

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

УДК 551.5

КОСМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «ПЛАНЕТА-С» С ГЕОСТАЦИОНАРНЫМ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ «ЭЛЕКТРО» № 1

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

Рассматриваются предпосылки создания космической системы «Планета-С» с геостационарным гидрометеорологическим космическим аппаратом «Электро». Представлены назначение и задачи, решаемые указанной космической системой. Дается общая характеристика КА «Электро» и представлены самые современные концепции проектирования данного КА. Рассматриваются основные характеристики КА «Электро», состав и основные характеристики бортового информационно-радиотехнического комплекса. Дается решение проблемы обеспечения длительного автоматического поддержания работоспособности бортовых систем и КА в целом, представлен бортовой комплекс управления КА «Электро» и решение сложных задач управления с помощью единой бортовой управляющей системы (БУС). Бортовой комплекс управления, основанный на широком использовании вычислительной техники в управлении КА и обладающий техническими возможностями, обеспечивал в течение первого этапа полета КА его нормальную работу даже в условиях возникновения серьезных аварийных ситуаций. В заключение приведена структура космической системы с КА «Электро».

Ключевые слова: космическая система, КА, бортовая управляющая система, бортовой информационно-радиотехнический комплекс, бортовой телевизионный комплекс, радиотехнический комплекс, радиационно-магнитометрическая система.

Необходимость создания отечественного геостационарного гидрометеорологического КА возникла в середине 1970-х годов, когда по инициативе и под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО) начала создаваться мировая сеть геостационарных КА и наземных центров приёма и обработки информации.

Предполагалось, что эта сеть должна состоять из пяти КА, точки стояния которых равномерно распределены по экватору для одновременного и регулярного наблюдения широтного пояса Земли от 60° ю. ш. до 60° с. ш. Отечественный геостационарный КА, получивший международное название GOMS, должен был быть выведен в точку стояния 76° в. д. и работать в составе космической системы «Планета-С».

Космическая система «Планета-С» с входящим в неё космическим комплексом оперативного гидрометеорологического обеспечения «Электро» предназначалась для:

– регулярного (до 24 раз в сутки) получения в реальном времени телевизионных изображений земной поверхности и облачности, ледового и снежного покровов в радиусе 60° от подспутниковой точки в видимом и инфракрасном диапазонах спектра с разрешением 1,25 и 6,25 км соответственно;

– получения данных о температурных полях подстилающей поверхности (суши и океана) и верхней границы облаков, а также данных о ветре в экваториальном поясе;

– регулярного (24 раза в сутки) проведения гелиогеофизических (радиационных и магнитных) измерений на высоте геостационарной орбиты;

– сбора и передачи телевизионной, температурной и радиационно-магнитометрической информации по цифровым радиоканалам на главный и региональные центры приёма и обработки данных;

– приёма информации от отечественных и международных платформ сбора данных (ПСД), расположенных в зоне радиовидимости КА «Электро», и передачи на главный и региональные центры приёма и обработки данных;

– ретрансляции через спутник обработанных метеорологических данных в виде массивов факсимильной и буквенно-цифровой информации (БЦИ) от центров приёма и обработки данных к автономным приёмным пунктам информации (АППИ);

– ретрансляции через КА высокоскоростной цифровой информации между главным и региональными центрами Госкомгидромета;

– обмена цифровой информации через КА между центрами приёма и обработки данных;

– вызов ПСД для передачи информации на КА.

Система решала следующие задачи:

– гидрометеорологическое обеспечение и контроль радиационной обстановки в интересах народного хозяйства, обороны страны, науки и международного сотрудничества;

– использование гелиогеофизической информации для обеспечения безопасности космических полётов, контроля состояния ионосферы и магнитосферы Земли;

– получение гидрометеорологической информации.

– ретрансляция гидрометеорологической и гелиогеофизической информации с целью её оперативного доведения до потребителей;



Рис. 1. Общий вид КА «Электро»

для использования её в целях повышения качества синоптического прогноза погоды, совершенствования численных методов прогнозирования, оперативного обнаружения опасных явлений в атмосфере и океане (тайфунов, цунами, тропических ураганов и т. п.), исследования и мониторинга климата;

– определение направления и скорости ветра в приэкваториальной зоне и двух уровнях в тропосфере.

