

УДК 629.783:553

М.В. Вайсеро, В.С. Гладилин, В.В. Кавун, С.И. Москалев

КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ "СІЧ-2" КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОТРАБОТКИ НОВЫХ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Приведена концепция построения платформы малых космических аппаратов в бескорпусном исполнении с использованием технологии приборных рамочных модулей.

Наведено концепцію будівництва платформи малих космічних апаратів у безкорпусному виконанні з використанням технології приладових рамкових модулів.

Describes the concept of the open-frame small spacecraft bus based on the frame module technology.

Концепция и технические требования к платформе

Бурное развитие мировой космической отрасли, а также расширение задач, которые ставятся перед новой космической техникой, привели к созданию большого количества различных космических аппаратов (спутников). В то же самое время, повышение технических требований к создаваемой космической технике и использование высоких технологий привели к значительному повышению стоимости производства и эксплуатации космических аппаратов (КА).

Одним из существенных способов удешевления производства, изготовления и эксплуатации КА является унификация отдельных систем, приборов и элементов конструкции КА. Применение базовой платформы под различные типы полезной нагрузки (ПН) реализует принцип унификации при создании космической техники. Однако унификация при создании КА с использованием базовой платформы влечет за собой снижение качественных показателей по габаритным, массово-инерционным, энергетическим и другим характеристикам всего КА. Выходом из данной ситуации является создание базовых платформ разных классов (по массе) и использование более широкой гаммы приборов базовых платформ. Анализ предлагаемых на современном этапе полезных нагрузок показывает, что большинство создаваемых в космической технике спутников относится к классу микроспутников массой до 100 кг и миниспутников (малого космического аппарата) массой до 500 кг. Исходя из этого, создание

базовой платформы в этих весовых категориях является предпочтительным.

Современные малые космические аппараты (МКА) создаются, как правило, в корпусном исполнении. Корпусное исполнение МКА предусматривает наличие самостоятельного корпуса, выполняющего силовую, терморегулирующую и защитную функции. Основным несущим силовым элементом МКА может быть ферма с установленными на ней панелями с аппаратурой или силовой центральной цилиндр, вокруг которого крепятся панели с аппаратурой, либо силовой каркас, состоящий только из панелей, на которых располагаются все компоненты МКА.

Для МКА массой до 200 кг на нашем предприятии создана платформа МС-2 в бескорпусном исполнении с возможностью установки полезной нагрузки до 100 кг, предназначенная для функционирования на околоземных орбитах высотой от 500 до 700 км.

Впервые платформа МС-2 была применена на ГП "КБ "Южное" для создания спутника Egyptosat-1 и МКА "Січ-2". В настоящее время на ее основе создаются МКА "Мікросат" и "Січ-2-1" (усовершенствованный "Січ-2").

Функцию корпуса в таком МКА выполняют корпуса самих приборов, из которых состоит МКА. При этом приборы выполняются плоскими в виде негерметичных рамочных модулей (РМ), из которых составляется пакет с двумя плитами на противоположных торцах пакета, скрепленный шпильками-стяжками.

Концепция использования базовой платформы МС-2 предполагает возмож-

ность установки различных ПН в данной весовой категории для решения поставленной перед МКА задачи. При этом базовая платформа МС-2 должна обеспечивать поддержку требуемой орбиты, требуемое электроснабжение, создание заданного теплового режима, требуемую ориентацию приборов полезной нагрузки, выполнение всех технических требований, предъявляемых к приборам ПН и платформы, максимально возможный срок активного существования МКА.

Выполнение высоких требований, предъявляемых к базовой платформе МС-2, может привести к снижению таких показателей МКА, как минимально возможные габаритные размеры и масса. Однако их выполнение позволит построить качествен-

ную и гибкую систему, позволяющую при минимальных затратах создавать разнообразные по своему назначению МКА.

