

УДК 629.78

ПРОЕКТНЫЙ ОБЛИК И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА СГАУ – ГНП РКЦ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС»

© 2010 С.И. Ткаченко¹, В.В. Салмин², Н.Д. Сёмкин², В.И. Куренков²,
В.И. Абрашкин¹, А.Г. Прохоров², С.Л. Сафронов¹, И.С. Ткаченко², К. В. Петрухина²

¹ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара

²Самарский государственный аэрокосмический университет

Рассматривается проектный облик и основные проектные характеристики унифицированной платформы малого студенческого космического аппарата «АИСТ», в основе которого положен принцип модульных технологий и методы структурного проектирования.

Унифицированная платформа, малый космический аппарат, модульные технологии, маломассогабаритный, технические характеристики, целевая аппаратура, модуль, негерметичное исполнение

Благодаря тенденции перехода мировых производителей на создание маломассогабаритной космической техники нового поколения открываются всё большие возможности по освоению околоземного космического пространства и исследованию Земли. Создание космических аппаратов (КА) данного класса позволяет в условиях минимизации затрат и в сжатые сроки запускать исследовательские спутники с широким кругом выполняемых задач. Подобные разработки осуществлялись и реализовывались научными коллективами СГАУ и ЦСКБ в 1989-1990 гг. (серия малых КА научного назначения «ПИОН»).

1. Назначение малого КА «АИСТ»

В зависимости от типа полезной нагрузки малый космический аппарат может быть предназначен для решения целого ряда задач:

- мониторинг земной поверхности и атмосферы;
- получение новых данных о состоянии околоземного пространства;
- проведение фундаментальных исследований;
- изучение физических свойств космических объектов;
- отработка современных и перспективных технологий;
- дистанционное образование и др.

Малый космический аппарат «АИСТ» предназначен для решения образовательных, научно-технических и экспериментальных задач, а также демонстрации научно-технического и промышленного потенциала учебных и производственных организаций Самарской области.

В рамках проекта будут проведены научно-технологические эксперименты:

- обеспечение лётной квалификации перспективных приборов ориентации на Солнце;
- обеспечение лётной квалификации перспективной многофункциональной негерметичной платформы для спутников массой 30-60 кг;
- измерение магнитного поля Земли и отработка системы измерения и компенсации микроускорений малого КА;
- исследование проблем микрогравитации;
- исследование поведения высокоскоростных механических частиц естественного и искусственного происхождения;
- отработка безударной системы отделения малого КА от КА-носителя;
- экспериментальная отработка в космосе перспективных типов солнечных батарей из арсенида галлия, созданных на основе нанотехнологий.

С целью отработки перспективных и современных технологий на спутнике «АИСТ» устанавливается ряд новых устройств и систем, отработка которых в космосе позволит в будущем устанавливать их на большие дорогостоящие космические аппараты разработки ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс».

2. Научная аппаратура малого КА «АИСТ»

В состав научной аппаратуры малого КА «АИСТ» входят аппаратура *МАГКОМ* и *МЕТЕОР*, разрабатываемая институтом космического приборостроения СГАУ.

Аппаратура *МАГКОМ* предназначена для подтверждения эффективности применения магнитных средств компенсации микроускорений (МСКМ) на борту МКА «АИСТ», а также в целях отработки методики выбора проектных параметров этих средств. Научная аппаратура *МАГКОМ* обеспечивает решение следующих задач:

- Оперативный расчет управляющего магнитного момента блока электроники аппаратуры для компенсации низкочастотной составляющей микроускорений по данным измерений вектора магнитной индукции геомагнитного поля и параметров орбитального движения.

- Реализация режимов работы аппаратуры в целях компенсации низкочастотной составляющей микроускорений на борту МКА до минимальной величины, не превышающей диапазона значений от $10^{-5}g_0$ до $10^{-7}g_0$. Создание малой космической платформы с подобными характеристиками, не имеющей аналогов в мире, позволит привлечь заказчиков (в том числе зарубежных) для постановки на борту уникальных экспериментов.

- Формирование массива данных, включая измерения вектора магнитной индукции, параметров орбитального движения и результатов расчёта управляющих магнитных моментов.

МАГКОМ функционально объединяет:

- два трёхкомпонентных магнитометра для измерения магнитного поля Земли;
- блок электроники (БЭ);
- блок управления исполнительными элементами;
- три электромагнита;
- информационный канал сопряжения БЭ аппаратуры *МАГКОМ* с системой управления *КУНС*.

Аппаратура *МЕТЕОР* предназначена для решения следующих задач:

- Оценка параметров высокоскоростных пылевых частиц - массы и скорости, взаимодействующих с поверхностью ионизационного датчика.

- Временная и пространственная привязка результатов измерения - параметров высокоскоростной пылевой частицы для последующего определения направления прихода пылевой частицы и ее идентификации, определения принадлежности к классу микрометеороидов или техногенных частиц.

- Периодическое измерение пространственного положения Солнца относительно связанных координат МКА с последующей оценкой возможных потоков заряженных частиц на поверхность МКА и динамики изменения поверхностного заряда.

МЕТЕОР состоит из:

- шести многопараметрических преобразователей;

- блока электроники;
- информационного канала сопряжения БЭ аппаратуры *МЕТЕОР* с системой управления *КУНС*.

Цель создания и экспериментальной отработки в космосе аппаратуры *МЕТЕОР* - повышение стойкости конструкции КА к метеоро-техногенным воздействиям.

