

УДК 629.78

## ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ МАЛОЙ РАЗМЕРНОСТИ НА БАЗЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ «ВИКТОРИЯ»

*Ю.П. Семенов, В.П. Легостаев, А.В. Вовк, В.Н. Лобанов, Е.Ф. Земсков,  
Ю.С. Денисов, В.В. Антонов, И.В. Фролов, А.В.Соколов*

Ракетно-космическая корпорация (РКК) «Энергия»,  
Королев Московской области

В конце 80-х гг. ракетно-космическая корпорация (РКК) «Энергия» вернулась к беспилотной тематике. В тот период был предложен проект спутника связи большой размерности, выводимого ракетой-носителем «Энергия». И, хотя этот амбициозный проект не был реализован, последующее развитие космической отрасли в мире подтвердило правильность предложенных подходов, поскольку наращивание количества связных каналов на базе увеличивающейся энерговооруженности спутников является одним из стратегических направлений ведущих космических фирм.

Но главное заключалось в том, что был сделан глубокий анализ текущей ситуации. Если в отношении служебного оборудования на спутнике решения были традиционными — герметичный отсек, заимствуемое оборудование или оборудование, создаваемое на основе имеющихся прототипов, сложившаяся кооперация, — то принятые решения по полезной нагрузке — использование различных диапазонов частот, крупногабаритные антенны, негерметичный отсек — потребовали привлечь к работам новую кооперацию и отдельных ведущих специалистов, длительное время работающих в этой отрасли. И это позволило всесторонне оценить состояние рынка связи и достигнутый технологический уровень в мире. В результате был разработан проект спутника связи средней размерности, который по совокупности новых технологий, не имевших в то время летной сертификации, был не менее амбициозен. Риск в предложенном проекте был значительным, однако уверенность в успехе базировалась на высоком научном и техническом потенциале Корпорации и ее основной кооперации.

После весьма интенсивной 7-летней (1992–1999) работы первый КА из серии спутников связи — КА «Ямал-100» — был создан. В основу КА «Ямал» заложена единая унифицированная космическая платформа. В эти годы речь шла только о создании унифицированной платформы для КА связи, работающих на геостационарной орбите (ГСО), и принцип универсализации для других применений не рассматривался. Запуск КА «Ямал-100» на геостационарную орбиту осуществлен 6 сентября 1999 г. На него в начале 2000 г. выдан летный сертификат. Космический аппарат «Ямал-100» успешно функционирует на орбите уже около пяти лет.

В ноябре 2003 г. на базе этой же унифицированной платформы созданы и выведены на геостационарную орбиту два телекоммуникационных спутника более мощной версии — «Ямал-200».

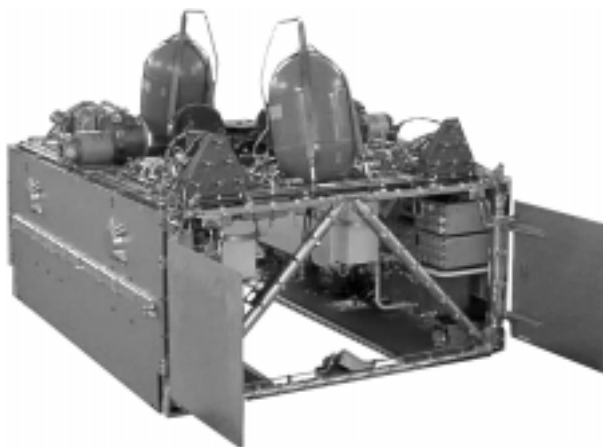
Успешная реализация проектов «Ямал-100» и «Ямал-200» и выполненные в РКК «Энергия» проработки по использованию базовой платформы с некоторыми трансформациями для других задач подтвердили эффективность принятого принципа модульного построения платформы (рис.1).



*Рис.1. Модульный принцип построения космического аппарата на базе УКП «Виктория»*

Результаты позволяют считать созданную платформу универсальной для различных направлений целевого использования,

и она получила название «Универсальная космическая платформа» (УКП) «Виктория» (рис. 2).

