целевой аппаратуры осуществляется съёмка участков поверхности Земли в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра. При этом возможно проведение одновременной съёмки в панхроматическом и многозональных режимах или съёмки только в многозональном режиме при различных комбинациях спектральных зон, вплоть до одной.

Принцип формирования изображения и передача информации на НКПОР

Схема съёмки КА «Канопус-В» № 1 представлена на рис. 7.

Принцип съёмки – комбинированный матрично-сканерный. В фокальной плоскости камер установлено по несколько ПЗС-матриц с разрешением 1920×985 пикселей (размер пикселя 7,4×7,4 мкм): 6 ПЗС-матриц в ПСС; по 1 ПЗС-матрице в каждом из четырёх каналов в МСС (рис. 8 и 9).

Фотоприёмные матрицы, используемые в ПСС и МСС, имеют конструкцию, которая обеспечивает регистрацию движущегося изображения в режиме задержки и накопления заряда (ВЗН).

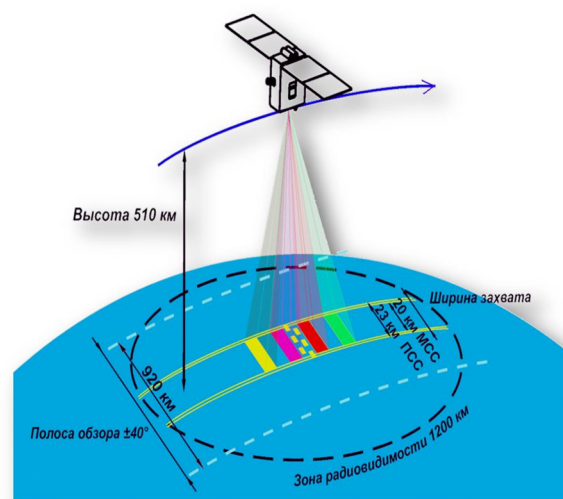


Рис. 7. Схема съёмки МКА «Канопус-В» № 1

В них используется принцип синхронного многократного накопления информационного заряда, что увеличивает чувствительность прибора пропорционально количеству элементов матрицы, используемых в режиме ВЗН (количество шагов ВЗН). Данный принцип регистрации движущегося

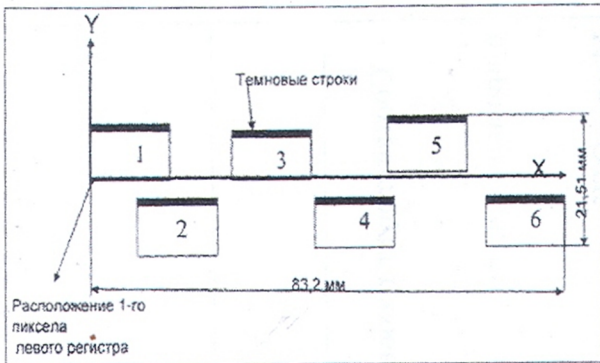


Рис. 8. Расположение матриц ПСС

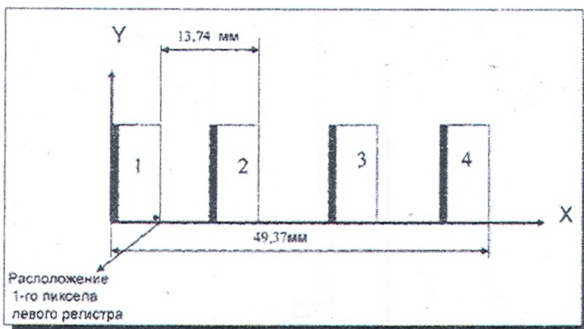


Рис. 9. Расположение матриц МСС

изображения требует стабилизации движущегося объекта в пространстве и точного совпадения его вектора скорости с вектором перемещения зарядовых пакетов (по абсолютной величине и углу).

Основное преимущество режима ВЗН – увеличение времени экспозиции без потери геометрического разрешения, что позволяет увеличить выходной сигнал приёмника при низких уровнях освещённости.