3. Состав бортовых обеспечивающих систем малого КА

Негерметичный приборный отсек образован пространственной рамой с кронштейнами, на которой смонтированы панели корпуса.

В состав бортовых обеспечивающих систем малого КА входят: командно-управляющая навигационная система (КУНС), система электропитания (СЭП), включая солнечные батареи и аккумуляторы, система терморегулирования (СТР), бортовая кабельная сеть.

На двух панелях корпуса установлены модули аппаратуры *командно-управляющей навигационной системы*, в состав которой входит бортовой компьютер, приемная аппаратура, работающая на частоте 145 МГц, передающая аппаратура на частотах 435 МГц, а также бортовая аппаратура радионавигации.

На трёх панелях ортогонально друг другу расположены электромагниты научной аппаратуры *МАГКОМ*. Модули антенн навигационной аппаратуры установлены в двух противоположных направлениях, обеспечивая практически всенаправленную диаграмму.

Батарея солнечная (БС) смонтирована на панелях корпуса с непосредственной наклейкой фотоэлектрических преобразователей на пяти из шести панелей. Кроме того, имеется отдельная панель БС, которая устанавливается поверх шестой панели корпуса малого КА. БС изготовлена на базе трёхкаскадных арсенид-галлиевых

фотопреобразователей. На теневых участках орбиты электропитание обеспечивает никель-металгидридная аккумуляторная батарея. Она не является отдельным агрегатом - элементы батареи входят в состав приборного блока питания и управления, в котором размещается вся автоматика *системы электропитания* (СЭП), она также входит в состав аппаратуры КУНС. Освещённость БС оценивалась путем имитационного моделирования функционирования малого КА на орбите.

Система терморегулирования (СТР) пассивная: требуемый температурный режим обеспечивается нерегулируемым соотношением оптических коэффициентов на поверхностях элементов конструкции объекта, теплоизолирующими элементами, электрообогревателями и тепловыми трубами, которые обеспечивают тепловой режим приборов научной аппаратуры и КУНС. Электрообогреватели включаются по командам КУНС при снижении температуры ниже -5° и выключаются при достижении температуры $+35^{\circ}\text{C}$. Для управления используется среднее значение температуры по трем датчикам.

Структурно - функциональная схема СТР приведена на рис. 1.

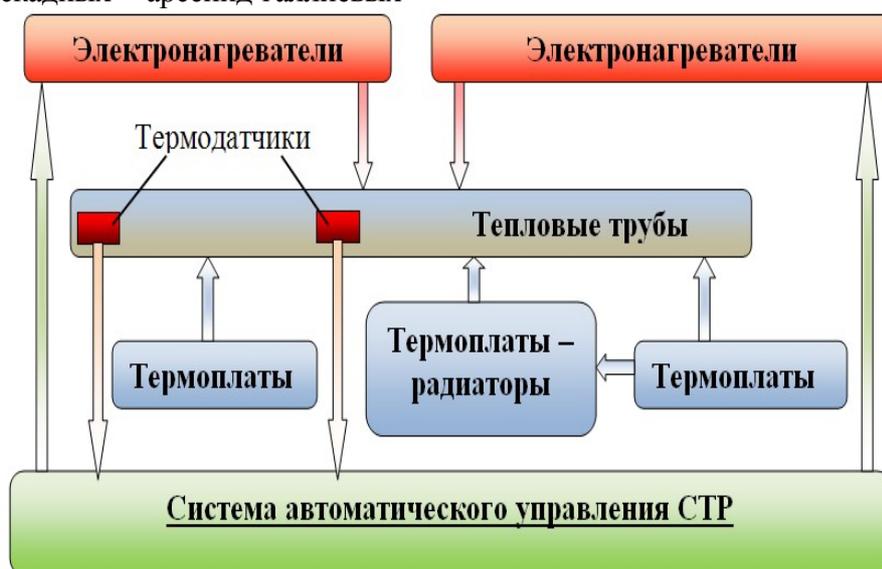


Рис. 1. Структурно-функциональная схема СТР малого КА «АИСТ»

Внутренняя компоновка КА «АИСТ» с основными бортовыми системами и модулями научной аппаратуры представлена на рис. 2.

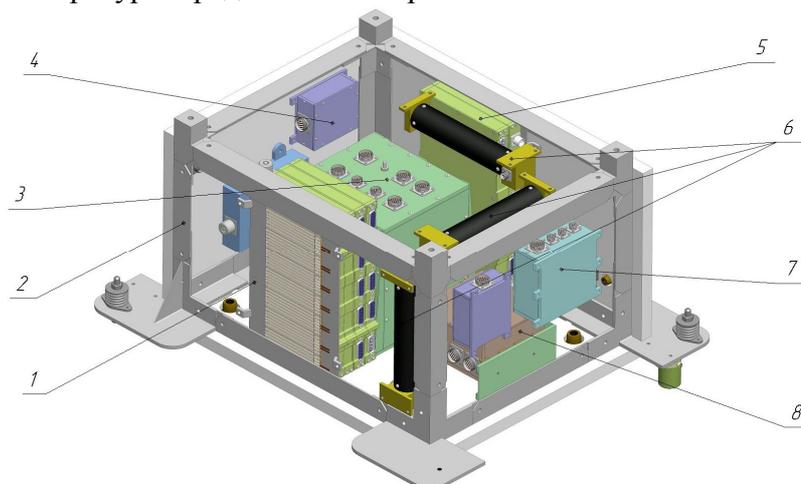


Рис. 2. Внутренняя компоновка малого КА «АИСТ»
 1 – модуль КУНС; 2 – рама корпуса; 3 – модуль НА «МАГКОМ»; 4 – модуль датчиков-магнитометров; 5 – модуль АБ; 6 – электромагнит (3 шт.); 7 – модуль управления электромагнитами; 8 – модуль управления НА «МЕТЕОР»

Внешний облик малого КА «АИСТ» в стартовой конфигурации с устройством отделения представлен на рис. 3.