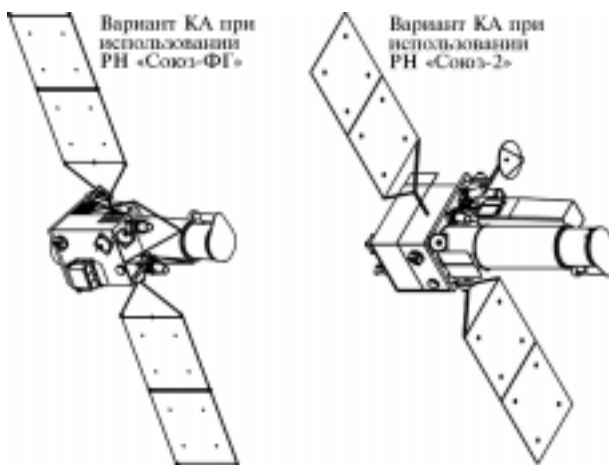


*Рис. 2. Отсек служебных систем УКП «Виктория» с панелью двигательной установки*

Как уже отмечалось, в результате выполненных проработок получен опыт, подтверждающий большие возможности и адаптационный потенциал УКП. При этом, в отдельных случаях, требуются специальные решения по адаптации базовой платформы для различных направлений применения. Это происходит тогда, когда требования полезной нагрузки не полностью соответствуют располагаемым ресурсам по выводимой массе, выделяемой зоне для размещения КА в транспортном положении и располагаемым ресурсам платформы. Примером этому может служить астрофизический комплекс «Спектр-РГ», предназначенный для проведения исследований космического пространства в рентгеновском, гамма- и УФ -диапазонах электромагнитного излучения. Первоначально реализация данного научного проекта предполагалась на космической платформе «тяжелого класса» с выводением на целевую четырехсуточную высокоэллиптическую орбиту с высотой апогея 200 тыс. км. В целях создания космического комплекса в кратчайшие сроки (пуск в 2007 г.) и значительного снижения затрат, в 2002–2003 гг. РКК «Энергия» совместно с ИКИ РАН и по его инициативе был разработан

проект КА «Спектр-РГ» на базе УКП с выводением на РН среднего класса — эксплуатируемой «Союз-ФГ» или перспективной «Союз-2» — в сочетании с разгонным блоком «Фрегат».

Основным содержанием работ по проекту стала адаптация УКП под изготовленное международной кооперацией научное оборудование. В результате проведенных исследований были определены две конфигурации КА, обусловленные массой выводимого полезного груза для каждой из ракет-носителей (рис. 3).



*Рис. 3. Космический аппарат «Спектр-РГ» в рабочем положении*

Для варианта выведения на РН «Союз-ФГ» КА «Спектр-РГ» представляет собой монообъемную конструкцию на основе отсека УКП малой размерности, позволяющую разместить основные системы комплекса научной аппаратуры (КНА) — рентгеновские телескопы Jet-X, Tauvex, детекторы МОХЕ, СПИН, СПИН-X. Характерным отличием данного аппарата стало разделение несущих панелей КА с установленным на них оборудованием по функциональному признаку, что позволяет проводить независимые испытания групп оборудования, а это значительно сокращает время наземной подготовки изделия.

В варианте выведения на РН «Союз-2» построение КА «Спектр-РГ» производится на основе двух отсеков УКП малой размерности, функционально разделенных на модуль служебных

систем и модуль полезной нагрузки. Зона под обтекателем позволяет разместить на КА весь предложенный состав комплекса научной аппаратуры.

В обоих вариантах исполнения КА «Спектр-РГ» применяются газовая двигательная установка и инерциальные исполнительные органы системы управления, решены задачи обеспечения высокоточного наведения оборудования комплекса научной аппаратуры и создания прецизионных конструкций.

