

НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СПУТНИКОВОЙ ПЛАТФОРМЫ И СРЕДСТВ ВЫВЕДЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ СОЗДАНИЯ МКА ДЛЯ МОНИТОРИНГА С УЧЕТОМ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ МКА «КОМПАС-2»

Государственный ракетный центр (ГРЦ) «КБ им. академика В.П.Макеева» на протяжении последних лет проводит проектные исследования по созданию малогабаритных космических платформ (МКП) и малых космических аппаратов (МКА) различного назначения.

26 мая 2006 г. ракетой-носителем «Штиль», разработанной ГРЦ «КБ им. академика В.П.Макеева», успешно запущен с подводной лодки «Екатеринбург» и выведен на эллиптическую орбиту высотой 450/500 км МКА «Компас-2». МКА «Компас-2» представляет собой универсальную космическую платформу с набором служебных систем и прибо-

рами комплекса научной аппаратуры общей массой 81 кг. В состав служебных систем входят бортовой комплекс управления, приемопередатчики командной радиолинии, телеметрический передатчик, системы электроснабжения, ориентации и стабилизации, обеспечения тепловых режимов бортовой аппаратуры. На рис. 1, 2 приведен МКА «Компас-2» в транспортном и рабочем положениях.

Бортовой комплекс управления (БКУ) является многофункциональным интегрированным комплексом и предназначен для управления и контроля функционирования систем МКА автономно или совместно с наземным комплексом управления (НКУ).

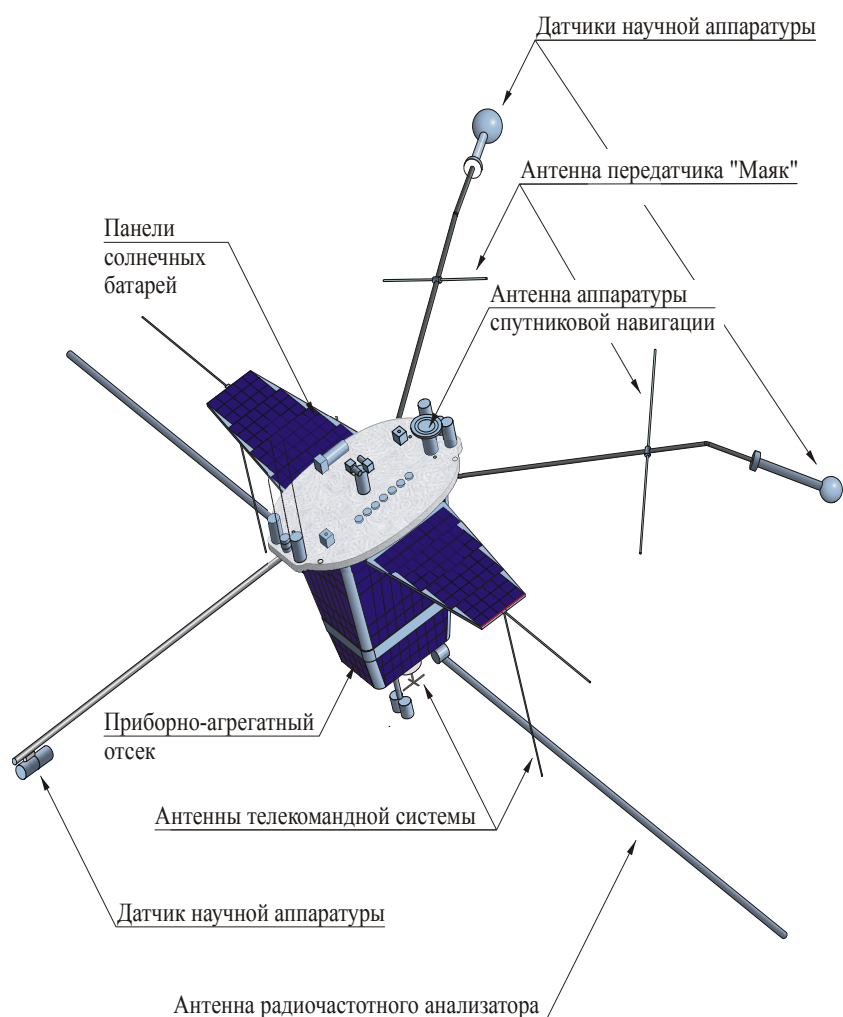


Рис. 1. МКА в рабочем положении

БКУ выполнен по двухканальной схеме, обеспечивающей выполнение требований отказоустойчивости БКУ. БКУ разработан и изготовлен ЗАО «Новаг», г. Москва, на базе высоконадежной программируемой логической схемы фирмы Actel.