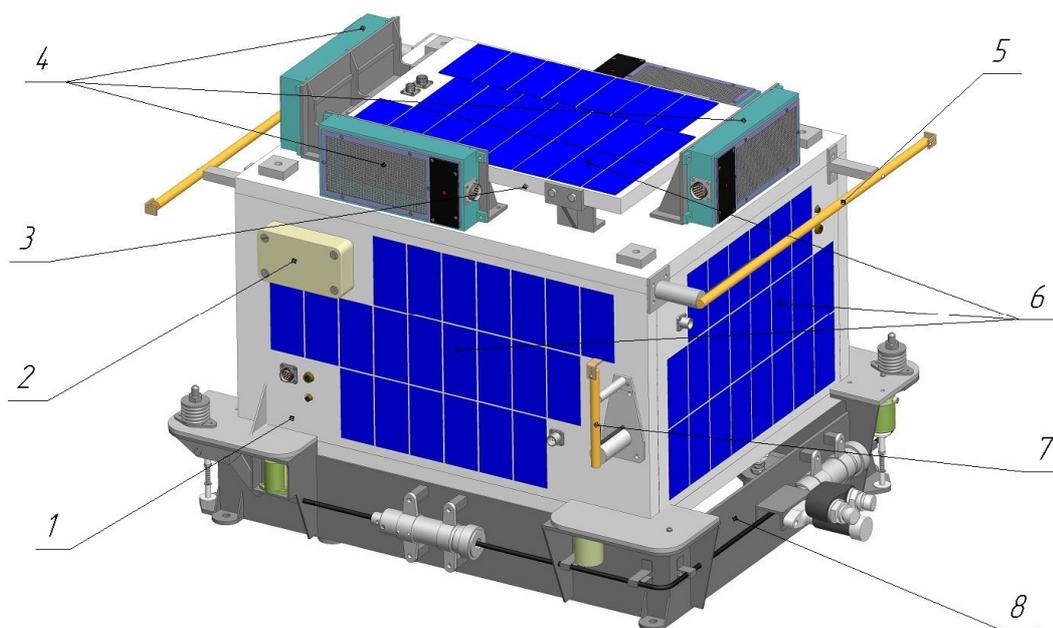


Рис. 3. Внешний вид малого КА «АИСТ»
 1 – корпус КА; 2 – антенна навигационной аппаратуры потребителя; 3 – панель солнечной батареи; 4 – датчик научной аппаратуры «МЕТЕОР» (6 шт.); 5 – приёмная антенна 145 МГц (2 шт.); 6 – фотоэлектрические преобразователи; 7 – передающая антенна 435 МГц (2 шт.); 8 – устройство отделения

4. Способ выведения малого КА на орбиту

Выведение малого КА «АИСТ» на начальную орбиту функционирования осуществляется методом, полученным в результате комплексного анализа возможностей выведения. Был

рассмотрен ряд схем выведения малого КА на орбиту:

- «воздушный старт»;
- малый КА как полезная нагрузка (ПН), устанавливаемая в свободных зонах переходного отсека верхней ступени ракеты-носителя (РН) «Союз-2»;

– малый КА как ПН при групповом запуске малых КА на РН лёгкого класса типа «Космос»;

– малый КА как попутная полезная нагрузка, устанавливаемая на конструкции большого КА и выводимые совместно на РН «Союз-2».

Схема запуска выбрана исходя из различных проектных условий и ограничений, таких, как стоимость запуска малого КА, сроки запуска, тактико-технические характеристики средств выведения и малого КА, массово-геометрические характеристики КА, ограничения на параметры начального состояния аппарата после отделения и др. Каждый вариант был подвергнут анализу и проектному расчёту. На основе проведённых исследований, предпочтение было отдано двум вариантам: установке малого КА в переходном отсеке верхней ступени РН и выведение попутной нагрузкой на КА-

носителе (рис. 4). Окончательный выбор был отдан в пользу попутного выведения малого КА совместно с КА «Бион-М», как более надёжного способа, менее затратного и с меньшим количеством ограничений на геометрические характеристики малого КА.

Размещение малого КА под головным обтекателем РН в зоне полезного груза (ЗПГ) КА-носителя обеспечено в соответствии с заданными требованиями по размещению в ЗПГ. Учитывая крайне плотное заполнение ЗПГ конструкцией и внешними элементами и установками КА-носителя, было найдено единственно возможное решение и место установки, удовлетворяющее ограничениям по условиям размещения и закрепления, условиям отделения на рабочей орбите, условиям безопасного совместного полёта и обеспечения связи.

