

Текст: Надежда Фетисова

Фото: МОКБ «Марс» / Валентин Коробейников, АО «НПО Лавочкина», Роскосмос

Спутники на связи

Что МОКБ «Марс» создает для космических аппаратов



Какие задачи решают метеоспутники? Зачем их размещать на разных орбитах и почему метеорологам так важно наблюдать за Арктикой? Кто главный враг космических аппаратов в космосе? На эти и другие вопросы «Вестника атомпрома» отвечает заместитель генерального конструктора МОКБ «Марс» Дмитрий Добрынин.

— Дмитрий Алексеевич, в феврале на геостационарную орбиту был выведен спутник «Электро-Л» № 4. Расскажите, пожалуйста, об основных задачах этого спутника.

— «Электро-Л» № 4 был запущен 5 февраля. В течение трех месяцев проводятся положенные по нормативной документации проверки бортовых систем. После того как они завершатся, должно быть принято

решение о вводе в эксплуатацию этого аппарата в космическую систему «Электро-Л». Сейчас почти все проверки на аппарате завершены, замечаний к нашему бортовому комплексу управления (БКУ) нет.

Задачи «Электро-Л» № 4 схожи с задачами других спутников серии и определяются установленной на нем целевой аппаратурой. Первая и основная задача — осуществление периодической регулярной съемки многозональным сканирующим устройством в трех видимых и семи инфракрасных диапазонах всего диска Земли с высоты геостационарной орбиты. Разрешение видимого диапазона — километр на пиксель, разрешение инфракрасного диапазона — до четырех километров на пиксель. Съемка проводится каждые 15 минут, снимки отправляются на Землю для использования российскими метеорологами.

Также на аппарате есть геофизическая система ГГСК, которая регистрирует показатели космической погоды: потоки, скорость и энергию частиц, пролетающих мимо космического аппарата. ГГСК позволяет прогнозировать возникновение на Земле магнитных бурь, фиксирует воздействие этих излучений на бортовую аппаратуру космических аппаратов, а также позволяет ученым анализировать физические явления, происходящие в космосе.

Кроме того, на борту «Электро-Л» № 4 стоят бортовые системы, собирающие данные с наземных платформ Росгидромета и ретранслирующие их в центры сбора этой информации. Таких центров в России несколько, а платформ сбора данных — несколько сотен, и расположены они подчас в малодоступных местах.

На аппаратах серии «Электро-Л» также установлена аппаратура международной спутниковой поисково-спасательной системы «КОСПАС-САРСАТ». Любые наземные объекты — суда или люди, имеющие необходимый передатчик, — могут послать сигнал бедствия, через спутниковые космические аппараты данные поступают в центр сбора этих сигналов, и помощь придет. Замечу, что такая аппаратура расположена не только на спутниках серии «Электро-Л», но и на аппаратах серии «Арктика-М» и других.

— Сейчас на орбите находятся три спутника серии «Электро-Л». Для чего нужно такое их количество? Планируются ли еще к запуску спутники этой серии?

— Земля имеет форму геоида (форма, близкая к эллипсоиду вращения. — Прим. ред.). Если фотографировать ее только с одного ракурса, то и видна,



На фото

Внешний вид спутника «Электро-Л»

соответственно, будет только сторона, повернутая к съемочной аппаратуре. Двух противоположных точек съемки тоже недостаточно: по краям кадра теряется качество изображения, будут зоны нестыковки. Поэтому оптимальным является построение системы, в которой три космических аппарата, расположенных на геостационарной орбите с одинаковым угловым расстоянием друг от друга, одновременно делают снимки земного шара.

В настоящий момент такая космическая система построена: спутники «Электро-Л» № 2, «Электро-Л» № 3 и «Электро-Л» № 4 расположены в трех разных точках стояния: над Атлантическим, Тихим и Индийским океанами.

— А куда делся «Электро-Л» № 1?

— Этот космический аппарат был запущен давно, в январе 2011 года. Он прошел летные испытания, был принят в опытную эксплуатацию, отработал несколько лет. Однако в 2016 году случилась непредвиденная ситуация на борту, которая привела к невозможности получать качественную информацию с нужной точностью снимков. Поэтому аппарат был выведен из работы.

— МОКБ «Марс» разработало для спутников серии «Электро-Л» бортовые комплексы управления. Отличаются ли они между собой?

— Отличаются незначительно. Для БКУ «Электро-Л» № 4 были доработаны и модернизированы блоки бортового комплекса управления: вычислители, блоки силовой автоматики, схемотехника, конструктив. Также существенно доработано и обновлено программное обеспечение — с учетом опыта, полученного на предыдущих аппаратах.