КА «Электро» (общая характеристика). С самого начала КА «Электро» (рис. 1) создавался как многоцелевой, и при его разработке реализованы самые современные концепции проектирования КА. Разработана прецизионная (с точностью до 2 угл. мин) трёхосная электромеханическая система ориентации и стабилизации с использованием специальных двигателей-маховиков, солнечного координатора, датчика Полярной звезды и микропроцессорной ЭВМ.

Создана целая система специальных приводов, встроенных внутрь информационно-измерительной аппаратуры оптического диапазона, обеспечивающих её фокусировку, градуировку и защиту. Среди них принципиально новый прецизионный сканирующий привод телевизионной системы с лазер-

ным интерферометром, обеспечивающим равномерность движения с точностью до долей угловых секунд и практически полную компенсацию возмущающих воздействий на корпус платформы.

В конструкции КА были применены новые на то время конструкционные материалы – углепласты с нулевым коэффициентом теплового расширения, обеспечивающие высокую точность установки измерительных приборов на платформе КА и позволившие значительно уменьшить её массу.

Создана бортовая управляющая система (БУС) на базе трёхпроцессорного вычислительного комплекса с развитым программным обеспечением (ПО) с объёмом памяти около 300 Кбайт для осуществления программно-временного управления работой бортовых систем, диагностики их состояния, управления в нештатных ситуациях и формирования оперативных сообщений для передачи их на Землю каждый час.

Новые решения при создании системы электропитания (СЭС), в частности использование перекладки солнечных батарей (СБ) на угол 90° поочередно в прямом и обратном направлении, позволили упростить ориентацию СБ. При этом на КА «Электро» впервые были применены двухсторонние СБ.

Разработанная истринским филиалом ВНИИЭМ система коррекции и разгрузки (СКР) двигателей-маховиков с использованием экологически чистых аммиачных электронагревных двигателей тягой 15 г позволила сократить время приведения КА «Электро» в рабочую точку 76° в. д. после выведения КА на орбиту с последующим удержанием КА в этой точке «стояния».

Дальнейшее развитие получили методы разработки системы охлаждения приёмников инфракрасного диапазона спектра, реализованные с применением в системе терморегулирования КА радиационного холодильника (РХ) и тепловых труб.

С целью снижения уровня загрязнения КА в орбитальном полёте во ВНИИЭМ была создана испытательная база, разработаны методы и проведена термовакуумная обработка («обезгаживание») элементов конструкции, служебных и информационно-измерительных систем.

В ходе подготовки к лётно-конструкторским испытаниям (ЛКИ) было проведено комплексное исследование влияния факторов космического пространства на работоспособность КА «Электро».

Для повышения надёжности КА была создана автоматизированная испытательная система на базе микропроцессорных вычислительных устройств.

Основные характеристики КА «Электро» представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики КА «Электро»