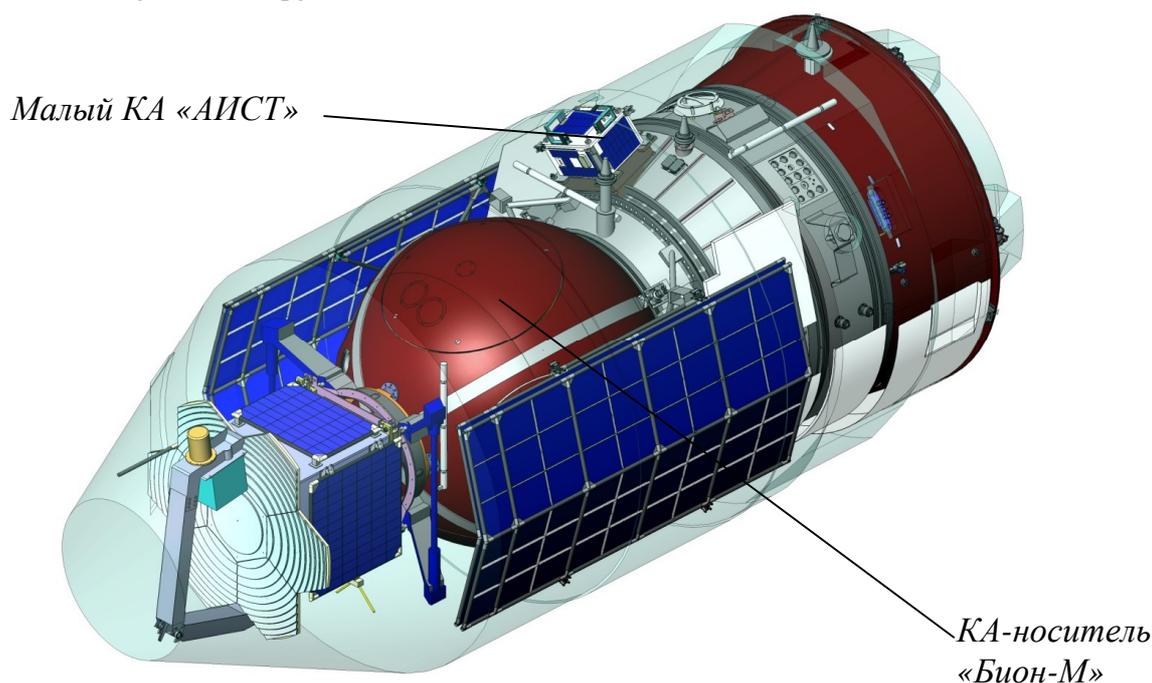


Рис. 4. Выведение малого КА «АИСТ» методом попутной нагрузки на КА-носителе

Малый КА выводится на орбиту в качестве попутной полезной нагрузки и устанавливается на КА «Бион-М» посредством устройства отделения. Устройство отделения спроектировано как единый, механически завершённый

модуль. Его конструкция разработана оптимальной с точки зрения обеспечения минимальных габаритов, малого веса и высокого уровня надёжности.

Стартовая масса малый КА «АИСТ» с модулем устройства отделения

(остаётся после отделения малого КА на КА-носителе) - 53 кг, мощность системы электропитания - 15 Вт. Корпус малого КА выполнен в виде параллелепипеда с длинами граней 50 x 30 x 40 см.

В заданный момент времени, по достижении рабочей орбиты и выполнении требуемой ориентации, система управления КА «Бион-М» № 1 выдаёт команду на отделение малого КА. Посредством устройства отделения аппарат теряет механическую связь с КА-носителем и отделяется с требуемым угловым вращением и линейной скоростью.

5. Особенности конструктивных решений малого КА «АИСТ»

Модульность конструктивного построения малого КА позволяет использовать преимущества его серийного производства для обеспечения требуемого уровня надёжности модулей и снижения стоимости их изготовления и аппарата в целом.

В качестве основных принципов формирования технического и проектно-конструкторского облика унифицированных платформ малого КА можно выделить следующие:

- минимизация массы и габаритов аппарата за счёт использования новых технических решений при разработке бортовых систем, прогрессивных технологий их изготовления, применения новых конструкционных материалов;

- модульность построения малого КА, обеспечивающая технологическое членение аппарата и унифицированной космической платформы на конструктивно и функционально автономные отсеки, блоки, модули;

- негерметичное исполнение малого КА и его модулей, минимальное структурное резервирование основных устройств и ключевых элементов;

- конструктивная законченность блоков и модулей малого КА, что обеспечивает их автономность в производстве, при испытаниях на заводах-изготовителях и технических позициях в условиях полигонов, а также

поставку блоков и модулей в их завершённом виде при сборке всего аппарата;

- максимальная унификация используемых при построении универсальной космической платформы бортовых систем, модулей, узлов и ключевых элементов;

- полнота и минимальность номенклатуры модулей, позволяющая формировать различные конфигурации малого КА для решения возможно более широкого круга целевых задач;

- интеграция функций систем и модулей платформы и их резервирование, обеспечивающее высокую надёжность и требуемый срок активного функционирования малого КА;

- использование распределённой вычислительной системы, экономичных режимов энергопотребления и рационального расходования ресурсов бортовых систем;

- интеграция модульной составляющей малого КА с его конструкцией;

- оптимизация уровня надёжности малого КА с целью обеспечения необходимого времени его активного существования при минимальных эксплуатационных затратах;

- максимальная простота и надёжность управления функционированием аппарата;

- минимизация стоимости разработки, изготовления и эксплуатации малого КА;

- высокая автономность выполнения программы полёта аппарата (решения целевых задач), в том числе обеспечивающих операций (поддержания орбитальных параметров, смены режимов функционирования бортовой аппаратуры, передачи получаемой информации на Землю и др.);

- интеллектуализация процессов управления функционированием малого КА.

