

НАУЧНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ГРУППИРОВКИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ СЕМЕЙСТВА «АИСТ»

А.Н. Кирилин¹, Е.В. Шахматов², В.А. Сойфер², Р.Н. Ахметов¹, С.И. Ткаченко¹,
А.Б. Прокофьев², В.В. Салмин², Н.Р. Стратилатов¹, Н.Д. Семкин², В.И. Абрашкин¹,
И.С. Ткаченко², С.Л. Сафронов¹, Ю.Е. Железнов¹

¹ ОАО «Ракетно-космический центр «Прогресс», Самара, Россия

²Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), Самара, Россия

19 апреля 2013 г. 10:00 UTC ракетой-носителем «Союз-2.1А» с космодрома Байконур, в качестве одного из попутных грузов вместе со спутником «Бион-М №1» осуществлен запуск российского университетского малого космического аппарата, созданного на базе одноимённой спутниковой платформы совместно Самарским государственным аэрокосмическим университетом имени академика С. П. Королёва (СГАУ) и ОАО «Ракетно-космический центр «Прогресс», предназначенного для отработки и демонстрации технологий создания микро-спутников. Начальные параметры орбиты: наклонение - 64,9°; период обращения 96,1 мин; апоцентр 583 км; перигей 569,8 км.

28 декабря 2013 12:30 UTC в ходе первого полета созданного в ОАО «Ракетно-космический центр «Прогресс» ракеты-носителя легкого класса «Союз-2-1в» с космодрома Плесецк осуществлен запуск второго аппарата, разработанного на базе платформы «АИСТ». Начальные параметры орбиты: наклонение - 82,4°; период обращения 96,9 мин; апоцентр 632,8 км; перигей 604,6 км.

Проект по созданию малого университетского космического аппарата «АИСТ» инициирован группой студентов СГАУ в 2006 году. Аппараты серии «АИСТ» созданы в кооперации с ОАО «Ракетно-космический центр «Прогресс» при поддержке Администрации Самарской области. При этом СГАУ играет ключевую роль в подготовке специалистов высшей квалификации в области создания малых космических аппаратов. Участие на всех стадиях процесса создания космического аппарата – от проектирования до производства и эксплуатации – молодых людей обеспечивает формирование целого поколения активной научной молодежи, способной решать серьезные научные и прикладные задачи. Малый космический аппарат «АИСТ» предназначен для решения образовательных, научно-технических и экспериментальных задач.

В рамках проекта проводятся следующие научно-технологические эксперименты:

- обеспечение летной квалификации перспективной многофункциональной негерметичной платформы для КА массой 30-60 кг;
- измерение магнитного поля Земли и отработка системы измерения и компенсации микроускорений малого КА (научная аппаратура МАГКОМ);
- исследование проблем микрогравитации;
- исследование поведения высокоскоростных механических частиц естественного и искусственного происхождения (научная аппаратура МЕТЕОР);
- отработка технологии «попутного» запуска, а также безударной системы отделения малого КА от КА-носителя;
- создание информационного канала связи в радилюбительском диапазоне частот для осуществления коммуникации на основе мультиагентных технологий;
- экспериментальная отработка в космосе перспективных типов солнечных батарей из арсенида галлия, созданных на основе нанотехнологий.

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

Пленарные доклады

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 расчета управляющих магнитных моментов.

Аппаратура МАГКОМ функционально объединяет:

- два трехкомпонентных 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.

Аппаратура 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.

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.

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 трехкаскадных арсенид-галлиевых фотопреобразователей. На

теневых участках орбиты электропитание обеспечивает никель-металгидридная аккумуляторная батарея.

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.

Внутренняя компоновка КА «АИСТ» с основными бортовыми системами и модулями научной аппаратуры представлена на рисунке 1. Внешний облик малого КА «АИСТ» в стартовой конфигурации с устройством отделения представлен на рисунке 2. В процессе проектирования облик аппарата менялся по мере решения ряда проектно-конструкторских задач. Эволюция облика малого КА представлена на рисунке 3.