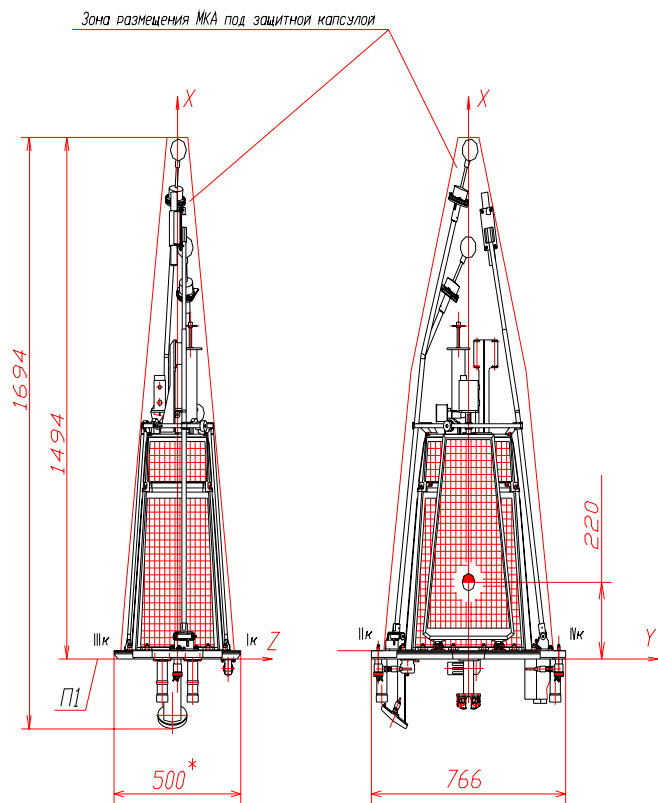


Рис. 2. МКА в транспортном положении

Приемопередатчики командной радиолинии ТР137, работающие на частоте 137 МГц, разработаны и изготовлены ИЗМИРАН, г. Троицк, Московской области.

Система электроснабжения (СЭС) предназначена для обеспечения электрической энергией систем МКА при его функционировании на орбите в течение гарантийного срока эксплуатации. В СЭС использованы солнечные батареи (СБ) на основе монокристаллических кремниевых фотопреобразователей, разработанные и изготовленные ОАО «Позит», пос. Правдинский, Московской обл., никель-кадмиевая буферная химическая батарея, разработанная и изготовленная «НИИАИ-Источник», г. С.-Петербург, блок автоматики и телеметрии, разработанный и изготовленный ИЗМИРАН, г. Троицк, Московской обл. Средневитковая мощность, вырабатываемая СЭС, порядка 20...25 Вт.

Система ориентации и стабилизации (СОС) конструктивно состоит из магнитометров, солнечного датчика, управляющего двигателя маховика, электромагнитного устройства и блока управления

и обеспечивает точность стабилизации по тангажу $2\div3^\circ$, по углам крена и рыскания 1° . СОС разработана и изготовлена ПО «Полет», г. Омск.