«АИСТ» является спутником на базе негерметичной платформы, что позволило отказаться от ряда сложных, энергоёмких и дорогих технологий, а

также повысить технологичность работ по сборке и испытаниям.

Проектный облик данного микроспутника определён с использованием прямого метода проектирования. Проведён системный анализ, включающий стоимостной анализ космического и наземного сегментов создаваемого космического комплекса, затрат на его ввод в эксплуатацию и поддержание в течение заданного времени при условии выполнения заданной целевой функции. В качестве целевой функции использована стоимость разработки, изготовления и запуска малого КА. В качестве основных ограничений приняты: существующая материально-техническая база и зона размещения спутника под обтекателем РН «Союз-2» при попутном запуске на основном КА «Бион-М». Сложность решения данной многокритериальной задачи построения проекта унифицированного малого КА обуславливается, прежде всего, противоречивостью критериев эффективности. При анализе принципиальных схем микроспутника использован

многокритериальный подход - метод расстановки приоритетов при выполнении спутником целевых задач.

Кроме того, был использован принцип декомпозиции общей проектной задачи на взаимосвязанные этапы и блоки, что позволило рассмотреть отдельные элементы общей проектной задачи и тем самым облегчить её решение.

В результате системного анализа возможностей выполнения целевой задачи различным составом бортовых и наземных систем, средств выведения и способов запуска был выявлен конкретный состав и облик спутника. Однако принципы модульности, использованные при проектировании, позволяют говорить о данном малом КА как о базовой платформе для установки разнообразной полезной нагрузки.

6. Последовательное формирование проектного облика малого КА

В процессе проектирования облик аппарата менялся по мере решения ряда проектно-конструкторских задач (рис. 5).

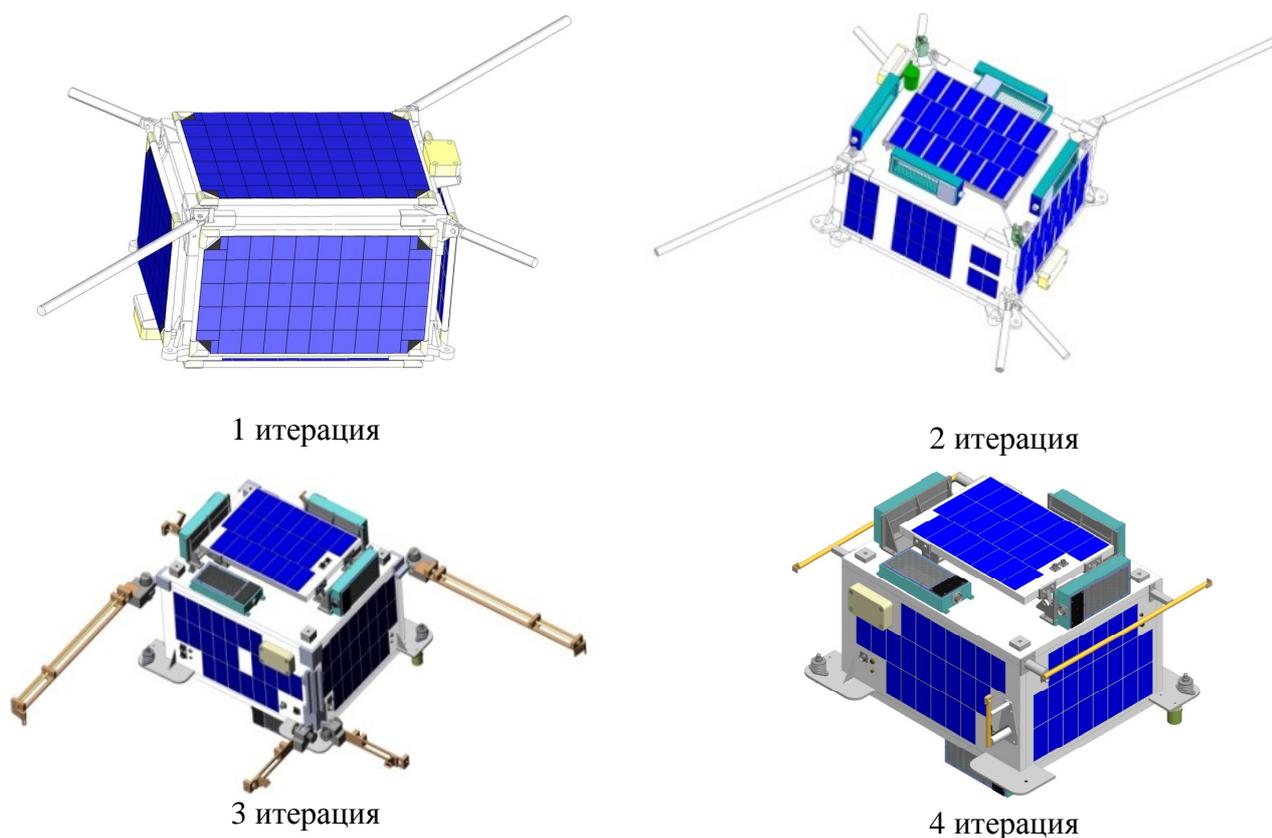


Рис. 5. Итерационная схема проектирования малого КА

7. Организационно-техническое обеспечение проекта

Малый КА «АИСТ» создаётся в кооперации. ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс» создаёт модули служебных систем малого КА «АИСТ», конструкцию, модуль устройства отделения, бортовую кабельную сеть и ряд механизмов и устройств. НИЛАКТ РОСТО поставляет модуль командно-управляющей навигационной системы для обеспечения командного, телеметрического, информационного, навигационного взаимодействия малого КА «АИСТ» и наземных служб его эксплуатации, а также распределения питания. Модуль полезной нагрузки, состоящий из модуля научной аппаратуры МАГКОМ и модуля научной аппаратуры МЕТЕОР, создаётся в СГАУ. Модуль БС создается в ОАО «Сатурн». СГАУ играет ключевую роль в подготовке специалистов в области создания малых космических аппаратов. Большинство участников проекта со стороны ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс» - студенты старших курсов и выпускники СГАУ.