Параметры орбиты	
Тип	Геостационарная
Средняя высота	36 000 км
Период обращения	86164 ± 1 с
Наклонение	Менее 1,3 град (без коррекции наклонения)
Эксцентриситет	Менее 0,001
Географическая долгота точки стояния	76 ± 0,1° в. д.
Ориентация	
Тип	Маховичная, трёхосная
Система координат	Ось крена <i>X</i> по направлению полета КА; ось тангажа <i>Y</i> по направлению к Полярной звезде; ось рыскания <i>Z</i> от центра Земли к центру масс КА
Точность ориентации в нормальном режиме	
По крену и тангажу	±2 угл. мин
По рысканию	±5 угл. мин
Режим повышенной точности	
По крену и тангажу	±1 угл. мин
По рысканию	±2 угл. мин
Угловая скорость стабилизации	Не более 0,0005 град./с
Коррекция	
Тип	Направление «Восток – Запад»
Точность поддержания центра масс по долготе в точке стояния	±0,1 угл. мин
Энергопитание	
Максимальная мощность	3700 Вт
Среднесуточная мощность	Не менее 1700 Вт
Напряжение	24 – 34 В
Периодичность перекладки СБ в сутки	4 раза
Время перекладки	Не более 25 мин
Длительность автономного режима	15 – 18 сут
Габариты	
Высота по оси <i>Y</i>	6,35 м
Диаметр в плоскости <i>XOZ</i> в стартовом положении	2,9 м
Размер (по оси <i>X</i>) в полёте	15 м
Масса	
Масса	2650 кг
В том числе полезной нагрузки	950 кг
Ресурс работы	
Ресурс работы	Не более 2 лет
Ракета-носитель	«Протон» с разгонным блоком 11С861
Общие характеристики	
Периодичность получения изображения Земли в видимом и ИК-диапазонах спектра (периодичность обновления информации)	Не более 1-го часа (минимальная 0,5 ч)
Периодичность получения гелиогеофизической информации	Каждый час
Периодичность получения данных от ПСД	Каждые 3 ч (в синоптические сроки: 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 ч)
Продолжительность сеанса	Не более 20 мин
Точность географической привязки информации (в подспутниковой точке)	
Абсолютная	10 км
Относительная	3 – 4 км

Можно отметить, что уже первые месяцы орбитального полёта КА «Электро» показали целесообразность и перспективность многоцелевого использования созданной космической платформы для установки как различных приборов дистанционных и контактных измерений, так и аппаратуры связи.

Бортовой информационно-радиотехнический комплекс (БИРК). Основная полезная нагрузка КА «Электро» – БИРК включал в себя:

- трёхканальный бортовой телевизионный комплекс (БТВК);

- гелиогеофизическую аппаратуру – радиационно-магнитометрическую систему (РМС);

- радиопередающий комплекс для передачи телевизионной (ТВИ), гелиогеофизической (ГГИ) и общеобъектовой (ООИ) информации в диапазоне частот 1,7 ГГц со скоростью 2,56 Мбит/с в центры приёма и обработки данных;

- аппаратуру сбора гидрометеороинформации с подвижных и стационарных платформ и передачи этих данных в диапазоне частот 1,7 ГГц наземным центрам Росгидромета;

- бортовой ретрансляционный радиотехнический комплекс, содержащий большое количество двухсторонних каналов связи (Земля – КА – Земля) в различных диапазонах (SuX), используемых как для передачи данных, указанных выше, так и для двухстороннего обмена (ретрансляции) факсимильной (ФИ), фототелеграфной (ФТ), БЦИ и иной информации между центрами и станциями Росгидромета и других потребителей.

Устройство КА «Электро». Конструктивно КА «Электро» был разделён на три части. Часть КА, которая традиционно называется спутниковой платформой, состояла из служебного и обеспечивающего комплексов. Аппаратура, традиционно относящаяся к модулю полезной нагрузки, находилась в составе специального комплекса.

Специальный или бортовой информационно-измерительный комплекс позволял:

- получать в видимом и ИК-диапазонах спектра изображения облачности, поверхности Земли, снежных и ледяных полей;

- проводить непрерывные наблюдения за динамикой быстроменяющихся атмосферных процессов;

- оперативно обнаруживать опасные явления природы;

- определять скорость и направление ветра на нескольких уровнях;

- определять температуру морской поверхности и другие характеристики;

- получать информацию о потоках частиц солнечного и галактического происхождения, электромагнитного, ультрафиолетового и рент-

геновского излучения Солнца, вариациях вектора магнитного поля.

Радиотехнический комплекс, кроме передачи с КА телевизионной и гелиогеофизической информации, позволял осуществлять приём гидрометеорологической, экологической и другой информации с ПСД, обмен между наземными центрами первичными и обработанными данными, полученными от метео- и природоресурсных космических систем, и оперативное доведение информации до потребителя.

РМС предназначалась для получения данных о плотностях потоков и спектрах электронов, протонов и альфа-частиц в широком энергетическом диапазоне, электромагнитном излучении Солнца в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах, вариациях магнитного поля Земли.