— «Электро-Л» — не единственная серия российских метеоспутников. Есть еще, например, серия «Арктика-М», в создании которой МОКБ «Марс» тоже принимало непосредственное участие. Чем отличаются аппараты серий «Электро-Л» и «Арктика-М»?

— «Электро-Л» и «Арктика-М» построены на базе единой космической платформы «Навигатор» разработки АО «НПО Лавочкина». Состав бортовой аппаратуры и БКУ у них очень близки, но отличия, естественно, есть. Например, из внешних отличий: у «Арктики-М» два крыла солнечных батарей, у «Электро-Л» — одно. И наоборот: у «Электро-Л» две направленных антенны, а у «Арктики-М» — одна.

Однако самое главное отличие этих аппаратов — это орбиты, на которых они работают. Спутники серии «Электро-Л» вращаются, как я уже говорил, на геостационарной орбите с почти постоянной ориентацией на центр Земли. Скорость вращения аппарата примерно совпадает со скоростью вращения точки, находящейся на поверхности Земли, то есть наблюдателю с Земли кажется, что аппарат висит над ним. Динамических разворотов «Электро-Л» очень мало (это корректирующие импульсы, сезонные развороты и некоторые специфические операции).

Для спутников серии «Арктика-М», которые находятся на высокоэллиптической орбите, динамические развороты — норма жизни. Перигей (ближайшая к Земле точка) этой орбиты — около 4–5 тыс. км, апогей (наивысшая точка над поверхностью Земли) — на уровне 40–45 тыс. км. Съемки с «Арктики-М» продолжаются примерно половину времени от общего времени витка, когда он находится на апогейном участке, — шесть часов. В другие шесть часов аппарат залетает за Землю, в перигей, и съемка не проводится (относительно Земли космический аппарат летит быстро, и весь диск в поле съемки не помещается).

Таким образом, расстояние аппарата от поверхности Земли и направление на центр Земли постоянно меняются, соответственно, съемочная аппаратура должна все время разворачиваться (наводиться). Задача бортового комплекса управления — это осуществление циклограммы съемок так, чтобы каждая съемка в каждой точке орбиты была в необходимой ориентации.

Плюс ко всему за Землей, в перигейном участке, аппарат движется с более высокой относительно апогея скоростью. А значит, должны решаться задачи незасветки и сбережения оптических систем, радиаторов охлаждения целевой аппаратуры от различных источников тепла — Земли, Луны, Солнца.

Специалисты МОКБ «Марс» вместе с коллегами из АО «НПО Лавочкина» для работы на этой орбите разработали особые алгоритмы, позволяющие

Аппаратура БКУ на стенде испытательного комплекса



разгружать и загружать органы управления ориентацией этого космического аппарата (двигатели-маховики) так, чтобы не разогнать их до предельных уровней вращения.

Кроме того, на этой орбите аппарат дважды на каждом витке проходит так называемые радиационные пояса Земли, где высока плотность заряженных частиц, подлетевших к нашей планете из космического пространства и захваченных ее электромагнитным полем. Это очень непростое испытание для бортовой аппаратуры, но она сделана с расчетом на такие нагрузки.

— Какие задачи решает спутник «Арктика-М» № 1?

— Высокоэллиптическая орбита вытянута в сторону Северного полюса. Находясь в апогейном участке, «Арктика-М» № 1 снимает территорию Арктики (ученые называют ее «кухней погоды») со стороны Северного полюса. Это уникальный ракурс, его невозможно получить ни с одного другого спутника. Подчеркну, что на данный момент только у России есть метеорологические аппараты, которые работают на высокоэллиптической орбите с Северного полушария Земли. Это дает нашим метеорологам большие возможности для исследования картины погоды всего земного шара. Например, недавно ученые получили снимки, фиксирующие зарождение, развитие

и влияние на погоду таких явлений, как мезомасштабные циклоны. Они формируются и проходят довольно быстро, но при этом, как я понимаю, могут сильно мешать навигации в северных широтах.

Со спутников серий «Электро-Л» и «Арктика-М» приходят не только фотографии в видимом диапазоне, но и инфракрасные снимки. По ним, например, можно отследить распределение температур по поверхности Земли и морей, по высоте от поверхности Земли в атмосфере, а также определить направление и скорость ветра, параметры облачности. На основе этих и других данных метеорологи делают массу востребованных продуктов для разных потребителей: судов на Северном морском пути, авиации, сельхозпроизводителей, МЧС и других министерств и ведомств.

— Как сейчас работает «Арктика-М» № 1? Когда планируется запуск «Арктики-М» № 2? И будут ли еще аппараты этой серии?