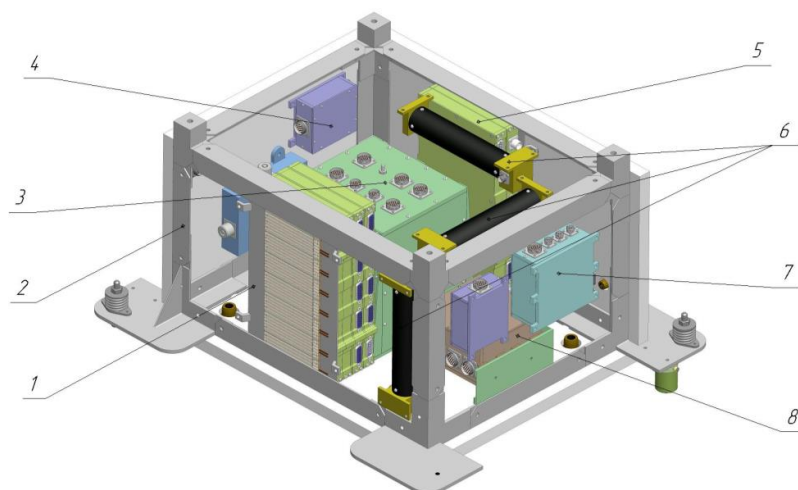


Рис. 1 - Внутренняя компоновка малого КА «АИСТ»: 1 – модуль КУНС; 2 – рама корпуса; 3 – модуль НА «МАГКОМ»; 4 – модуль датчиков-магнитометров; 5 – модуль АБ; 6 – электромагнит (3 шт.); 7 – модуль управления электромагнитами; 8 – модуль управления НА «МЕТЕОР»

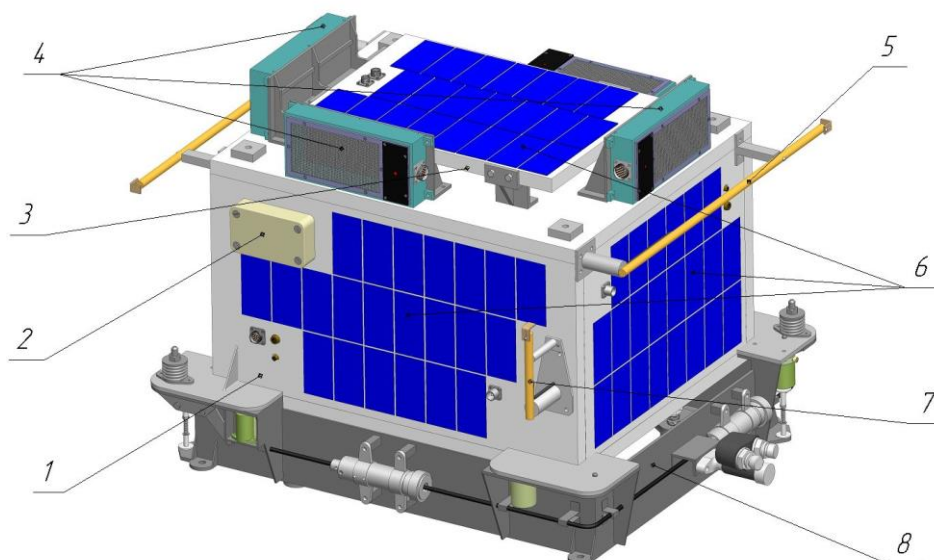


Рис. 2 - Внешний вид малого КА «АИСТ»: 1 – корпус КА; 2 – антенна навигационной аппаратуры потребителя; 3 – панель солнечной батареи; 4 – датчик научной аппаратуры «МЕТЕОР» (6 шт.); 5 – приемная антенна 145 МГц (2 шт.); 6 – фотоэлектрические преобразователи; 7 – передающая антенна 435 МГц (2 шт.); 8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



Рис. 3 - Итерационная схема проектирования малого КА

Изначально в проекте рассматривалось несколько вариантов запуска МКА на орбиту, в том числе предполагалась отработка технологии попутного запуска с большим КА «Бион-М». В качестве основных особенностей такого запуска можно отметить ограничения на массу и габаритные размеры МКА, на направление и скорость отделения МКА от КА-носителя с точки зрения безударности.