Характеристики БИРК КА представлены в табл. 2. Совокупность точностных и энергетических требований БИРК предопределила необходимость обеспечения непрерывной точной трёхосной ориентации и стабилизации платформы, в отличие от одноосной ориентации и стабилизации вращением, используемой в гидрометеорологических геостационарных КА Meteosat, GMS и GOES первого поколения. Это сильно усложнило аппаратно-конструктивные решения не только космической платформы, но и телевизионного радиометра, однако, как показала практика, оказалось весьма перспективно для расширения круга решаемых задач [1].

Служебный и обеспечивающий комплексы. КА «Электро» стал третьим типом российских геостационарных спутников, оснащённых бортовой управляющей системой с БЦВМ (после спутников производства НПО ПМ, построенных на платформе КАУР-4 – «Альтаир» и «Гейзер»).

Фундаментальная техническая проблема – обеспечение длительного автоматического поддержания работоспособности (АПР) систем и КА в целом – потребовала решения комплекса задач по следующим направлениям:

1. Создание высоконадёжного структурно-функционального построения КА.

2. Создание в составе бортового комплекса управления (БКУ) достаточно мощных БЦВМ и специального ПО.

Благодаря наличию БЦВМ, программа научных исследований программировалась на 18 дней вперёд, после чего КА каждый час производил передачу отснятых телевизионных материалов на центры приёма на Земле. Таким же образом программировалась и коррекция орбиты КА «Электро» по долготе.

БКУ КА «Электро» (рис. 2) реализовал в полном объёме функции управления большинством бортовых систем в штатном и аварийных режимах, осуществлял АПР КА, обеспечивал выполнение программ передачи и ретрансляции информации, полученной бортовой аппаратурой специального комплекса.

Таблица 2

Основные характеристики БИРК КА «Электро»

Бортовая аппаратура специального комплекса	Параметры
БТВК	
<i>Спектральные диапазоны</i>	
Видимый	0,46 – 0,7 мкм
Инфракрасный	10 – 12,5 мкм
<i>Мгновенное поле зрения/пространственное разрешение на местности</i>	
Видимый	31,5 мкрад/1,25 км
Инфракрасный	160,5 мкрад/6,25 км
Динамический диапазон видимого канала	17 дБ
Точность географической привязки изображений	Не хуже 30 км
<i>Сеансы передачи информации</i>	
Частота передачи изображения	30 мин
Продолжительность кадра (время сканирования изображения)	15 мин
Диапазон передачи информации по радиолиниям (S-band и X-band)	1,7 и 7,5 ГГц
Масса	495 кг
Энергопотребление	380 Вт
РМС	
<i>Энергетический диапазон измерения</i>	
Плотности потоков электронов, протонов, α -частиц, галактического излучения	От 0,04 до 600 МэВ
Плотности потоков электронов с энергиями выше пороговых значений	0,04, 0,17, 0,7, 1,7 МэВ
Плотности потоков протонов с энергиями выше пороговых значений	0,5, 40, 60, 90,0 МэВ
Плотности потоков α -частиц с энергиями	5 – 12 МэВ
Плотности потоков галактических космических лучей с энергией	≥ 600 МэВ
Плотности потоков рентгеновского излучения Солнца в энергетическом интервале	3 – 8 кэВ
Интенсивности ультрафиолетового излучения Солнца с длинами волн менее 130 н. м.	0,3 – 2,5, 0,3 – 12 и 121,6 н. м.
Диапазон измерения величины составляющих вектора магнитной индукции по трём взаимно перпендикулярным направлениям (X, Y, Z)	-180 до +180 нТл
Частота сеансов передачи информации	60 мин
Масса	55 кг
Энергопотребление	50 Вт
Радиотехнический комплекс передачи ТВИ и ГГИ	
<i>Основные характеристики</i>	
Передача ТВИ и ГГИ со скоростью	До 2,56 Мбит/с
Передача и ретрансляция потоков данных со скоростью	До 960 кбит/с
Передача и сбор потоков данных	До 60 кбит/с
Передача (ретрансляция) ФИ и аналоговой информации	2400 бит/с
Сбор информации с ПСД со скоростью	До 100 бит/с с каждой платформы
Число ПСД	133 (33 – международных и 100 – национальных)
Передача ТВИ и ГГИ и данных от ПСД на центры приёма и обработки данных гидрометеослужбы	1,76 ГГц
Передача ТВИ и ГГИ в центры приёма и обработки данных гидрометеослужбы	7,5 ГГц
Передача (ретрансляция) обработанной в центрах приёма ФИ, БЦИ и цифровой информации на АППИ	1,7 ГГц
Передача сигнала вызова с КА на ПСД	0,47 ГГц
Приём информации от ПСД	0,402 ГГц
Приём обработанной в центрах приёма БЦИ и ФИ	2,1 ГГц
Приём обработанной в центрах приёма ТВИ или любой многозональной информации для последующей передачи в другие центры приёма или АППИ	8,2 ГГц