— «Арктика-М» № 1 была запущена 28 февраля 2021 года, летные испытания БКУ прошел без замечаний. Сейчас метеорологи регулярно получают с аппарата необходимые данные. Фотографии, выполненные с «Арктики-М» № 1, вы можете увидеть, например, в телевизионных прогнозах погоды.

«Арктика-М» № 2 проходит испытания в АО «НПО Лавочкина». Бортовой комплекс управления для этого аппарата специалисты МОКБ «Марс» уже изготовили, испытали, поставили. Сейчас БКУ проходит комплексные испытания в составе аппарата. Запуск «Арктики-М» № 2 запланирован на конец 2023 года. Спутник будет работать на той же орбите, что и «Арктика-М» № 1, но с разнесением по угловому положению. Соответственно, оба аппарата будут снимать земную поверхность с одинаковых точек, но в разное время, по очереди. Таким образом, мы будем без прерыва получать данные с высокоэллиптической орбиты.

Планируется запуск еще как минимум двух аппаратов серии «Арктика-М» — они будут работать также на высокоэллиптической орбите, но она будет повернута по долготе относительно орбиты, где сейчас летает «Арктика-М» № 1. Это будут две пересекающиеся орбиты. Таким образом, станет возможно осуществлять наблюдение за Землей с разных ракурсов — с запада и востока. Техническое задание на эти аппараты сейчас прорабатывается совместно с Роскосмосом. Их запуск ожидается после 2026 года.

— Уже больше трех лет в космосе работает уникальная космическая обсерватория «Спектр-РГ». МОКБ «Марс» принимало участие в ее создании. Расскажите, пожалуйста, об этой работе.

— «Спектр-РГ» — это орбитальная астрофизическая обсерватория, совместный проект Российской академии наук и Немецкого центра авиации и космонавтики (DLR). На этом космическом аппарате установлены два рентгеновских телескопа: российский ART-XC им. М. Н. Павлинского, изготовленный Институтом космических исследований РАН и РФЯЦ-ВНИИЭФ, и немецкий eROSITA, построенный Институтом внеземной физики Общества Макса Планка. Они снимают в разных полосах рентгеновского диапазона, дополняя друг друга. Цель работы обсерватории — составить полную карту Вселенной в рентгеновском диапазоне.

Для этого аппарата АО «НПО Лавочкина» так же, как и для серий «Электро-Л» и «Арктика-М», использовало платформу «Навигатор» с очень похожими бортовыми системами и с бортовым комплексом управления разработки МОКБ «Марс». Тем не менее, целевая аппаратура сильно отличается от той, что установлена на метеоспутниках. Наведение и поддержание ориентации научных инструментов — телескопов — требует на порядок большей точности, чем, например, аппаратов связи. Уровень точности — единицы угловых секунд.

«Спектр-РГ» находится в точке Лагранжа 2 на удалении полутора миллиона километров от Земли. В этой области гравитационное взаимодействие Земли и Солнца выравнивается, и на аппарат оказывается меньше воздействия со стороны этих двух небесных тел. Основной задачей первого этапа наблюдений был осмотр двумя вышеупомянутыми рентгеновскими телескопами всей видимой Вселенной в течение четырех лет. БКУ должен был обеспечить на протяжении

этого времени равномерное высокоточное вращение обсерватории с постоянным смещением оси наблюдения по земному небосклону, чтобы за это время получить восемь полных обзоров всей земной сферы.

Четыре полных осмотра небосклона были успешно выполнены, получены карты звездного неба с обоих приборов. С каждым новым осмотром они уточнялись, ученые были довольны. Пятый осмотр был начат, но по геополитическим причинам немецкая сторона приняла решение перевести свой телескоп в нерабочий режим. Таким образом, российский телескоп получил карт-бланш на сто процентов использования полетного времени. Задачи нашего телескопа сейчас автоматически получили первоочередные права.

— Какой в среднем срок службы БКУ?

— На это влияют разные факторы, в первую очередь — срок службы и ресурсы аппаратуры, которая установлена на космическом аппарате, а также условия, в которых он работает.

Космос — это суперагрессивная среда: там вакуум, низкое давление, перепады температуры в несколько сотен градусов, отсутствует теплопередача конвекцией. И, конечно, космическая радиация: энергия, переносимая космическими частицами, солнечный ветер, галактические излучения — все это негативно сказывается на работе компонентной базы и материалов. Конечно, все эти факторы учитываются при проектировании космических аппаратов, технологии постоянно совершенствуются.

Сейчас заданные сроки службы российских космических аппаратов на орбите могут достигать и 15 лет. Тем не менее аппараты с тонкой научной аппаратурой, с расходуемыми компонентами могут обладать меньшим сроком службы — от трех до семи лет.