Необходимо отметить, что ПСС имеет отличительную от многих других съёмочных систем особенность. Регистрация оптической информации (видеоданных) осуществляется методом «коленчатого вала».

В ПСС находятся 6 матриц ПЗС (см. рис. 8), расположенных в шахматном порядке в два ряда (относительно направления движения спутника по орбите). В момент съёмки все 6 матриц регистрируют видеоданные и в ПСС формируются 6 микрокадров. Фактически эти 6 микрокадров являются одним кадром видеоданных съёмки. Микрокадры видеоданных каждого последующего кадра заполняют пустоты между микрокадрами предыдущего кадра, тем самым обеспечивается связь между соседними кадрами видеоданных.

Схема перекрытия видеоданных, получаемых ПСС, показана на рис. 10.

МСС, в свою очередь, обеспечивает многозональную съёмку посредством фиксации спектральной информации на четырёх независимых друг от друга матрицах (см. рис. 9), каждая из которых светочувствительна к определённым спектральным диапазонам.

Каждый кадр и микрокадр съёмки содержит видеоданные, служебную и телеметрическую информацию.

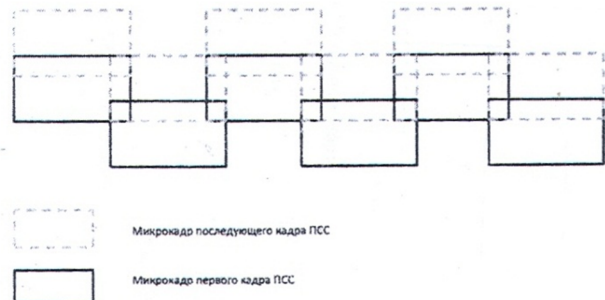


Рис. 10. Схема перекрытия видеоданных, получаемых ПСС

Кадр съёмки МСС и микрокадр ПСС содержат по 985 строк и по 1920 столбцов видеоданных. Каждый последующий микрокадр ПСС имеет с предыдущим микрокадром ПСС продольное перекрытие в 80 пиксельных строк. Поперечное перекрытие между микрокадрами составляет 70 пиксельных столбцов.

Фотоприёмные матрицы ПСС и матрицы МСС расположены параллельно друг другу вдоль направления полёта КА, и расстояние между центрами матриц кратно величине пикселя. Расположение матриц в фокальной плоскости МСС и ПСС и формирование циклограммы работы ЦА позволяют получать в надиры кадры изображения с перекрытием порядка 50 пикс вдоль направления полёта.

В состав блока управления и формирования данных входит энергонезависимое бортовое запоминающее устройство (БЗУ), объёмом 2×24 Гб, обеспечивающие как хранение видеoinформации на срок не менее 5 сут, так и сбор её в режиме непосредственной передачи по каналу РЛЦИ.

Радиолиния передачи целевой информации (РЛЦИ) предназначена для:

- приёма цифровой информации от ЦА;
- формирования цифровых потоков заданной структуры;
- передачи цифровых потоков на пункты приёма информации по одной или двум линиям одновременно.

Изображения, получаемые с КА «Канопус-В» № 1, поставляются потребителям космической информа-

ции по трём основным уровням обработки с формированием следующих видов конечной продукции:

- «базовый продукт» – изображение с радиометрической обработкой и коррекцией искажений датчика, которые обусловлены работой самой съёмочной аппаратуры, изменениями параметров орбиты и др.;

- «стандартный продукт» – изображение в заданной картографической проекции с радиометрической обработкой, коррекцией искажений датчика, геометрической коррекцией;

- «ортотрансформированный продукт» – изображение радиометрически откалибровано; геометрически, топографически скорректировано как по высокоточным измерениям орбитальных параметров, так и по опорным точкам.

