

Малые космические аппараты как эволюционная ступень перехода к микро и наноспутникам

О.М. Алифанов, А.А. Медведев, В.П. Соколов

Аннотация:

В статье дано обоснование тенденции улучшения массогабаритных характеристик космических аппаратов, сложившейся в современных условиях интенсивного развития космического рынка.

Описана актуальность использования в сфере навигации, спутниковой связи, мониторинга и дистанционного зондирования Земли малых космических аппаратов в сравнении с космическими аппаратами той же функциональности, но значительно превышающих их по массогабаритным характеристикам.

Ключевые слова:

малые космические аппараты; наноспутники; ракеты-носители; массогабаритные характеристики космических аппаратов.

Бурное развитие мирового космического рынка привело к тому, что объемы продаж продукции, технологий, услуг и коммерческой космической деятельности исчисляются сегодня сотнями миллиардов долларов США.

Постоянно развивающимися сегментами космического рынка являются телекоммуникация, навигация и дистанционное зондирование Земли. Так, с начала космической эры по настоящее время количество функционирующих космических аппаратов (КА) связи и телевидения составило ~50% от общего количества КА.

Следует отметить, что объем рынка спутниковой связи (включая системы мультимедиа и мобильной телефонии на основе спутниковых систем на низких и средних околоземных орбитах) в настоящее время уже превосходит бюджет крупнейшего из правительственных агентств США — NASA, а в недалеком будущем превысит его в несколько раз. По оценкам, рынок спутниковой связи имеет значительные перспективы

для развития, в т.ч. связанные с бурным ростом населения Земли, значительная доля которого (~5 млрд. из 7 млрд. человек) пока не охвачена предоставляемыми им услугами [1].

Вслед за навигационным одним из наиболее перспективных считается рынок коммерческого применения мониторинга и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и географических инфраструктурных систем (ГИС). Данные ДЗЗ широко используются в сельском хозяйстве, планировании строительства объектов, для экологического контроля, в лесном хозяйстве (в т.ч. для оперативного определения зарождения очагов пожаров), при поиске природных ресурсов и во многих других областях экономической деятельности.

Благодаря передовым научным, инженерно-техническим и технологическим решениям в мире наблюдается заметное снижение массы оборудования полезных нагрузок КА (целевой аппаратуры) и их служебных систем при увеличении сроков их активной работы. Кроме того, с развитием технологий, например навигации, спутниковой связи, мониторинга и ДЗЗ, методов сжатия информации и оптимизации процессов ее передачи появилась возможность ретрансляции большого объема информации с помощью малых космических аппаратов.

Их использование позволяет получать следующие преимущества:

- существенное снижение затрат на запуск КА за счет возможности попутного с основной полезной нагрузкой выведения на орбиту ракетой-носителем;
- возможность оперативного внедрения в практику передовых информационно-связных технологий;
- снижение времени создания и окупаемости космических систем спутниковой связи и вещания;
- обеспечение гибкости в создании и поддержании орбитальной группировки КА связи и вещания.

В связи с этим на космическом рынке появились возможности более эффективного применения малых космических аппаратов (МКА), имеющих массу, заметно меньшую 1 т. В свою очередь, уменьшение массы КА позволяет применить для их выведения ракеты-носители легкого класса или выводить их на РН среднего и тяжелого классов в качестве дополнительной (попутной) полезной нагрузки к основному КА, что увеличивает количество выводимых КА в год, а следовательно, способствует росту функционирующей орбитальной группировки.

Неоценимую роль в разработке космических систем различного назначения на базе

малых космических аппаратов в конструкторском бюро «Салют» и на заводе имени М.В. Хруничева (ЗИХ) (в июне 1993 г., объединившихся в ГКНПЦ им. М.В. Хруничева) сыграл задел, созданный КБ (в то время филиалом № 1 ЦКБМ) и заводом еще с середины 60-х гг. в процессе разработки долговременных автоматических и пилотируемых орбитальных средств для решения оборонных, научных и народнохозяйственных задач.

Примером непосредственного участия КБ «Салют» в создании космической системы на базе МКА является «Номос», работы по которому велись с 1992 г. по заданию Российского космического агентства и Рослесхоза. Эта система предназначалась для решения одной из актуальных задач космического мониторинга и высокопериодического контроля (с обновлением информации через 1–1,5 часа) за чрезвычайными ситуациями и природными катастрофами. К ним в первую очередь относятся очаги таких опасных природных явлений, как пожары, наводнения, землетрясения, тайфуны, смерчи, ураганы, а также разрушения, вызванные нерациональной (порой варварской) хозяйственной деятельностью человека.