Конечно, параметры обоих вариантов исполнения не позволяют формально отнести КА «Спектр-РГ» к классу малых. Естественный предел снижению массы КА ставят параметры КНА, по существу являющегося уникальной космической обсерваторией. Сегодня, по-видимому, реализация данного направления исследований с помощью МКА практически невозможна. Однако приведенный пример иллюстрирует возможности технологий УКП, которые позволили «пересадить» проект с КА и РН тяжелого класса на КА и РН среднего класса. Такой вариант реализации проекта «Спектр-РГ» предложен в Федеральную космическую программу (см. таблицу).

Характеристика	Вариант выведения	
	РН «Союз-ФГ» + РБ «Фрегат»	РН «Союз-2» + РБ «Фрегат»
Масса выводимого ракетой-носителем полезного груза, кг	1845	1980
Масса космического аппарата, кг	1700	2140
Масса комплекса научной аппаратуры, кг	940	1341
Мощность комплекса научной аппаратуры, Вт	до 460	до 1200
Точность наведения, угл. мин	1,5	1,5
Точность стабилизации, угл. с	40	40
Срок активного существования, лет	5	5

Применительно к малым космическим аппаратам проработаны несколько вариантов использования универсальной платформы. Один из основных вариантов заключается в следующем: в свободные внутренние объемы отсека служебных систем

устанавливается целевая аппаратура для решения той или другой задачи (без установки отсека полезного груза), образуя законченный облик космического аппарата малой размерности.

В ноябре 2003 г. руководством Росавиакосмоса было предложено РКК «Энергия» проработать возможность создания космического аппарата малой размерности для оперативного наблюдения земной поверхности.

Очевидно, что универсальная платформа оптимизирована для задач, которые были реализованы в проектах «Ямал-100» и «Ямал-200». И в проектах, которые отличны от требований спутника связи на геостационарной орбите, некоторые параметры, как например, величина выделяемой энергии и выделяемая масса для полезной нагрузки, могут оказаться хуже, чем для специализированного КА той же размерности. Но для Заказчика в первую очередь могут быть важны другие критерии, а именно — полнота решения задачи, надежность, сроки создания и стоимость. Поэтому были оценены два варианта решения задачи при одинаковых требованиях со стороны полезной нагрузки.

В первом варианте предусматривалось максимальное использование технологий универсальной платформы, при этом изменения допускались только в том случае, если они были обязательны из-за специфики поставленной задачи. Во втором варианте рассматривался больший объем доработок с целью достижения технических характеристик, соответствующих параметрам специализированных КА данного класса.

В результате была показано, что в РКК «Энергия» поставленная задача может быть решена в любом варианте, однако во втором случае сроки создания и стоимость работ не были оптимальными и не соответствовали требованиям Заказчика, поскольку была необходима более глубокая модернизация базовой платформы. В частности, предлагалась высокая степень интеграции служебных систем и оборудования полезной нагрузки. Было показано, что бортовой комплекс управления должен проектироваться и разрабатываться не как функциональное объединение служебных бортовых систем, а как реально интегрированная физическая и информационная среда, в которой не выделены отдельные служебные системы. При этом предложения по новым разработкам приборов базировались на технологиях, практически имеющихся в РКК «Энергия» и в смежных организациях.

При рассмотрении разработанных материалов руководством Корпорации выбор был сделан в пользу первого варианта КА массой 750 кг, и он был предложен Заказчику. В то же время проработка по второму варианту (то есть возможность создания на базе универсальной платформы малых космических аппаратов размерностью около 300 кг) сохраняется как возможность для других перспективных проектов.

В соответствии с заключенным контрактом и с согласованным техническим заданием целью работы является создание космического аппарата оперативного наблюдения, его запуск и ввод в эксплуатацию в интересах обеспечения потребностей в космической информации с высоким пространственным разрешением для решения народнохозяйственных задач и коммерческого использования.

РКК «Энергия» определена головным разработчиком и изготовителем КА. Научное сопровождение проекта в целом осуществляет Федеральное государственное унитарное предприятие (ФГУП) ЦНИИМАШ.