Информация с МКА «Канопус-В» № 1 передаётся на наземный комплекс приёма, обработки и распространения спутниковых данных Росгидромета, представляющий собой, как известно, систему трёх региональных центров, входящих в состав НИЦ «Планета» – Европейского (гг. Москва, Обнинск, Долгопрудный), Сибирского (г. Новосибирск) и Дальневосточного (г. Хабаровск) и позволяющих обеспечить получение оперативной спутниковой информации по всей территории России.

Кроме того, КА позволяет регистрировать данные дистанционных измерений в режиме записи на бортовое устройство с последующей передачей информации на региональные центры, обеспечивая, таким образом, получение спутниковых данных по всему земному шару.

Комплекс обработки данных ДЗЗ

КА «Канопус-В» № 1

Для обработки микрокадров МСС и ПСС разработан многофункциональный программный комплекс, основными задачами которого являются:

- первичная обработка и визуализация исходной информации;

- оперативная оценка качества информации;

- каталогизация видеоданных и поиск материалов съёмки по электронному каталогу;

- формирование выходных информационных продуктов;

- оценка измерительных свойств выходной продукции.

Проведённый анализ изобразительных и измерительных свойств снимков, полученных с КА «Канопус-В» № 1, позволил специалистам сделать следующие выводы:

- полученные изображения обладают высокими информационными и изобразительными качествами и могут эффективно использоваться для дешифрирования различных типов объектов (городские территории, объекты инфраструктуры, хозяйственные объекты, с/х угодья, элементы рельефа и пр.) при решении широкого круга отраслевых задач;

- изобразительные и информационные качества изображений позволяют производить анализ снимков как в ручном (оператор-дешифровщик), так и в автоматическом и интерактивном режимах;

- возможность получения из изображений информации с различной степенью детальности;

- возможность получения со снимков информации с различной степенью генерализации для решения задач на разных уровнях (региональном, локальном, детальном) и в разных масштабах;

- благодаря высоким информационным и измерительным качествам, снимки, полученные с КА «Канопус-В» № 1 могут быть использованы для картографических целей в масштабном ряду от 1:10 000 и мельче.

Целевое использование КА «Канопус-В» № 1

Целевое использование КА «Канопус-В» № 1 осуществляется в соответствии с заявками потребителей на получение информации ДЗЗ. Приём, обработка и распространение информации с КА «Канопус-В» № 1 выполняется центрами Роскосмоса (НЦ ОМЗ) и Росгидромета (ФГБУ НИЦ «Планета»), а также может осуществляться центрами других министерств и ведомств после соответствующей доработки их программно-аппаратных средств приёма и обработки.

Данные целевой аппаратуры КА «Канопус-В» № 1 передаются на наземные пункты приёма по двум радиолиниям X-диапазона, каждая из которых может работать на двух скоростях (122,88 или 61,44 Мбит/с).

Несущая частота радиопередающего устройства на одной линии находится в диапазоне 8066,3 – 8189,7 МГц, для другой линии – в диапазоне 8258,3 – 8381,5 МГц. Для приёма данных предназначены станции X-диапазона ПРИ-ПМ с диаметром антенны 12 м, установленные в Европейском и Сибирском центрах ФГБУ НИЦ «Планета», а также приёмные станции X-диапазона ПК-9 с диаметром антенны 9 м, установленные в Европейском и Дальневосточном центрах ФГБУ НИЦ «Планета».

Целевое использование (эксплуатацию) Российской орбитальной группировки с КА «Канопус-В» № 1 осуществляет Оператор космических средств

ДЗЗ – научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) ОАО РКС.

Снимки, полученные с КА «Канопус-В» № 1, в целом подтвердили соответствие комплекса требованиям тактико-технического задания.

На рис. 11 – 17 показаны снимки, полученные с КА «Канопус-В» № 1.