19.04.2013 г. с космодрома Байконур в составе космического аппарата «Бион - М» попутным грузом был запущен на орбиту первый малый космический аппарат, созданный на базе платформы «АИСТ». 21.04.2013 г. «АИСТ» успешно отстыковался от «Бион - М» и перешёл на собственную орбиту. 22.04.2013 г. в центре приёма информации «Ракетно-космический центр «Прогресс» получена первая телеметрическая информация, свидетельствующая о штатном режиме всех бортовых систем. С 22.04.2013 г. приём информации с МКА совместно с сотрудниками «Ракетно-космический центр «Прогресс» осуществляют и студенты СГАУ. 23.04.2013 г. осуществлен переход на собственные навигационные измерения МКА. 25.04.2013 г. начала работу на борту МКА «АИСТ» научная аппаратура «МАГКОМ» и «МЕТЕОР».

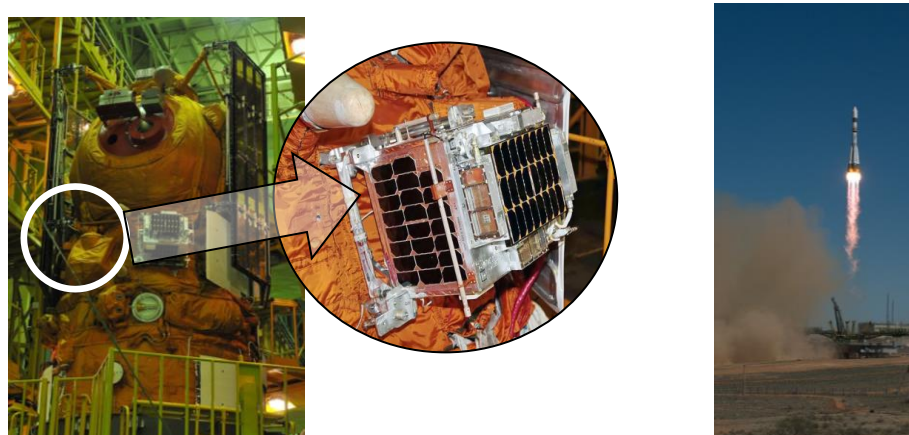


Рис. 4 – Подготовка и запуск МКА «АИСТ» 19.04.2013 г. с космодрома Байконур

28 декабря 2013 года в 16 часов 30 минут по московскому времени с космодрома Плесецк был осуществлен успешный запуск новой ракеты-носителя легкого класса «Союз-2-1в» с блоком выведения «Волга». Полезной нагрузкой являлся опытно-технологический образец малого космического аппарата «АИСТ».

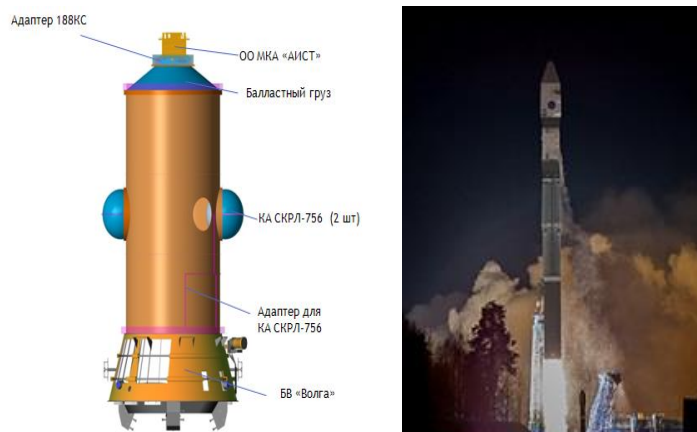


Рис. 5 – Запуск МКА «АИСТ» 28.12.2013 г. с космодрома Плесецк

Таким образом, в настоящее время на орбите работает группировка из двух малых космических аппаратов «АИСТ», предназначенных для решения образовательных, научно-технических и экспериментальных задач (рисунок 6).