Платформа МС-2 состоит из подсистемы данных платформы, включающей бортовой цифровой вычислительный комплекс (БЦВК) и модуль телеметрии, подсистемы определения и управления ориентацией (ПОУО), аппаратуры спутниковой навигации (приемника GPS), связной подсистемы (аппаратуры командно-телеметрической радиопередачи S-диапазона), подсистемы электроснабжения (ПСЭС), подсистемы терморегулирования, двигательной установки (ДУ), кабельной сети и конструкции.

Структурная схема платформы МС-2 приведена на рис. 1.

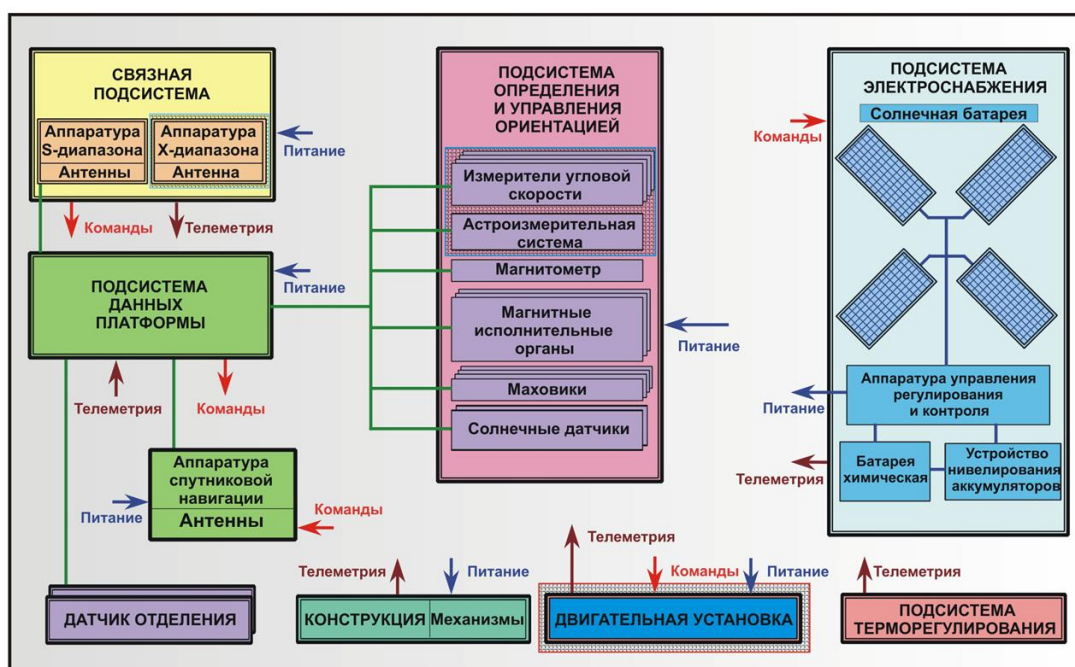


Рис. 1. Структурная схема платформы МС-2

В зависимости от назначения, требований к создаваемому на основе платформы МС-2 МКА состав и комплектация аппаратуры платформы могут варьироваться.

Например, ПОУО может варьироваться по составу и количеству устанавливаемых приборов. Причем комплектовать платформу можно приборами разных производителей, имеющими различные интерфейсы. Естественно, такой подход приводит к тому, что элементы конструкции платформы (плита основания, установочная плита,

базисный блок) конструктивно могут отличаться в зависимости от того, какой МКА создается на базе этой платформы. Но эти элементы конструкции легко подвергаются изменениям и мало влияют на технико-экономические показатели платформы и на МКА в целом.