Выпущены эскизный проект и техническая документация на КА, производится закупка комплектующих и подготовка производства.

Совместное рассмотрение общих видов КА и универсальной платформы показывает, что в данном случае задача была решена размещением всех элементов полезной нагрузки в отсеке служебных систем УКП. При этом в полной мере используется принцип модульного построения космического аппарата с сохранением заимствуемых элементов базовой платформы (рис. 4, 5).

В части служебных систем по отношению к базовой платформе приняты для реализации следующие доработки:

- замена электроракетной двигательной установки на жидкостную установку модульного исполнения;
- введение в систему управления движением и навигации аппаратуры спутниковой навигации и электромагнитных исполнительных органов для разгрузки маховиков;
- использование солнечных батарей повышенной жесткости, неподвижно установленных на корпусе КА;
- замена зарубежной аппаратуры служебного канала управления на аппаратуру отечественной разработки, что позволяет использовать существующие средства управления низкоорбитальными КА.

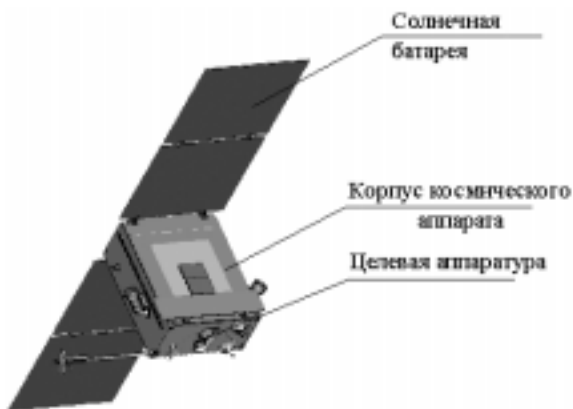


Рис. 4. Космический аппарат на базе УКП «Виктория»



Рис. 5. Модульный принцип построения космического аппарата



В результате совместной работы по проекту обеспечено выполнение всех требований тактико-технического задания на КА.

КА размещается под обтекателем ракеты-носителя «Днепр» (рис. 6). Схема выведения обеспечивает доставку КА массой 750 кг на солнечно-синхронную орбиту высотой около 510 км и наклоном около  $97^\circ$ . Время функционирования КА не менее пяти лет. Масса бортового целевого комплекса 116,5 кг. Мощность электропитания, выделяемая для полезной нагрузки, составляет 50 Вт среднесуточно и 490 Вт — максимальное значение.



Рис. 6. Размещение космического аппарата под обтекателем РН «Днепр»

Обеспечиваются все требования полезной нагрузки по динамике КА при проведении съемок:

- ориентация КА ..... трехосная
- точность определения ориентации
- на участке съемки, не хуже .....  $\pm 30$  угл. с
- точность поддержания ориентации на
- участке съемки по каждой оси, не хуже .....  $\pm 5$  угл. мин
- точность стабилизации угловой скорости
- на участке съемки, не хуже ..... 0,001 град/с
- точность определения параметров движения
- центра масс на участке съемки, не хуже:
- по координатам ..... 15 м
- по скорости ..... 5 см/с
- обеспечиваемые углы «прокачки» по крену .....  $\pm 40^\circ$

Предполагается получить при полосе захвата при съемке в надир с высоты рабочей орбиты  $\sim 20$  км линейное разрешение на местности:

панхроматической съемочной системы .....  $< 2,5$  м  
мультиспектральной съемочной системы .....  $< 10$  м

В состав целевой аппаратуры входит также радиолиния передачи цифровой информации, ответственными за разработку которой являются Российский научно-исследовательский институт космического приборостроения (РНИИ КП) и РКК «Энергия». Система работает в различных режимах сброса научной информации, при этом будет обеспечена максимальная скорость передачи информации до  $\sim 250$  Мбит/с.