Комплекс научной аппаратуры МКА «Компас-2» состоит из пяти приборов – аппаратуры спутниковой навигации (АСН), двухчастотного передатчика когерентных частот (РВЕ 150/400), радиочастотного анализатора (РЧА), низкочастотного волнового анализатора (ОНЧ/КНЧ), датчика радиации и ультрафиолета (ДРФ), предназначенных для мониторинга околоземного космического пространства с целью обнаружения и регистрации аномальных физических явлений в атмосфере, ионосфере, обусловленных сейсмической активностью в различных регионах Земли, а также измерений потоков электронов и протонов радиационных поясов Земли и космических лучей. В процессе орбитального полета отработана малогабаритная платформа со служебными системами, предназначенная для размещения целевой аппаратуры, были проверены и подтверждены характеристики научных приборов, их соответствие требованиям технических заданий. Отработан новый малогабаритный БКУ с низким электропотреблением и широкими функциональными возможностями. Создан комплексный стенд проверки правильности формирования управляющих массивов информации, их прохождения на КА и исполнения бортовыми системами. Отработана технология работ по выводу КА «Компас-2» из нештатных ситуаций.

Было проведено:

- КИП ИЗМИРАН – 1117 сеансов связи (2010 МГб информации);
- КИП ФГУП ГРЦ – 945 сеансов связи (1700 МГб информации).

КИП ФГУП ГРЦ был создан с целью повышения надёжности управления МКА. Он территориально удалён от КИП ИЗМИРАН, чем обеспечил возможность проведения дополнительных сеансов связи. С целью повышения объема и качества принимаемой телеметрической информации ФГУП ГРЦ был создан еще и передвижной измерительный пункт на базе автомобиля ГАЗ-2217.

Получена информация о физике возникновения ряда предвестников землетрясений, проведены измерения фоновое состояние ионосферы, обнаружены и зарегистрированы явления мощной грозовой активности в верхней атмосфере, зарегистрированы в околоземном космическом пространстве потоки ускоренных протонов и электронов, связанные с солнечной активностью.

Полученные результаты показали, что созданный комплекс научной аппаратуры может быть использован в качестве основы для создания целе-

вого комплекса научной аппаратуры ионосферного мониторинга для последующих проектов, созданная малогабаритная космическая платформа позволяет размещать на ней аппаратуру различного назначения и решать широкий круг научно-исследовательских задач.

В настоящее время ГРЦ «КБ им. академика В.П.Макеева» выполняет проектные исследования с целью создания МКА с малогабаритной космической платформой массой до 90 кг с размещением на ней аппаратуры дистанционного зондирования поверхности Земли (ДЗЗ) с разрешением на местности 2,5 м в панхроматическом и 8 м в многозональном режиме съемки, а также с целью увеличения срока активного существования более 5 лет и возможности довыведения его с промежуточной орбиты на рабочую высотой до 900...1000 км.

В работе приводятся основные требуемые проектные параметры МКП, перспективной оптико-электронной системы (ОЭС) дистанционного зондирования поверхности Земли, рассматриваются вопросы малозатратного выведения МКА.

МКА ДЗЗ включает в свой состав:

- малогабаритную космическую платформу;
- целевую аппаратуру с бортовым радиотехническим комплексом передачи целевой информации (БРТК).

В свою очередь в состав МКП входят:

- силовой корпус;
- бортовой комплекс управления (БКУ),
- комплекс служебных систем в составе:
 - бортовая командно-телеметрическая система (БКТС),
 - система электроснабжения (СЭС),
 - система ориентации и стабилизации (СОС),
 - система обеспечения температурного режима (СОТР),
 - бортовая корректирующая двигательная установка (БКДУ).

МКП является основой МКА, конструкция которой разрабатывается из условия размещения ее в зоне отсека полезной нагрузки РН «Штиль-2.1». Конструктивно МКП представляет собой параллелепипед высотой 900 мм и форматом основания (640 x 640) мм. Внутри корпуса расположены термостабилизированные плиты, на которых монтируется бортовая аппаратура. На наружной поверхности установлены откидные панели солнечной батареи и антенны БРТК и БКТС.

Отличительной особенностью проектируемой МКП является:

1. Использование в БКУ для построения высоконадежной цифровой системы программируемых логических массивов (FPGA) фирмы Actel, представляющих собою массив однотипных логических элементов и предназначенных для обработки информации и управления коммуникационными каналами.

2. Солнечная батарея (СБ) выполняется с использованием фотоэлектрических преобразователей на основе As G_a. Площадь откидной солнечной батареи ~0,7...0,8 м². Панели СБ ориентированы на солнце. Погрешность ориентации панелей не хуже 10...15 град. Ориентацию панелей обеспечивает БКУ с использованием средств СОС. Фотопреобразователи также наносятся на две противоположные грани силового корпуса МКП, незатененные откидными панелями СБ.