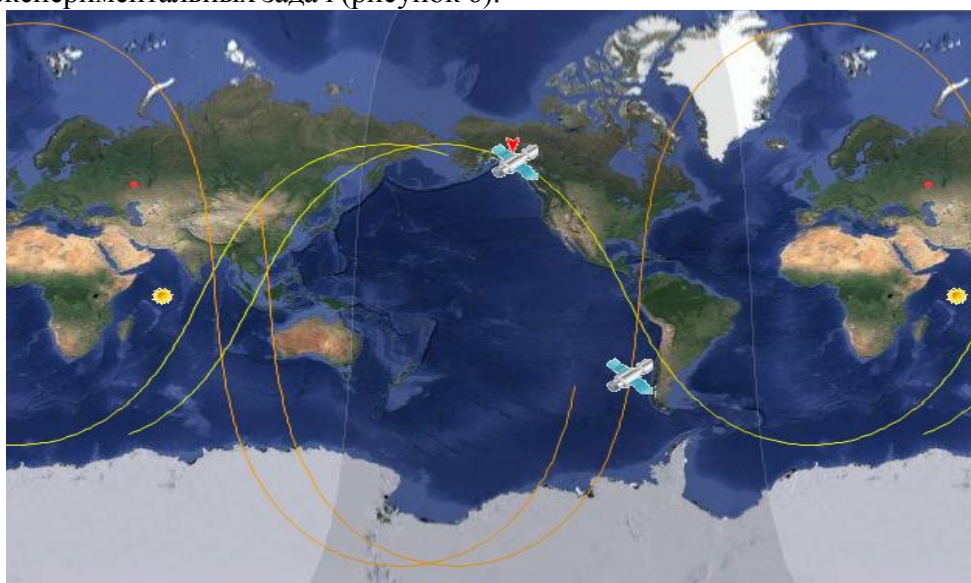


Рис. 6 – Трассы МКА «АИСТ1» (NORAD ID: 39133) и «АИСТ2» (NORAD ID: 39492) по информации с сайта www.n2yo.com

В настоящее время информацию со спутников принимают и обрабатывают специалисты «Ракетно-космический центр «Прогресс» и молодые ученые СГАУ. Некоторые данные с научной аппаратуры аппаратов, приведены на рисунке 7.