8. Унифицированная платформа и развитие модульных технологий в проектах КА «АИСТ-2» и «АИСТ-3»

Разработка унифицированной платформы, адаптируемой к различной целевой аппаратуре, производится на основе модульных технологий и метода структурного проектирования, предусматривающих формирование базовой структуры и набора модулей, используемых для реализации всего рассматриваемого диапазона целевых функций, и комплектующих структур и модулей, используемых для реализации отдельных целевых функций малого КА.

Приборная составляющая малого КА функционально едина и универсальна для любых комплектаций малого КА и отличается по составу модулей в зависимости от степени резервирования ресурса и интегральных характеристик КА. Приборные модули изготавливаются в нормированном исполнении и вписываются в тепловую, монтажную,

сборочную и силовую схемы малого КА. Конструкция платформы предусматривает унифицированное, а также геометрически и термически независимое сопряжение с модулем целевой аппаратуры.

При проектировании платформы за основу выбирается принцип возможной модернизации состава и схемы построения подсистем, что даёт возможность частично изменить ту или иную систему или модуль в соответствии с устанавливаемой полезной нагрузкой.

Переменными факторами при формировании проекта малого КА и его платформы в рамках модульной технологии являются:

- размеры несущей и приборообразующей конструкции малого КА и вариант её силовой схемы;

- вариант типового набора модулей служебных систем в негерметичном исполнении на едином для них размерном ряде для внутреннего и наружного размещения на поверхности несущей и приборообразующей конструкции;

- типоразмер и состав элементов системы обеспечения теплового режима;

- площадь солнечной батареи и количество буферных батарей;

- тип целевого модуля, формируемого внутри несущей и приборообразующей конструкции.

Параллельно проектированию малого КА «АИСТ», в целях дальнейшего эффективного использования маломассогабаритной платформы МКА для выполнения других целевых задач, проводятся исследования и предварительные оценки технических характеристик модулей и бортовых служебных систем с учетом их взаимосвязи с основными техническими характеристиками возможной целевой аппаратуры. При проведении данного технического анализа определена совокупность характеристик и параметров:

- энерговооружённость малого КА (с учётом среднепитомковой и пиковых мощностей потребления электроэнергии)

в пределах всего срока активного существования);

- объёмы и виды обрабатываемой целевой и служебной информации на борту МКА;

- производительность (быстродействие) бортового цифрового вычислительного комплекса;

- объёмы телеметрической информации, необходимой для достоверной оценки исследуемых процессов и состояния бортовых систем малого КА;

- точностные возможности систем ориентации и стабилизации малого КА по углу и угловой скорости (в перспективе).

В результате проектного синтеза формируются проекты малых КА различного целевого назначения, в том числе решения задач зондирования Земли и радиолокация на базе группировки малых КА (проект «АИСТ-2») и решение задач инспектирования космических объектов с помощью маневрирующего малого КА (проект «АИСТ-3»).

Малый КА «АИСТ-2» (рисунок 6) проектируется с целью реализация системы многопозиционного радиолокационного дистанционного зондирования Земли.

Основные задачи проекта:

- трёхмерное радиолокационное наблюдение в УКВ диапазоне поверхности Земли и поверхностных объектов с использованием наземной приёмной антенны в «телевизионном» режиме (квазинепрерывное наблюдение) с пространственным разрешением 3...5 м в полосе до 25 км протяжённостью до 20 км, глубиной проникновения под поверхность до 10 м;

- построение радиолокационных изображений с использованием пассивного приёма радиоизлучения от наземных или космических источников или двухпозиционного зондирования земной поверхности с использованием для приёма отражённого сигнала второго спутника.

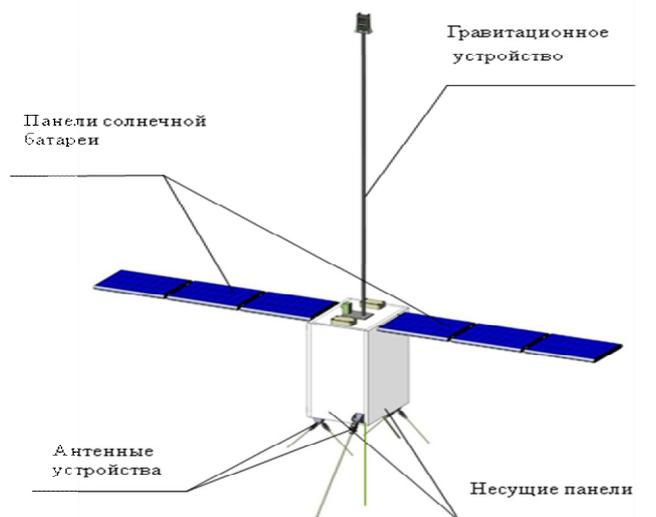


Рис. 6. Проект малого КА «АИСТ-2»

Основными задачами проекта «АИСТ-3» являются:

- исследование возможностей защиты современными наноматериалами радиоэлектронных компонентов от воздействия космической среды (ионизирующих излучений различной природы);

- исследования применимости серийных импульсных электроракетных

- двигателей для траекторных эволюций движения малых КА;

- отработка космических микросистем наблюдения;

- отработка систем передачи управляющей, телеметрической, целевой информации;

- отработка взаимной ориентации, стыковки и расстыковки малых КА.