Рис. 11. Город Дубай



Рис. 12. Аэропорт Домодедово

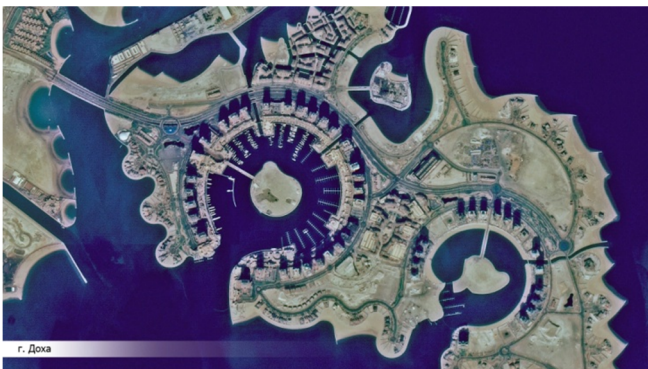


Рис. 13. Город Доха



Рис. 14. Город Казань



Рис. 15. Город Красноярск



Рис. 16. Город Москва



Рис. 17. Город Хабаровск

Заключение

1. По оценкам специалистов созданный и введенный в эксплуатацию КА высокого пространственного разрешения нового поколения «Канопус-В» № 1 соответствует мировому уровню КА подобного класса, отвечает требованиям потребителей и не имеет аналогов в России.

2. КА «Канопус-В» № 1 в настоящее время осуществляет регулярные съёмки заданных районов земной поверхности. Информация, получаемая со спутника, активно востребована российскими и зарубежными потребителями и используется для решения практических задач:

- картографирования;
- мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций (ЧС), в том числе стихийных гидрометеорологических явлений (картирование наводнений, обнаружения и мониторинга очагов лесных пожаров, крупных выбросов загрязняющих веществ и др.);
- оценки заснеженности территорий;
- оценки ледовой обстановки в полярных районах;
- инвентаризации сельскохозяйственных угодий, мониторинга состояния посевов, оценки засоренности, выявления вредителей и болезней сельскохозяйственных культур, прогнозирования урожайности;
- инвентаризации и контроля строительства объектов инфраструктуры;
- мониторинга экологического состояния территорий;
- выполнения лесоустроительных работ, контроля лесопользования и мониторинга состояния лесов и др.

В частности, информация с КА «Канопус-В» № 1 успешно используется для оценки обстановки в районах ЧС, контроля состояния потенциально опасных объектов и территорий, находящихся в зонах повышенного риска возникновения ЧС, мониторинга природных пожаров.

3. Только за два года успешной эксплуатации было отработано более 6000 маршрутов съёмки, при этом суммарная площадь покрытия поверхности земного шара составила более 40 млн. км².

4. Большой интерес к информации российских КА ДЗЗ проявляют зарубежные потребители.

В 2011 г. поступило 12 заявок на съёмку территорий стран ближнего и дальнего зарубежья (Армения, Украина, Казахстан, Китай, Канада, Колумбия, страны Ближнего Востока и др.) площадью свыше 2 млн. км².

5. Для выхода России на современный и перспективный уровень рынка космических услуг по ДЗЗ первоочередной задачей является концентрация усилий по разработке перспективного ряда средств наблюдения ДЗЗ:

- оптико-электронной аппаратуры сверхвысокого пространственного разрешения (менее 0,5 м) с большой полосой захвата на местности (до 40 км);
- аппаратуры, работающей в ИК-диапазонах спектра (0,9 – 2,7 мкм; 3 – 5 мкм и 8 – 12 мкм);
- гиперспектральной аппаратуры (до 1000 спектральных каналов);
- радиолокаторов (длины волн излучения: 3, 20 и 70 см);
- средств передачи целевой информации (со скоростями до 2 Гбит/с и выше);
- бортовых средств хранения информации (ёмкость более 1 Тбайт), средств бортового сжатия и обработки информации.

6. Дальнейшее наращивание орбитальной группировки до 12 – 15 КА ДЗЗ позволяет обеспечить потребности социально-экономической сферы и науки в результатах наблюдений Земли из космоса на необходимом уровне.