СБ и буферная химическая никель-водородная батарея НВ-8 емкостью 8 А·ч разрабатываются ОАО «Сатурн».

3. Принятая СОС по точности ориентации и стабилизации обеспечивает зондирование поверхности Земли без смазов. Погрешность ориентации на уровне составляет по тангажу не хуже 5 угл.мин, по рысканию не хуже 10 угл.мин, погрешность стабилизации во время съемки не хуже 0,001 град/с.

4. Для коррекции орбиты с целью увеличения срока активного существования и при необходимости для довыведения МКА с промежуточной орбиты на рабочую используется абляционный импульсный плазменный двигатель (АИПД), разработанный научно-исследовательским институтом прикладной механики и электродинамики МАИ. Использование АИПД с энергией 35 Дж обеспечивает при соответствующих коррекциях орбиты после снижения её на 10 км (высота орбиты 450-500 км) существование МКА серии «Компас» не менее 5-7 лет. Режим коррекции орбиты занимает по времени от одного до нескольких витков. При этом коррекция орбиты проводится не чаще одного раза в четыре месяца.

При ресурсе работы АИПД 115,7 суток (число включений $2 \cdot 10^7$) и величине средней тяги $P = 0,2854$ гс высота довыведения составляет не менее 900 км, время довыведения – 95,40 суток.

В табл.1 приведено массовое распределение элементов и систем МКА общей массой 120 и 150 кг. С учетом мировой практики принималось, что масса целевой аппаратуры составляет 30-40% от массы МКА. В табл. 2 приведено энергопотребление систем МКП. В табл. 3 приведены проектные параметры целевой аппаратуры, устанавливаемой в состав МКА, массой 150 кг. В табл. 4 приведены проектные параметры целевой аппаратуры, устанавливаемой в состав МКА, массой 120 кг.

Таблица 1

Системы и элементы МКА	Масса МКА, кг	
	120	150
Силовой корпус	40,0	45,0
Бортовой комплекс управления	5,5	5,5
Система электроснабжения	15,5	15,5
Система ориентации и стабилизации	4,8	4,8
Система обеспечения температурного режима	0,3	0,3
Антенно-фидерные устройства	0,5	0,5
Бортовой радиотехнический комплекс	2,2	2,2
Бортовая командно-телеметрическая система	1,0	1,0
Бортовая корректирующая установка	7,8	7,8
Бортовая кабельная сеть	5,4	5,4
Детали общей сборки	2,0	2,0
Суммарная масса МКП	82,80	87,8
Масса, выделяемая для целевой аппаратуры без учета массы и бортового радиотехнического комплекса	35	60

Таблица 2

Системы	Потребляемая мощность, Вт	
	дежурный режим	рабочий режим
Бортовой комплекс управления	7,0	10,0
Система электроснабжения	8,0	20,0
Система ориентации и стабилизации	8,0	27
Система обеспечения температурного режима	30,0	0,0
Бортовой радиотехнический комплекс	0,0	60,0
Бортовая командно-телеметрическая система	2,0	30,0
Бортовая корректирующая двигательная установка	0,0	60,0

Таблица 3

Параметры	Панхроматическая камера высокого разрешения ПКВР-1	Многоспектральная камера высокого разрешения МКВР-6
Спектральные полосы, мкм	0,5...0,75	0,48...0,52
Рабочие углы Солнца, град	5...90	0,54...0,59
Разрешение	0,7...1,4	0,63...0,69
Полоса захвата, км	10	0,75...0,95
Информационный поток, Мбит/с	~ 775	35
Разрядность данных, бит	12	12
Энергопотребление, Вт (рабочий/дежурный режим)	40/5	10/5
Скорость передачи данных, Мбит/с (полезная)	64 – 160	
Диапазон частот, МГц	(8050 – 8350) X	
Энергопотребление БРТК, Вт	60	
Мощность передатчика, Вт	6	
Масса БРТК, кг	2,2	