МКА, созданные с применением приборных РМ, по сравнению с МКА в корпусном исполнении обладают следующими достоинствами:

- снижение массы за счет выполнения функции корпуса МКА корпусами приборных рамочных модулей (ПРМ);
- идентичность и простота конструкции корпусов ПРМ (отличаются высотой, расположением и количеством соединителей);
- применение в конструкции корпусов ПРМ традиционного в ракетно-космической отрасли Украины материала – алюминиевого сплава АМг6;
- повышение точности углового положения приборов ПН и приборов системы управления (СУ), включающей БЦВК и ПОУО, путем их размещения на едином конструктиве – базисном блоке, расположенном в центре пакета ПРМ;
- снижение температурных деформаций пакета ПРМ путем их оснащения тепловыми экранами, расположенными на боковых гранях торцевых плит;

- снижение длин и массы кабелей между ПРМ за счет расположения электрических соединителей преимущественно на одной из сторон пакета из ПРМ;
- удобство проведения сборочно-разборочных работ с МКА и электрических испытаний на космодроме.

Платформа состоит из пакета ПРМ, включая базисный блок, и двух прямоугольных плит на противоположных торцах пакета, скрепленных шестью стяжными шпильками. Боковые грани пакета ПРМ по торцам плит закрыты тепловыми экранами. К одной из плит (основанию) посредством механизмов поворота прикреплены четыре солнечные батареи, которые в транспортном положении МКА сложены вдоль пакета ПРМ и зачекованы к установочной плите. Расположение ПРМ в пакете приведено на рис. 2.

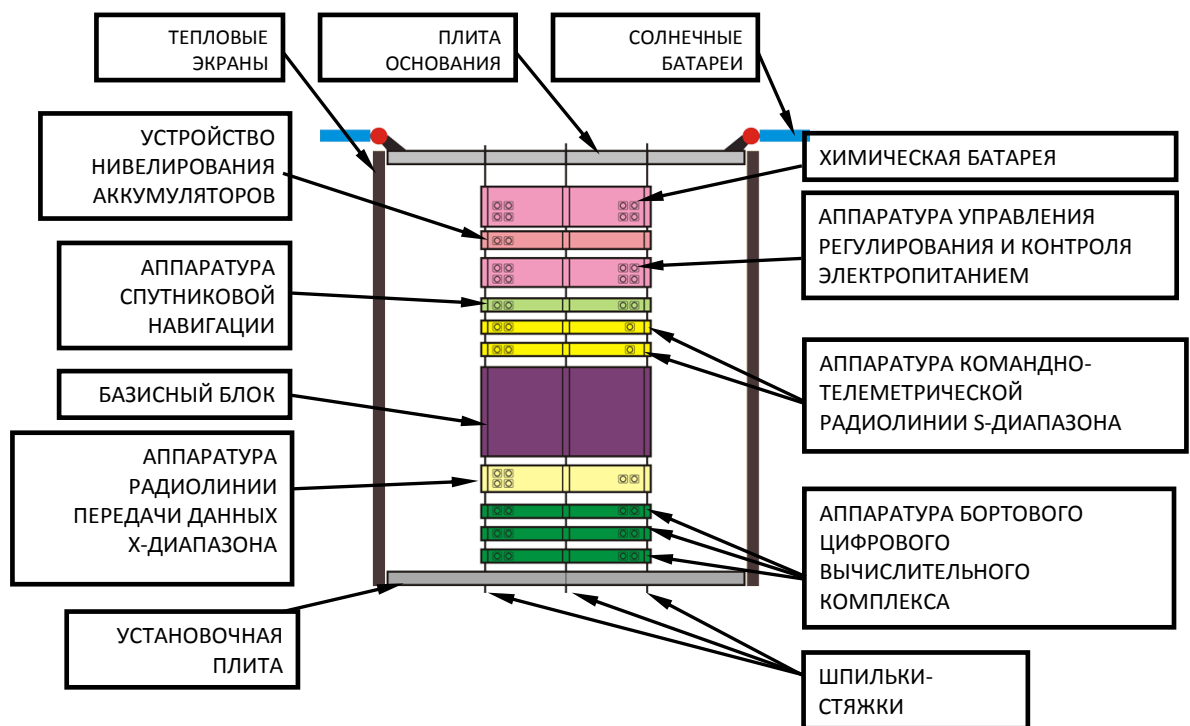


Рис. 2. Расположение приборов платформы в пакете ПРМ

Конструктивные особенности платформы МС-2 МКА "Січ-2":