Для выведения этих МКА на орбиты функционирования планировалось использование РН легкого класса «Рокот», успешные испытания одной из модификаций которых были начаты еще в 1990 г. Такая система, построенная, например, из семи малых космических аппаратов на синхронно-солнечных орбитах, была бы способна через каждые полтора-два часа давать информацию о возникновении пожаров практически в любом регионе земного шара. Эти оперативные данные могли бы быть использованы Министерством чрезвычайных ситуаций для тушения пожаров небольших масштабов, пока площади, охваченные огнем, не достигнут гигантских размеров, как это случилось в Московской области летом 2010 г.

В начале 90-х гг. этот опыт был применен при создании малого космического аппарата «Экспресс» (для справки: масса МКА составляла 765 кг), предназначенного для проведения технологических экспериментов на орбите в условиях низкого уровня перегрузок ($n < 10^{-4}$) и на участке возвращения на Землю (рис. 1).

Создание МКА «Экспресс» осуществлялось в рамках международного контракта, выигранного в 1992 г. КБ «Салют» совместно с немецкой фирмой *Daimler Benz Aerospace* (в то время *ERNO*) [2].

После проведения проектно-конструкторских работ, выпуска конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, изготовления стендовых изделий и наземной лабораторно-стендовой отработки летный образец КА был изготовлен на опытном заводе КБ «Салют» и после автономных и комплексных проверок отправлен на

полигон. Специалистам КБ «Салют» (головное предприятие по КА) впервые пришлось провести увязку всех бортовых систем с учетом требований нормативно-правовой базы различных зарубежных стран, так как разработчиком командно-измерительной системы КА являлось германское предприятие, а системы электропитания КА производились французскими предприятиями.



а)



б)

Рис. 1. Малый космический аппарат «Экспресс»:

- а) проверка малого космического аппарата «Экспресс» перед отправкой на японский полигон Космического центра Кагوشيма;
- в) возвращаемая капсула МКА «Экспресс» после проведения экспериментов на участке прохождения через плотные слои атмосферы и приземления на территории Ганы

Кроме того, управление полетом КА должен был осуществлять Германский центр управления (*GSOC*), находившийся недалеко от Мюнхена в Оберпфaffenхофене. Запуск МКА «Экспресс» был осуществлен в 1995 г. с помощью японской РН легкого класса М-3SII-8 с полигона Космического центра Кагوشيма. К сожалению, японская РН вывела КА на нерасчетную орбиту. Однако алгоритм функционирования КА был составлен таким образом, что даже при возникшей нештатной ситуации был проведен ряд экспериментов,

планировавшихся к выполнению на орбитальном участке, а при возвращении капсулы на Землю были осуществлены практически все технологические эксперименты, запланированные для этого этапа полета.

В ГКНПЦ имени М.В. Хруничева направление по созданию космических систем различного назначения на базе малых КА получило серьезную поддержку не сразу. Это объяснялось, во-первых, отсутствием у предприятия на тот период достаточного практического опыта в создании таких образцов РКТ на всех этапах жизненного цикла (НИОКР, проектирование, производство, эксплуатация); во-вторых, высочайшими требованиями, предъявляемыми к МКА (например: точность стабилизации и ориентации на орбите, минимальная масса, энергопотребление и многое другое), которые не имели аналогов в отечественной ракетно-космической отрасли, и, в-третьих, отсутствием бюджетного финансирования. Кроме того, необходимо было преодолеть стереотип мышления органов управления ракетно-космической отраслью и потенциальных заказчиков, заключающийся в том, что этими направлениями работ (мониторинг и ДЗЗ, связь и телевидение и др.) традиционно занимались другие отечественные предприятия. Так, например, в 1995 г. во время участия ГКНПЦ имени М.В. Хруничева в конкурсе Министерства обороны на создание КА радиолокационного наблюдения головной институт заказчика открыто объявил, что центр имеет большой опыт в создании в основном ракет-носителей и поэтому в 1994-1995 гг. ему отдали предпочтение при подведении итогов конкурса по разработке РН нового поколения «Ангара», а «все конкурсы выигрывать нельзя».

Эти причины, а также резкое изменение в начале 90-х гг. в России условий создания образцов машиностроения заставили по-новому подойти к методам формирования облика космических систем на базе МКА. В связи с этим особое внимание было уделено максимальному обеспечению требований заказчиков этих систем, уменьшению себестоимости и сроков их создания (НИОКР), а также сокращению трудоемкости, повышению качества изготовления и надежности образцов РКТ, увеличению сроков их функционирования. При этом одним из основных принципов стало требование высокой степени унификации элементов космической системы, в первую очередь служебных систем МКА, а также возможность их выведения на орбиты функционирования ракетами-носителями легкого класса типа РН «Рокот» или попутно с основной полезной нагрузкой на РН тяжелого класса типа «Протон-М» (с целью сокращения стоимости запуска).