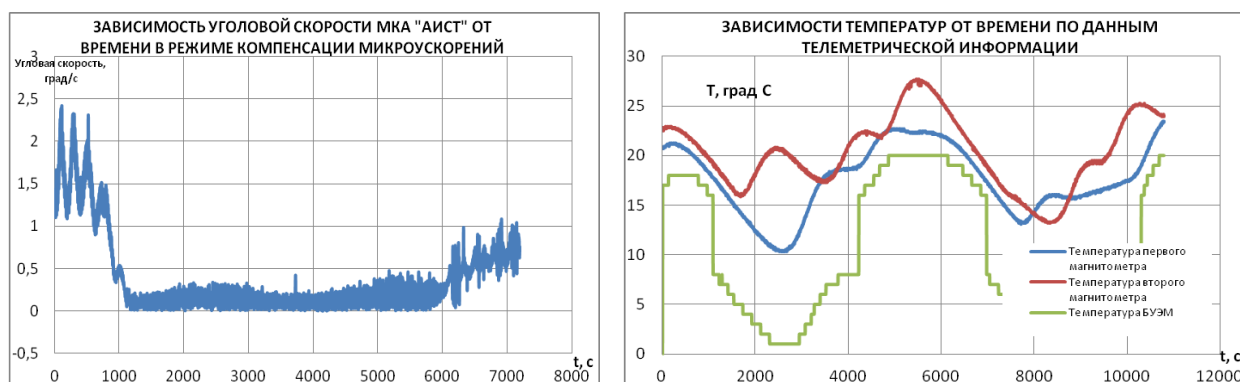


Рис. 7 – Научные данные, поступающие от аппаратуры МАГКОМ

Пленарные доклады

В реализации проекта с 2006 года приняли участие более 100 студентов, абсолютное большинство которых после окончания университета были закреплены в сфере научных исследований или высокотехнологичного производства. По результатам проекты в разные годы было защищено более 50 дипломных проектов, подготовлено более 20 выпускных работ бакалавров, защищено 9 магистерских и 5 кандидатских диссертаций.

Функционирующая на орбите группировка малых космических аппаратов серии «АИСТ» представляет собой космический сегмент учебно-исследовательской лаборатории, на базе которой в СГАУ проводятся не только фундаментальные и прикладные исследования, но и ведется подготовка высококвалифицированных кадров, обладающих компетенциями в области создания, отработки и эксплуатации реальных образцов космической техники. В ближайшей перспективе доступ к получению и обработке информации, поступающей со спутников, будет обеспечен и для зарубежных партнеров СГАУ – европейских аэрокосмических университетов – с целью отработки мультиагентных технологий в космосе.

В настоящее время активно выполняется проект по созданию нового МКА «АИСТ-2» (рисунок 8), предназначенного для дистанционного зондирования Земли.

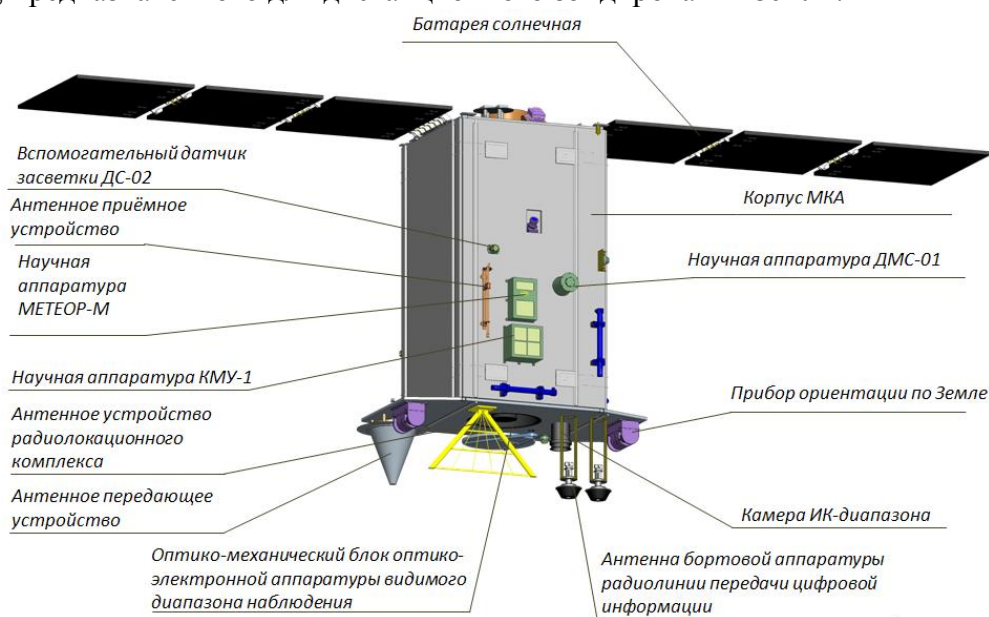


Рис. 8 – Малый КА «АИСТ-2»

Аппарат разрабатывается в рамках комплексного проектов СГАУ и ОАО «Ракетно-космический центр «Прогресс» «Создание высокотехнологичного производства маломасштабных космических аппаратов наблюдения с использованием гиперспектральной аппаратуры в интересах социально-экономического развития России и международного сотрудничества», реализуемого по Постановлению Правительства РФ от 09.04.2010 г № 218.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.