Второй конкретной задачей по созданию малых КА, которую Корпорация предлагает решить с использованием универсальной платформы «Виктория», является проект «Мониторинг космической погоды». Совместно со специалистами ИКИ РАН были выполнены проектные проработки по этой задаче, результаты которой положены в основу наших предложений в Федеральную космическую программу на 2006–2015 гг. (в рамках темы «Интербол-3»).

Предложенная задача очень актуальна, поскольку известно, что солнечная активность и связанные с ней явления в околоземном пространстве (например, магнитные бури) оказывают существенное влияние на системы связи и навигации, работоспособность космических аппаратов, на климат и состояние атмосферы.

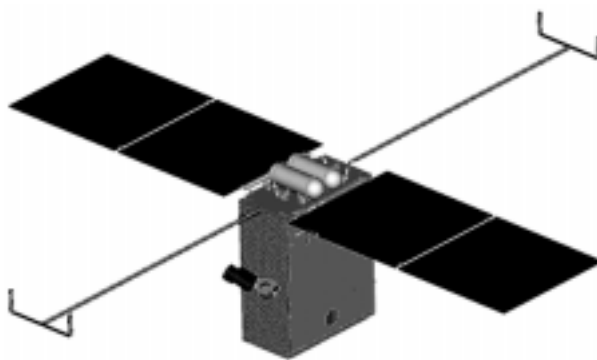
Выбор ракеты-носителя «Днепр» для выведения, использование штатного обтекателя этой РН, под которым должен быть размещен разгонный блок и МКА, массовые характеристики и габаритные параметры комплекса научных приборов определили облик КА. Общий вид КА в транспортном положении представлен на рис. 7, в рабочем положении — на рис. 8.

В проекте планируется реализовать программу полета с проведением исследований около точки солнечно-земной либрации  $L_1$  и на околоземной высокоэллиптической орбите, при этом масса научных приборов составит примерно 100 кг. Время полета — не менее 5 лет.

Проект также базируется на универсальной платформе «Виктория», при этом основная часть конструкций заимствуется с КА оперативного наблюдения.



*Рис. 7. Космический аппарат в транспортном положении*



*Рис. 8. Космический аппарат в рабочем положении*

В инициативном порядке были проработаны и другие проекты малых КА с несколькими полезными нагрузками на базе универсальной космической платформы «Виктория» и уже на начальном этапе взаимодействия участников проекта будут

строиться на основе точных представлений об облике МКА, составе работ и сроках их выполнения, надежности и стоимости.

Особенностью этих работ является привлечение к ним в качестве основных исполнителей молодых специалистов. В наибольшей степени такая организация работ планируется при создании сверхмалых КА массой до 10–15 кг. К этим работам РКК «Энергия» только приступает, но очевидно, что такие МКА в перспективе могут взять на себя исполнение многих задач, решаемых прикладными и исследовательскими КА традиционной размерности. И, хотя наиболее полной реализации возможностей сверхмалых МКА можно ожидать в период 2010–2020 гг., уже сегодня следует создавать технологический задел для решения этой задачи, тем более что новые технологии могут быть отработаны, и получить летную сертификацию на международной космической станции и при автономных полетах кораблей «Союз» и «Прогресс». Корпорация направила предложения о включении этих работ в Федеральную космическую программу на 2006–2015 гг.

При этом очевидно, что необходимый объем исследований и разработок по сверхмалым КА будет выполняться за счет не только бюджетного, но и внебюджетного финансирования, и этими средствами следует умело распорядиться. Понятно, что по параметру стоимости структура Корпорации не оптимальна для проведения подобных работ, поскольку ориентирована на решение комплексных задач больших масштабов. Поэтому рассматриваются различные формы организации работ, которые будут эффективны в данном случае. В частности, мы предполагаем организовать сотрудничество молодых специалистов нескольких организаций в составе, который позволит охватить все стороны проблемы, — постановка задачи, новые технологии, полезные нагрузки, служебные системы.

Результаты этих работ планируется доложить на следующей конференции по малым спутникам.