- использование оптимизированных по размерам и массе негерметичных ПРМ, которые совместно с плитами и тепловыми экранами выполняют силовую, защитную от воздействия факторов космического пространства и терморегулирующую функции корпуса платформы;

- расположение приборов ПОУО и ПН на едином конструктиве – базисном блоке, что позволяет установить их с высокой точностью и обеспечить нестабильность углового положения на орбите относительно базовой системы координат платформы менее 3 угл. мин. Базисный блок изображен на рис. 3;



Рис.3. Базисный блок

- использование пассивной системы терморегулирования, включающей тепловые экраны, чехлы из ЭВТИ, тепловые изоляторы, терморегулирующие покрытия. Расположение тепловых экранов под углом 45° к плоскости орбиты обеспечивает более эффективное их использование;
- использование раскрываемых механизмами поворота на угол 90° солнечных батарей, панели которых выполнены в виде трехслойной сотовой конструкции;
- размеры плиты основания и установочной плиты в два раза превышают размер ПРМ, что позволяет установить приборы ПН как на наружной, так и на внутренней

поверхностях плит вокруг пакета ПРМ. При этом плиты расположены по отношению к пакетам ПРМ под углом 45° , что увеличивает внутренний объем платформы для размещения ПН и в то же время уменьшает внешние габариты платформы.

Конструктивно-компоновочная схема и конструкция МКА "Січ-2", созданная на базе платформы МС-2, защищены патентом Украины № 79274 на "Супутник дистанційного зондування Землі".

Размещение полезной нагрузки на платформе МС-2

Полезная нагрузка на платформе МС-2 может устанавливаться как внутри платформы, так и снаружи. Общий объем аппаратуры ПН, устанавливаемой внутри платформы между плитами и тепловыми экранами, $\sim 70 \text{ дм}^3$, а на наружной части $\sim 50 \text{ дм}^3$.

Размещение ПН на платформе представлено на рис. 4.