Таблица 4

Параметры	Панхроматическая камера	Многоспектральная камера
Спектральные полосы, мкм	0,5...0,75	0,48...0,52 0,54...0,59 0,63...0,69 0,75...0,95
Рабочие углы Солнца, град	5...90	5...90
Линейное разрешение в надир геометрическое, м	1,4...2,5	6...8
Полоса захвата, км	10	10...15
Информационный поток, Мбит/с	170	35
Разрядность данных изображения, бит	12	12
Энергопотребление, Вт (рабочий/дежурный режимы)	15/5	10/5
Скорость передачи данных (полезная), Мбит/с	64 – 160	
Диапазон частот, Мбит	(8050 – 8350)X	
Энергопотребление БРТК, Вт	60	
Мощность передатчика, Вт	6	
Масса БРТК, кг	2,2	

Целевая аппаратура разрабатывается в сотрудничестве с ЗАО НПП «САИТ», НПО «ЛЕПТОН» и НПП «ОПТЭКС». Для увеличения полосы обзора предусматривается программный разворот МКА:

- по углам крена ± 40 угл.град;
- по углам тангажа ± 30 угл.град.

Обеспечивается возможность как одновременной съемки в панхроматическом и многоспектральном режимах, так и при различных комбинациях отдельных спектральных зон. Энергетические характеристики МКА обеспечивают время съемки на витке во всех спектральных режимах, включая панхроматический, 360 с и при съемке в различных комбинациях отдельных спектральных зон и отдельно в панхроматическом режиме 600 с.

В качестве средства выведения используются РН семейства «Штиль». На рис. 3 приведен общий вид РН «Штиль» и РН «Штиль-2.1». Пуски РН производятся с подводной лодки из подводного или надводного положения из районов, используемых ВМФ России при практических пусках, что не требует введения новых районов отчуждения и может обеспечить широкий спектр наклонений и высот орбит, позволяет выполнить требования Заказчика по дате и времени запуска.

Наличие большого задела по спутниковой платформе, позволяющей разместить различную целевую аппаратуру и арсенал БРПЛ готовых к запуску, позволяет ГРЦ по требованию Заказчика обеспечить создание и выведение на орбиту космического аппарата при достаточно коротких сроках исполнения и относительно низких затратах.

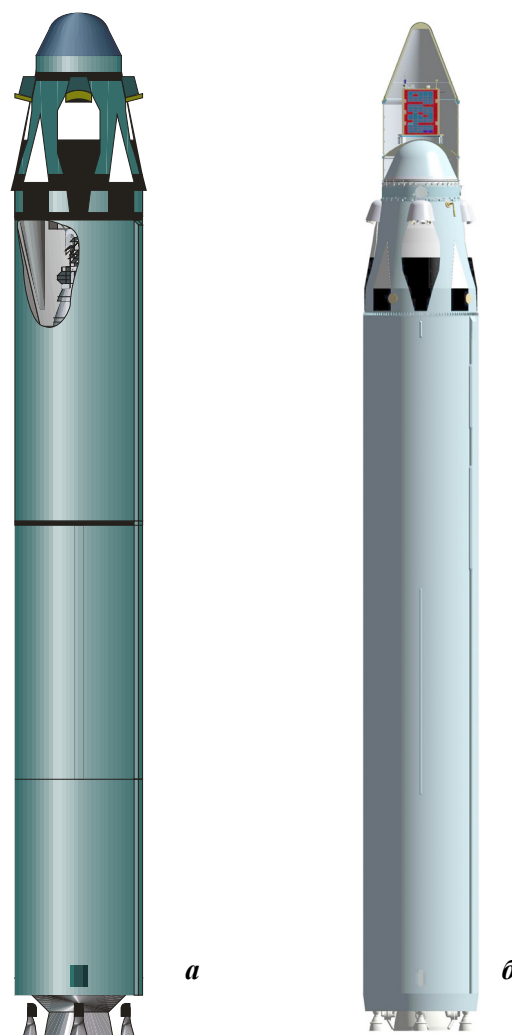


Рис. 3. РН «Штиль» (а); РН «Штиль-2.1» (б)