Сложные задачи управления решались единой бортовой управляющей вычислительной системой (БУС), которая состояла из двух подсистем – БУС-1 и БУС-2, связанных магистралью межпроцессорного обмена (МПО). Управление осуществлялось программно-аппаратным способом на основе комплекса алгоритмов с помощью двухстороннего информационного обмена со всеми системами КА и развитого программно-математического обеспечения [2].

Через БУС-1 осуществлялась информационная связь с Землей, она запускалась первой и реализовывала большинство управляющих функций, а также производила диагностику состояния БКУ и большинства устройств, кроме устройств, связанных управлением ориентацией и стабилизацией КА.

БУС-1 также могла реализовать аварийную программу обеспечения длительной живучести (ПЮЖ) КА в целом.

БУС-1 была выполнена на базе микропроцессоров 580ВМ80С двумя каналами межпроцессорного обмена с БУС-2, командно-телеметрическими системами и испытательными комплексами.

Задачей БУС-2 являлось текущее управление и контроль процессов ориентации и стабилизации КА, включая диагностику и управление по её результатам реконфигурацией и режимами работы устройств системы.

Структура и элементная база БУС-1 и БУС-2 почти аналогичны, но в БУС-2 в дополнение к центральному процессору (ЦПР) для выполнения вычислений использовались три арифметических расширителя (АР). АР были построены на основе микропроцессоров 1810ВМ86 с собственным постоянным запоминающим устройством (ПЗУ) так, что общий объём памяти БУС-2 составлял 148 Кбайт.

В состав БУС-1 входили:

- три ЦПР с объёмом памяти 132 Кбайт, работающие параллельно и формирующие выходные сигналы по мажоритарному принципу;

- два устройства реконфигурации БУС-1 и БУС-2;

- устройство электропитания, коммутации питания и др.

Совместно с БУС-1 работали следующие системы КА, входящие в состав БКУ:

- бортовой коммутационный автомат (БКА), участвующий в реализации функций командного управления и сбора контрольной информации;

- система коррекции и разгрузки (СКР), реализующая функцию управления положением КА на орбите с помощью электрореактивных двигателей коррекции (ДК);

- бортовой стандарт времени и частоты (БСВЧ);

- адаптивная телеметрическая (БАТИ) и командно-измерительная (КИС) системы с приёмно-передающими антенно-фидерными устройствами для связи с наземным комплексом управления (НКУ).

Кроме того, БУС-1 функционально и информационно была связана с СЭС, системой терморегулирования (СТР) и БИРК.

Задачей БУС-2 являлся контроль всех процессов ориентации и стабилизации КА, включая диагностику и управление.

БУС-2 выполняла свои функции с помощью датчиков и исполнительных органов системы ориентации и стабилизации КА.