Проект
разрабатываемый

«АИСТ-3»,
на основе

универсальной платформы малого КА
«АИСТ», представлен на рисунке 7.

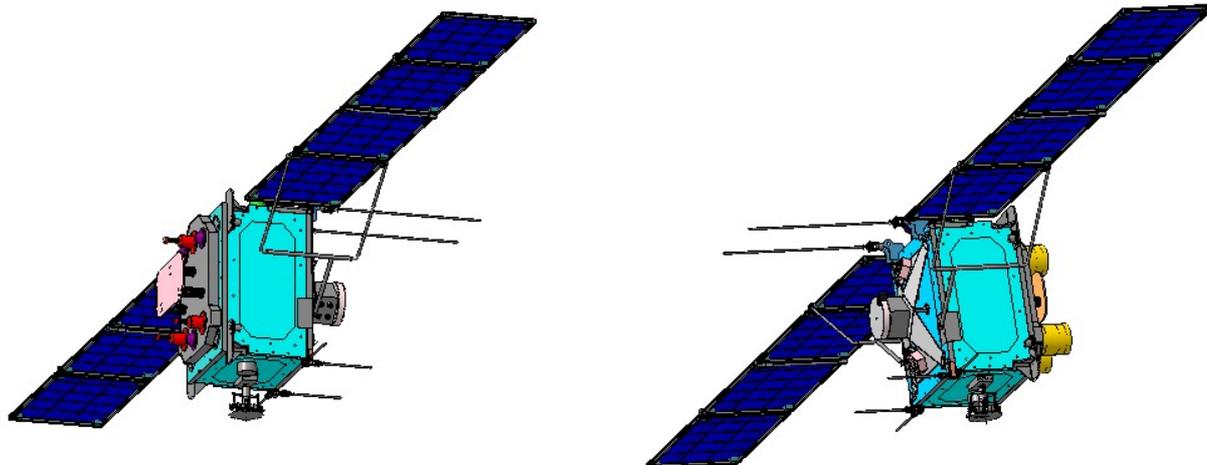


Рис. 7. Проект «АИСТ-3»

Создаваемая многофункциональная спутниковая платформа, лежащая в основе проекта, в дальнейшем станет базовой для космических аппаратов «ЦСКБ-Прогресс» массой 30-60 кг и создаст задел для создания серии малых космических аппаратов научного, народнохозяйственного и специального назначения, способных конкурировать с крупнейшими западными производителями подобной техники.

* Отдельные работы по проекту проводились в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

Библиографический список

1. Козлов, Д. И. Конструирование автоматических космических аппаратов / Д. И. Козлов, Г. П. Аншаков, В. Ф. Агарков [и др.]; под ред. Д. И. Козлова. – М.: Машиностроение, 1996. – 448 с.
2. Лебедев, А.А. Введение в анализ и синтез систем/ А.А. Лебедев; – М.: Изд-во МАИ, 2001. – 352 с.
3. Куренков, В.И. Методика выбора основных проектных характеристик и конструктивного облика космических аппаратов наблюдения/ В. И. Куренков, В. В. Салмин, А. Г. Прохоров//учеб. пособие/. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. – 160 с.

4. Ткаченко И. С., Волоцуев В. В., Сафронов С. Л. Разработка концепции и выбор основных проектных характеристик малого университетского космического аппарата дистанционного зондирования Земли/ Вісник Дніпропетровського університету 2007, № 9/2 Серія Ракетно-космічна техніка, Випуск 11, том 2. – С. 205-211.

5. Абрашкин В.И., Прохоров А.Г., Салмин В.В., Сафронов С.Л., Ткаченко С.И., Ткаченко И.С. Малый космический аппарат научного назначения «АИСТ» / Системный анализ, управление и навигация: Сборник тезисов докладов – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. – С.20-22.

References

1. D.I., Kozlov. Designing of automatic space vehicles / D.I. Kozlov, G.P. Anshakov, V.F. Agarkov [etc.]; under the editorship of D.I. Kozlov. - M: Mechanical engineering, 1996. - 448 p.
2. A.A., Lebedev. Introduction in the analysis and synthesis of systems / A.A. Lebedev; - M: Publishing house of MAI, 2001. - 352 p.
3. V.I., Kurenkov. Procedure of a choice of the basic design characteristics and constructive shape of satellites for remote sensing of Earth/ V.I. Kurenkov, V.V. Salmin, A.G. Prokhorov; - Samara: Publishing house of SSAU, 2007. - 160 p.

4. Tkachenko I. S, Volotsuev V.V., Safronov S.L. Development of concept and the choice of the basic design characteristics of a small university satellite of remote sounding of Earth / Vestnik (Bulletin) of Dnepropetrovsk University, № 9/2 Rocket-space technics, Issue 11, volume 2. - P. 205-211.

5. Abrashkin V. I, Prohorov A.G., Salmin V.V., Safronov S.L., Tkachenko S.I., Tkachenko I.S. Small satellite of scientific appointment "AIST" /System analysis, guidance and navigation: the Collection of theses of reports - M: Publishing house the MAI-PRINT, 2009. - P.20-22.