Для выполнения этих положений и более глубокого обоснования реализуемости

космических систем на базе МКА в конструкторском бюро «Салют», филиале ГКНПЦ имени М.В. Хруничева, в 1994 г. в рамках службы главного конструктора по комплексу разгонного блока «Бриз-М» (для модернизированной ракеты-носителя тяжелого класса «Протон М») и комплексу РН легкого класса «Рокот» было создано специализированное подразделение по разработке малых космических аппаратов различного целевого назначения. А уже в июле 1995 г. это подразделение было выделено как самостоятельное в рамках службы главного конструктора по низкоорбитальным и высокоорбитальным космическим комплексам на базе МКА.

В настоящее время в области разработки и создания космических аппаратов различного назначения отчетливо прослеживается тенденция их миниатюризации при сохранении и даже некотором улучшении функциональных характеристик. Это связано, в первую очередь, со значительным прогрессом в области разработки и изготовления элементной базы, что приводит к улучшению массогабаритных характеристик бортовой аппаратуры космических аппаратов. Происходит переход от МКА к микро и наноспутникам.

Существующая тенденция миниатюризации полезной нагрузки приводит к снижению требований по энерговооруженности средств выведения. Например, существующие тяжелые ракеты-носители теперь позволяют вывести не один, а несколько спутников за один пуск, и при попутном выведении КА соответственно снижается стоимость запуска каждого космического аппарата.

Совершенствование элементной базы, применяемой в космических аппаратах, помимо миниатюризации, заключается также в ее удешевлении и снижении уровня сложности эксплуатации. Это позволяет значительно расширить круг научно-исследовательских коллективов, способных разрабатывать космические аппараты различного назначения. Проектированием, изготовлением и испытаниями микро и наноспутников в настоящее время могут заниматься научные коллективы университетов и базовых кафедр при аэрокосмических предприятиях.

Богатейший опыт, полученный в процессе разработки и эксплуатации отечественных космических систем мониторинга и ДЗЗ («Монитор-Э»), связи и телевидения («KazSat») нового поколения на базе малых космических аппаратов, подтвердил правильность заложенных принципов и выбранных при их разработке конструктивных решений, в т.ч. создания таких систем с высокой степенью унификации их элементов, в частности в универсальной космической платформе [3].

Бурное развитие космонавтики во всем мире привело к значительному увеличению

количества и соответственно объема работ по созданию все более сложных образцов ракетно-космической техники при ужесточении требований сроков их создания. Поэтому на предприятиях ракетно-космической отрасли все большее внимание уделяется развитию CALS-технологий как одного из важнейших инструментов создания современной конкурентоспособной РКТ. Например, реализация НИОКР по созданию космической системы «KazSat» в беспрецедентно короткие сроки (менее двух с половиной лет) при значительных финансовых ограничениях стала возможной только благодаря принятым и реализованным новым конструктивно-технологическим решениям при создании малых космических аппаратов, а также за счет широкого внедрения в практику проектирования, изготовления и испытаний МКА самых современных информационных CALS-технологий.

Библиографический список

1. Научные технологии в технике. Энциклопедия / Ю.Н. Коптев, Н.А. Анфимов, В.В. Булавкин, Ю.А. Мозжорин, И.В. Мещеряков, В.П. Сенкевич, В.Ф. Уткин и др.; под общей редакцией К.С. Касаева. Т. 21. Космонавтика и решение проблем развития цивилизации в XXI веке. М.: ЗАО «НИИ «Энцитех», 2002. – 554 с.

2. Медведев А.А., Алифанов О.М., Соколов В.П. Основные подходы при формировании облика малого космического аппарата космической системы связи «KazSat» // Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / Гл. ред. А.Г. Братухин. – М.: ОАО «НИЦ АСК», 2008. – с. 296–303.

3. Медведев А.А. и др. «Модульная конструкция космического аппарата». Патент на изобретение № 2247683. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 10 марта 2005 г.

Алифанов Олег Михайлович, профессор Московского авиационного института (национального исследовательского университета), д.т.н. член-корреспондент РАН.

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993; тел.: (499)158-58-65; e-mail: oolifanov@mail.ru

Медведев Александр Алексеевич, вице-президент ОАО Научно-производственная корпорация «ИРКУТ», д.т.н.; профессор,

Корпорации ИРКУТ, 125315, г. Москва, Ленинградский проспект, дом 68, стр. 1 тел.: +7 (495) 777-21-01; e-mail: amedvedev@irkut.com

Соколов Владимир Петрович, проректор Российского государственного

университета инновационных технологий и предпринимательства, д.т.н. профессор.

РГУИТП, 107078, г. Москва, ул. Новая Басманная, дом 9,

тел.: +7(495)618-65-70; e-mail: Vladimir.Sokolov@itbu.ru