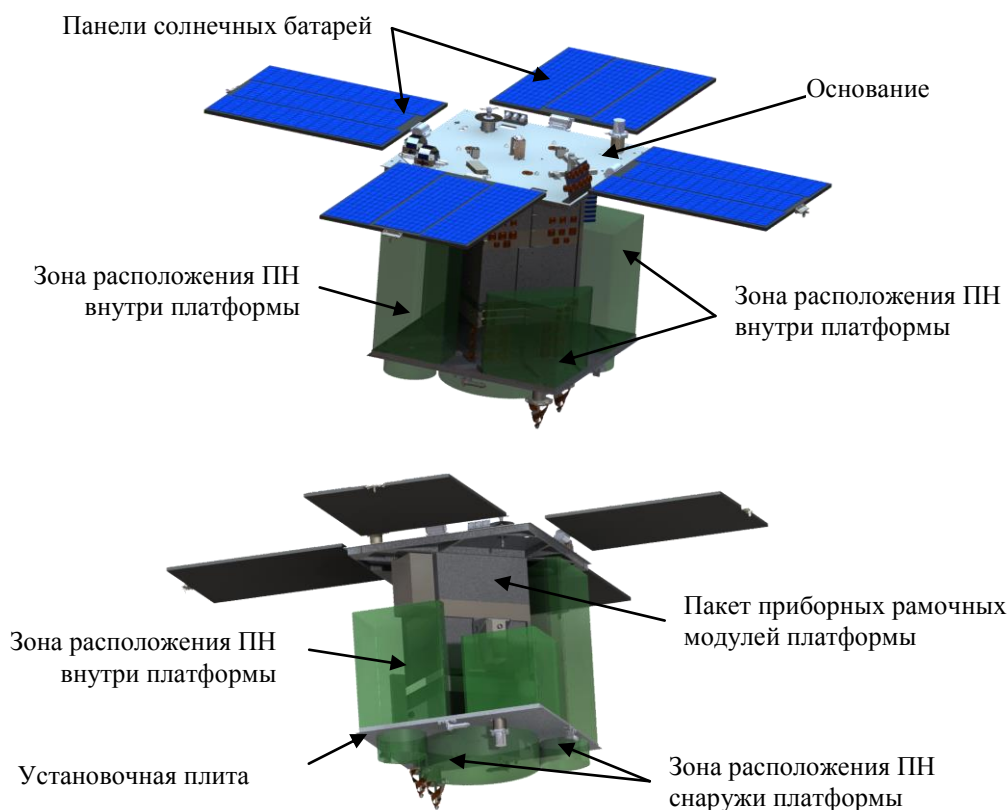


Рис. 4. Размещение ПН на платформе

Основные характеристики платформы МС-2

Платформа МС-2 представляет собой гибкую систему, позволяющую установить широкую гамму полезных нагрузок для создания МКА различного назначения, в том числе для решения задач дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), связи, научных исследований, технологических экспериментов и др.

Возможность использования различных типов и модификаций аппаратуры системы управления позволяет ей ориентировать МКА как на Землю, так и на Солнце, что повышает энерговооруженность платформы.

Использование двигательной установки позволяет не только поддерживать требуемые параметры орбиты, но и изменять их.

Основные характеристики платформы МС-2:

- орбита – солнечно-синхронная около-круговая высотой от 500 до 700 км;
- местное солнечное время в нисходящем узле – от 10 до 14 ч;
- ориентация – трехосная, на Землю;
- погрешность ориентации во время работы ПН – 0,2 град (3σ) при наличии в составе платформы астроизмерительной системы и комплекта измерителей угловой скорости, в дежурном режиме или режиме ориентации на Солнце – не хуже 5 град (3σ);
- угловая скорость стабилизации во время работы ПН – 0,005 град/с (3σ) при наличии в составе платформы астроизмерительной системы и комплекта измерителей угловой скорости, в дежурном режиме или режиме ориентации на Солнце – не хуже 0,01 град/с (3σ);
- управление и телеметрия осуществляются по радиолинии S-диапазона со скоростью

32 кбит/с (8 кбит/с в неориентированном режиме);

- передача информации ПН по радиолинии X-диапазона со скоростью 32 Мбит/с (в ориентированном в орбитальной системе координат режиме);
- срок активного существования – не менее 5 лет;
- масса платформы – до 100 кг.

На платформе возможна установка ПН, имеющей следующие характеристики:

- масса до 100 кг, объемы снаружи платформы до 50 дм³, внутри платформы три места до 70 дм³;
- выделенная для ПН ПСЭС мощность электропитания среднесуточная до 15 Вт (до 300 Вт в течение 15 мин);
- количество команд управления релейных (разовых и программных) до 69, интерфейсных (разовых и программных) до 143;
- интерфейс обмена данными – "токовая петля" (три канала);
- количество телеметрируемых аналоговых параметров – до 20, сигнальных – до 52, температурных и потенциометрических – до 28.

Примеры использования платформы МС-2 для создания МКА различного назначения

На базе платформы МС-2 созданы спутник ДЗЗ Egyptosat-1 в интересах Арабской Республики Египет и украинский МКА ДЗЗ "Січ-2". Кроме этого, на базе данной платформы создается МКА "Мікросат" научно-технологического назначения и МКА "Січ-2-1". Внешний вид спутника Egyptosat-1, МКА "Січ-2" и "Мікросат" изображен на рис. 5.