Система ориентации, управляемая БУС-2, обеспечивала успокоение КА после отделения от ракетно-носителя, поиск Солнца и одноосную ориентацию на Солнце с использованием грубого датчика Солнца (ГДС), поиск Земли и построение предварительной орбитальной ориентации по информации датчика вертикали (ДВ) и ГДС, поиск и захват астроориентиров точными датчиками (СК и ДПЗ) и режим постоянного поддержания точной орбитальной ориентации по информации любых двух из трёх точных датчиков (ДВ, СК и ДПЗ).

Также был предусмотрен режим ориентации с повышенной точностью, при котором, в качестве дополнительной информации использовались обработанные в БУС-2 данные о положении инфракрасного горизонта Земли в поле зрения телевизионного радиометра.

Система осуществляла повороты КА по курсу на 180°, что позволяло предотвратить солнечный нагрев РХ.

Всего в системе ориентации было предусмотрено 16 различных режимов, изменение их осуществлялось автоматически с использованием ПО БУС. Специальный программный комплекс обеспечивал диагностику состояния системы и поддержание её работоспособности при отказах или сбоях.

Требуемая точность ориентации и высокая стабильность угловых перемещений КА достигалась при помощи комплекса конструктивных и аппаратных мер по минимизации уровня внутренних возмущений, создаваемых при работе бортовых систем.

Эти меры позволили получить разрешающую способность ТРС на местности не хуже 1 км.

Для контроля и управления КА использовалась информация трёх типов:

- телеметрическая информация (ТМИ), передаваемая в сеансах связи по радиоканалу КМС в НКУ;

- КПИ, передаваемая на КА от НКУ по радиоканалу КИС;

- ООИ передавалась регулярно (каждый час) по радиоканалу БИРК, что позволяло в эксплуатационном режиме не использовать средства НКУ для контроля КА.

ПО БУС могло корректироваться путём послышки программных сообщений по радиолинии КИС. В БКУ, особенно при управлении ориентацией КА, эффективно использовалась функциональная избыточность. Например, даже при полном отказе обоих (основного и резервного) каналов любого датчика нормальная ориентация могла быть обеспечена при использовании двух других [3].

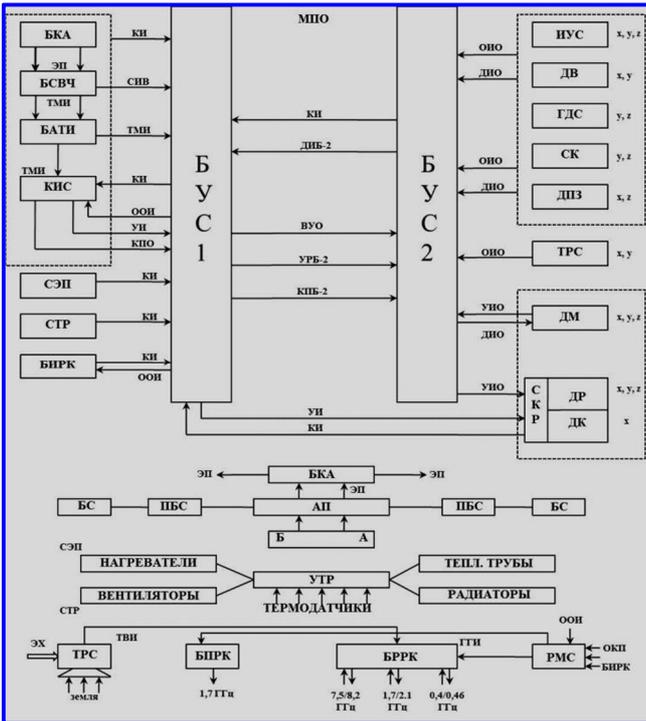


Рис. 2. Схема функционирования БКУ: ДИО – диагностическая информация ориентации; СИНВ – синхронизация, код времени; УИ – управляющая информация (ДК, ВП, КАУ); ОИО – основная информация от датчиков ориентации; УИО – управление исполнительными органами ориентации; КИ – контрольная информация (АС, ЦС, ИС, ТПС, ТМИ); ВУО – временные установки ориентации; КПО – коррекция программ БУС-2; ДИБ-2 – диагностическая информация БУС-2; УРБ-2 – управление реконфигурацией БУС-2; ЭП – силовое электропитание систем

Измерительные системы БИРК (ТРС и РМС) имели внутренние дублирующие каналы, и управление их резервами осуществлялось как от БУС, так и от НКУ.