Литература

1. Космический комплекс оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций «Канопус-В» № 1 / под ред. Л. А. Макриденко. – М. : ФГУП ВНИИЭМ, 2011.
2. Космические аппараты ДЗЗ «Канопус-В» № 1 и Белорусский КА ДЗЗ: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zaomkt.ru/satellites>.
3. Космический комплекс «Канопус-В»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vniiem.ru/index.php?catid=37:spacepragrams&id=468>.

Поступила в редакцию 16.02.2016

- Леонид Алексеевич Макриденко*, доктор технических наук, генеральный директор,
т. (495) 365-56-10.
- Сергей Николаевич Волков*, доктор технических наук, 1-й заместитель генерального директора,
т. (495) 366-42-56.
- Александр Викторович Горбунов*, кандидат технических наук, заместитель генерального директора,
т. (495) 623-41-81.
- Владимир Павлович Ходненко*, доктор технических наук, главный научный сотрудник,
т. (495) 624-94-98.
E-mail: vniiem@orc.ru.
(АО «Корпорация «ВНИИЭМ»).
- Рашид Салихович Салихов*, кандидат технических наук, заместитель генерального директора.
E-mail: vniiem@orc.ru.
(АО «НИИЭМ»).

THE FIRST RUSSIAN NEXT GENERATION HIGH RESOLUTION EARTH REMOTE SENSING SMALL SATELLITE CANOPUS-V No. 1

**L. A. Makridenko, S. N. Volkov, A. V. Gorbunov,
R. S. Salikhov, V. P. Khodnenko**

CANOPUS-V No.1 Satellite appears to be the first Russian high spatial resolution small satellite (SS) developed under the Federal Space Program 2006–2015. CANOPUS-V No.1 SS and the analogous Belarusian Satellite were built in JC «VNIEM Corporation» in cooperation with Belarusian enterprise PELENG JSC and British company SSTL. The article describes application areas of CANOPUS-V No.1 SS, its structure, technical characteristics, as well as components and main characteristics of service hardware and on-board mission hardware system. The article outlines mission tasks of computer system for processing remote sensing data from CANOPUS-V No. 1 Satellite and summarizes results obtained during the first years of its successful operation. According to experts CANOPUS-V No. 1 Satellite meets the requirements of Customers and is unparalleled in Russia. The authors describe the principle of image generation using imaging systems, provide information about data processing system and conclude with results of CANOPUS-V No. 1 Satellite mission operation. They also outline promising perspectives for significant improvement of imaging hardware characteristics.

Key words: Satellite, space system, service platform, mission hardware, panchromatic imaging system, multispectral imaging system, geometric resolution, linear resolution, spectral channels, spectral band, matrixes, micro-frames, mission application, imagery.

List of References

1. CANOPUS-V No. 1 Space System for on-line monitoring of man-made and natural disasters / Under the editorship of Doctor of Technical Sciences L. A. Makridenko et al. – Moscow: FSUE «NPP VNIEM», 2011.
2. CANOPUS-V No. 1 Earth Remote Sensing Satellite and Belarusian Earth Remote Sensing Satellite: [Electronic source]. – Available at: <http://zaomkt.ru/satellites>.
3. CANOPUS-V Space System: [Electronic source]. – Available at: <http://www.vniiem.ru/index.php?catid=37:spaceprograms&id=468>.

- Leonid Alexeevich Makridenko**,
Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Director General,
tel.: (495)365-56-10.
- Sergei Nikolaevich Volkov**,
Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), First Deputy Director General,
tel.: (495)366-42-56.
- Alexandr Victorovich Gorbunov**,
Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Deputy Director General,
tel.: (495)623-41-81.
- Vladimir Pavlovich Khodnenko**,
Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Chief Researcher,
tel.: (495)624-94-98.
E-mail: vniiem@orc.ru.
(JC «VNIEM Corporation»).
- Rashit Salikhovich Salikhov**,
Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Deputy Director General.
E-mail: vniiem@orc.ru.
(JC «НИИЭМ»).