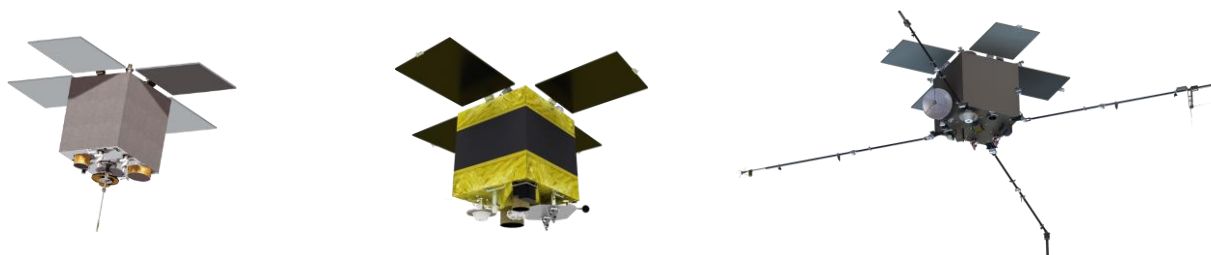


Рис. 5. Спутник Egyptosat-1, МКА "Січ-2" и "Мікросат"

Спутник Egyptosat-1 предназначен для оперативного получения информации с поверхности Земли в видимом и среднем инфракрасном диапазонах спектра, а также для передачи кратких сообщений с промежуточным хранением информации на борту спутника.

ПН спутника позволяет получать информацию с поверхности Земли в видимом диапазоне с разрешением в надире 7,8 м с шириной полосы обзора в надире 46,6 км, а также в среднем инфракрасном диапазоне с разрешением в надире 39,5 м с шириной полосы обзора в надире 55,3 км. Кроме того, спутник оборудован аппаратурой электронной почты, способной принимать и передавать краткие сообщения со скоростью 9,6 кбит/с.

Масса спутника составляет 157 кг (масса ПН – 49 кг).

Габаритные размеры спутника в рабочем положении 2,35×2,36×1,57 м.

Спутник запущен 17 апреля 2007 г. на солнечно-синхронную орбиту высотой 668 км и наклоном 98,0° и отработал на орбите 3,5 года.

МКА ДЗЗ "Січ-2" предназначен для оперативного получения информации с поверхности Земли в видимом и среднем инфракрасном диапазонах спектра, а также для сбора научной информации о параметрах ионосферы Земли.

ПН МКА позволяет получать информацию с поверхности Земли в видимом диапазоне с разрешением в надире 8,2 м с шириной полосы обзора в надире 48,8 км, а также в инфракрасном диапазоне с разрешением в надире 41,4 м с шириной полосы обзора в надире 58,1 км. Кроме того, МКА "Січ-2" оборудован комплексом научной аппаратуры "Потенциал", включающим датчик нейтральных частиц,

датчик заряженных частиц, а также датчик электрического поля.

Масса МКА составляет 176 кг (масса ПН – 58 кг).

Габаритные размеры МКА в рабочем положении 2,38×2,38×1,12 м.

МКА имеет режим ориентации на Солнце, что позволяет повысить его энергообеспеченность.

МКА "Січ-2" запущен 17 августа 2011 г. на солнечно-синхронную орбиту высотой 700 км и наклоном 98,24°.

МКА "Мікросат" предназначен для проведения научных и технологических экспериментов в условиях космического пространства.

Для проведения технологических экспериментов на МКА "Мікросат" установлены экспериментальный звездный датчик, высокоскоростная аппаратура связанной радиолинии X-диапазона, литий-ионная и солнечная батареи, панели с терморегулирующими покрытиями. В состав платформы МС-2 в МКА "Мікросат" включена аммиачная двигательная установка. Все компоненты МКА – отечественного производства.

Для проведения ионосферных измерений МКА "Мікросат" оснащен комплексом научной аппаратуры "Ионосат-Мікро", включающим в себя волновые зонды, магнитометры, датчики нейтральных и заряженных частиц, электрический зонд и анализатор спектра электрического поля.

Масса МКА составляет 185 кг (масса ПН – 70 кг).

Габаритные размеры МКА в рабочем положении 5,9×5,6×1,3 м.

МКА "Мікросат" планируется запустить на солнечно-синхронную орбиту высотой 668 км и наклоном 98°.

Статья поступила 15.07.2015