Целевая информация этих систем передавалась на Землю по двум совершенно независимым передающим радиолиниям в различных диапазонах (S и X), передатчики каждой радиолинии были дублированы.

Система ретрансляции (связи) также осуществляла многоканальный обмен информацией с наземными центрами, пунктами и малыми станциями Росгидромета по двум независимым радиолиниям (приём – передача) в различных диапазонах.

Таким образом, бортовые комплексы и КА в целом были спроектированы, разработаны и изготовлены с учётом самых современных требований надёжности, автономности и длительности гарантийного полётного ресурса КА.

БКУ, основанный на широком использовании вычислительной техники в управлении КА и обладавший большими техническими возможностями, обеспечивал в течение первого этапа полёта КА «Электро» его нормальную работу даже в условиях возникновения серьёзных аварийных ситуаций [4].

Структура космической системы с КА «Электро». На рис. 3 представлена структурная схема космической системы с КА «Электро». НКУ КА «Электро» состоял из Центра управления полётом КА научного и народно-хозяйственного значения (ЦУП «Рокот», Москва) и баллистического центра, а также четырёх отдельных командно-измерительных комплексов (ОКИК) Военно-космических сил России: ОКИК-4 (Енисейск),

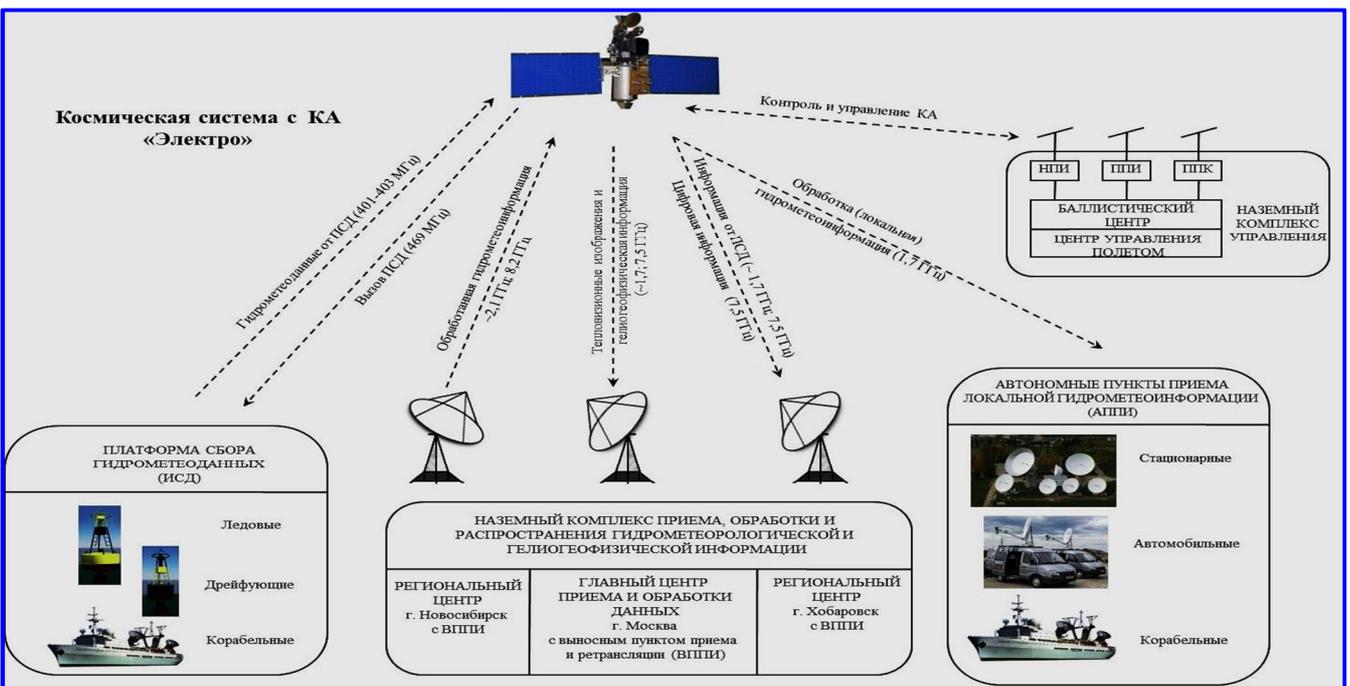


Рис. 3. Структурная схема космической системы с КА «Электро»