THE DESIGN SHAPE AND BASIC PERFORMANCES OF SMALL SATELLITE OF SSAU AND SRP SRC "TSSKB-PROGRESS"

© 2010 S.I. Tkachenko ¹, V.V. Salmin ², N.D. Semkin ², V.I. Kurenkov ², V.I. Abrashkin ¹, A.G. Prokhorov ², I.S. Tkachenko ², S.L. Safronov ¹, K.V. Petrukhina ²

¹SRP SRC "TsSKB-Progress", Samara
²Samara State Aerospace University

In the article it is considered the design shape and the basic design characteristics of the unified platform of a small student's satellite "AIST" in which the basis principles of modular technologies and methods of structural designing are put.

The unified platform, small satellite, modular technologies, small-mass-size, technical characteristics, target equipment, the module, unpressurized execution

Информация об авторах

Ткаченко Сергей Иванович, заместитель генерального конструктора по научной работе ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс», д.т.н., профессор кафедры летательных аппаратов СГАУ, csdb@samtel.ru. Область научных интересов: прочность конструкций летательных аппаратов, испытания космической техники, проектирование и создание малых космических аппаратов.

Салмин Вадим Викторович, заведующий кафедрой летательных аппаратов СГАУ, д.т.н., профессор, sputnik@ssau.ru. Область научных интересов: проектирование космических систем, механика космического полёта, теория управления КА, оптимизация проектно-баллистических характеристик космических систем.

Сёмкин Николай Данилович, директор института космического приборостроения СГАУ, д.т.н., профессор, semkin@ssau.ru. Область научных интересов: создание новых приборов и систем для КА, проведение экспериментов в космосе.

Куренков Владимир Иванович, профессор кафедры летательных аппаратов СГАУ, д.т.н., sputnik@ssau.ru. Область научных интересов: надёжность летательных аппаратов, синтез проектных характеристик ракет-носителей и космических аппаратов наблюдения.

Абрашкин Валерий Иванович, начальник отдела ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс», к.т.н., доцент кафедры летательных аппаратов СГАУ, abrashkin@cskb1-1.ssau.ru. Область научных интересов: исследования в области микрогравитации и производства КА.

Прохоров Александр Георгиевич, начальник управления инновационных программ, к.т.н., доцент кафедры летательных аппаратов СГАУ, prokhorov@ssau.ru. Область научных интересов: проектирование космических аппаратов, оптимизация конструкции КА.

Сафронов Сергей Львович, начальник сектора ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс», аспирант кафедры летательных аппаратов СГАУ, csdb@mail.samtel.ru. Область научных интересов: проектирование и производство КА, методы синтеза космических систем.

Ткаченко Иван Сергеевич, аспирант кафедры летательных аппаратов СГАУ, sputnik@ssau.ru. Область научных интересов: проектирование и создание малых космических аппаратов, информационные технологии.

Петрухина Ксения Вячеславовна, аспирант кафедры летательных аппаратов СГАУ, sputnik@ssau.ru. Область научных интересов: оптимизация проектно-баллистических характеристик КА, космические перелёты на геостационарную орбиту с двигателями малой тяги.

Tkachenko Sergey Ivanovich, deputy general designer on scientific work of SRP SRC “TsSKB-Progress”, Doctor of Technical Sciences, professor of aircraft construction department SSAU, csdb@mail.samtel.ru. Area of research: durability of designs of aircraft constructions, tests of space technics, designing and production of small satellites.

Salmin Vadim Viktorovich, head of chair of aircraft construction SSAU, Doctor of Technical sciences, professor, sputnik@ssau.ru. Area of research: designing of space systems, mechanics of space flight, the theory of satellite's control, optimization of design-ballistic characteristics of space systems.

Semkin Nikolay Danilovich, the director of institute of space instrument making of SSAU, Doctor of Technical sciences, professor, semkin@ssau.ru. Area of research: creation of new devices and systems for spacecraft, carrying out of experiments in space.

Kurenkov Vladimir Ivanovich, the professor of chair aircraft construction SSAU, Doctor of Technical sciences, sputnik@ssau.ru. Area of research: reliability of flying machines, synthesis of design characteristics of carrier rockets and satellites of remote sensing.

Abrashkin Valery Ivanovich, the chief of department of SRP SRC “TsSKB-Progress”, Candidate of Technical Sciences, associate professor of chair of aircraft construction SSAU, abrashkin@cskb1-1.ssau.ru. Area of research: researches in the field of microgravitation and manufacture of spacecrafts.

Prokhorov Alexander Georgievich, the head of department of innovative programs, Candidate of Technical Sciences, associate professor of chair of aircraft construction SSAU, prokhorov@ssau.ru. Area of research: designing of space vehicles, optimization of satellite's design.

Safronov Sergey Lvovich, the chief of sector of SRP SRC “TsSKB-Progress”, the post-graduate student of chair of aircraft construction SSAU, csdb@mail.samtel.ru. Area of research: designing and manufacture of spacecrafts, methods of synthesis of space systems.

Tkachenko Ivan Sergeevich, the post-graduate student of chair of aircraft construction SSAU, sputnik@ssau.ru. Area of research: designing and creation of small satellites, information technologies.

Petrukhina Ksenia Vjacheslavovna, the post-graduate student of chair of aircraft construction SSAU, sputnik@ssau.ru. Area of research: optimization of design-ballistic characteristics of spacecrafts, space flights into a geostationary orbit with engines of small thrust.