ОКИК-9 (Красное Село, Санкт-Петербург), ОКИК-13 (Улан-Удэ), ОКИК-2 (Солнечный, Комсомольск-на-Амуре).

Наземный комплекс приёма и обработки данных Росгидромета состоял из главного центра в г. Москве с выносными пунктами приёма-передачи информации (ППИ): в пос. Медвежьи Озера (диапазон 1,7 – 2,1 ГГц) и г. Обнинске (диапазон 7,5 – 8,2 ГГц) и соответствующих радиорелейных линий в Москве, а также региональных центров в г. Новосибирске и г. Хабаровске с выносными пунктами [5].

В структуру КС с КА «Электро» входили также платформы сбора гидрометеорологических данных и автономные пункты приёма локальной гидрометеорологической информации.

Поступила в редакцию 06.09.2017

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»).

SPACE SYSTEM PLANET-S COMPRISING GEOSTATIONARY SPACECRAFT ELECTRO No. 1

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

The article considers the background of building the Planet-S space system comprising the Electro spacecraft. The objectives and tasks addressed by the mentioned above space system are presented in the article. The general information on the performance specifications and the most up-to-date design concept of the Electro spacecraft are presented. The article provides the information on the basic characteristics of the Electro spacecraft and its components, as well as the basic performance specifications of its on-board radio information system. The solution of the problem of ensuring long-term autonomous support of the spacecraft on-board systems and the spacecraft on the whole is presented. The article describes the Electro spacecraft on-board control system and considers the solution of a complex task of the spacecraft control with the help of a common on-board control system.

The on-board control system based on a wide experience of computer technologies application for SC control had a wide range of capabilities to ensure the spacecraft normal operation during the first stage of flight, including emergency situations. In conclusion, the configuration of the space system comprising the Electro spacecraft is presented.

Key words: space system, spacecraft (SC), on-board control system, on-board radio information system, on-board television system, radio system, radiation measurement and magnetometric system.

List of References

1. Stoma S.A., Trifonov Iu.V. Geostationary Space System Electro (GOMS): Preconditions for Creation and Structure // VNIIEM Proceedings. Geostationary meteorological spacecraft Electro. – M., 1998. – Volume 98.
2. Trifonov Iu.V., Kuleshova F.I., Miroshnik O.M. On-board control system of Electro spacecraft // VNIIEM Proceedings. Geostationary meteorological spacecraft Electro. – M., 1998. – Volume 98.
3. Trifonov Iu.V. On-board control system of Electro spacecraft // Space Bulletin, 1995. – Volume 2. – No. 3.
4. Trifonov Iu.V., Gorbunov A.V. Electro and Resurs-O spacecraft and space systems operation experience. // Electrical Engineering, 1999. – No. 6.
5. Stoma Stephan A., Trifonov Yuri V. Geostationary Space System Electro (GOMS): Preconditions for Creation and Structure // Space Bulletin, 1995. – Volume 2. – No. 3.

Leonid Alekseevich Makridenko, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Director General, tel.: +7 (495) 365-56-10.

Sergei Nikolaevich Volkov, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), First Deputy Director General, tel.: +7 (495) 366-42-56.

Aleksandr Viktorovich Gorbunov, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Deputy Director General, tel.: +7 (495) 623-41-81.

Vladimir Pavlovich Khodnenko, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Chief Researcher, tel.: +7 (495) 624-94-98, e-mail: vniiem@orc.ru. (JC «VNIIEM Corporation»).