Предельный срок службы, на который рассчитан наш бортовой комплекс управления в составе космического аппарата, находящегося сейчас в полете, — 12 с четвертью лет. Речь идет о космическом аппарате связи на геостационарной орбите для Республики

«На данный момент только у России есть метеорологические аппараты, которые работают на высокоэллиптической орбите с Северного полушария Земли. Это дает нашим метеорологам большие возможности для исследования картины погоды всего земного шара».

Казахстан. В текущем году этот временной предел должен быть достигнут.

Когда у аппарата завершается расчетный срок службы, аппарат не обязательно отключают. Специалисты анализируют состояние аппаратуры, запасы расходимых компонентов, необходимость и эффективность использования этого аппарата. Затем всеми участвующими сторонами принимается решение о продлении срока его эксплуатации. Например, аппарат «Спектр-Р», для которого МОКБ «Марс» разработало БКУ, отработал гораздо больше расчетного срока службы: более семи лет вместо трех.

Для аппаратов серии «Электро-Л», о которых мы говорили выше, срок активного существования — 11 лет. Плюс держим в уме, что БКУ еще около четырех лет эксплуатируется на Земле, пока проходит все нужные испытания.

— Кто главный враг космических аппаратов в космосе?

— О некоторых врагах я уже вкратце говорил выше. Это, во-первых, перепады температуры: если система обеспечения тепловых режимов вышла из строя и аппарат будет перегреваться, долго она не проживет. Во-вторых, конечно, радиация: несмотря на все защитные меры, эффекты от нее накапливаются

в системах летательных аппаратов, что приводит к их деградации.

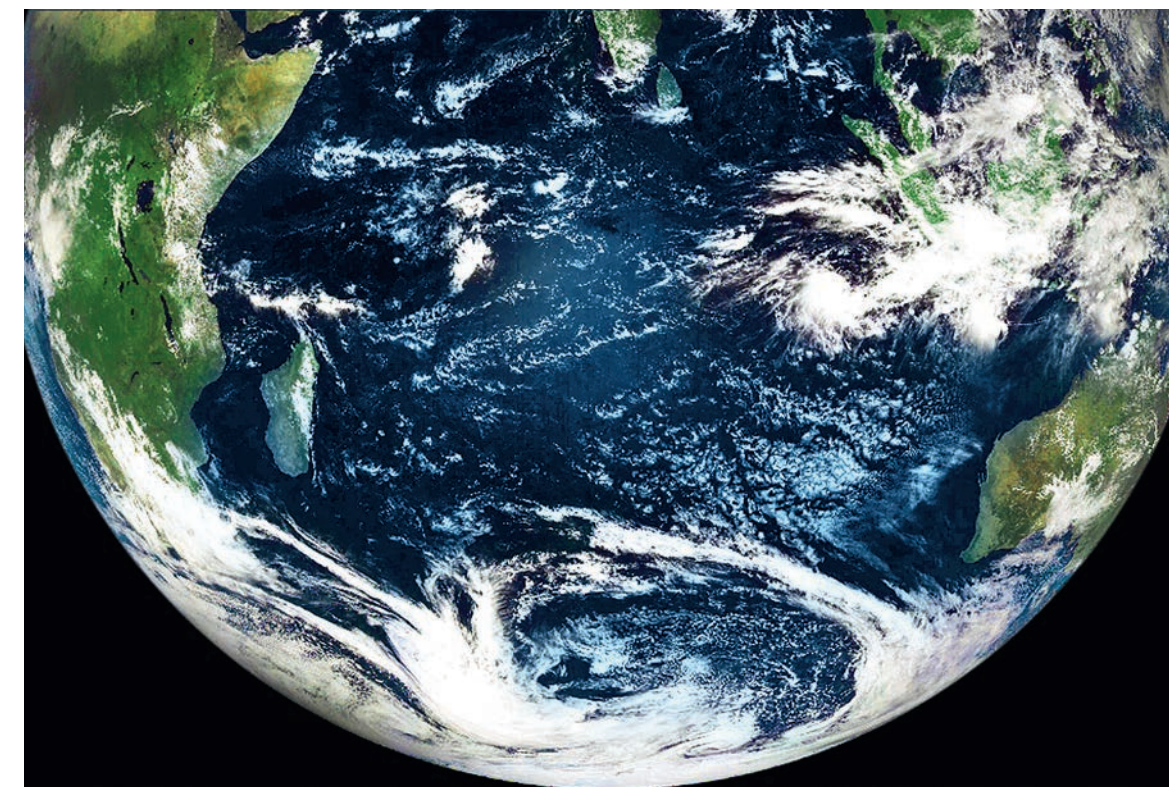
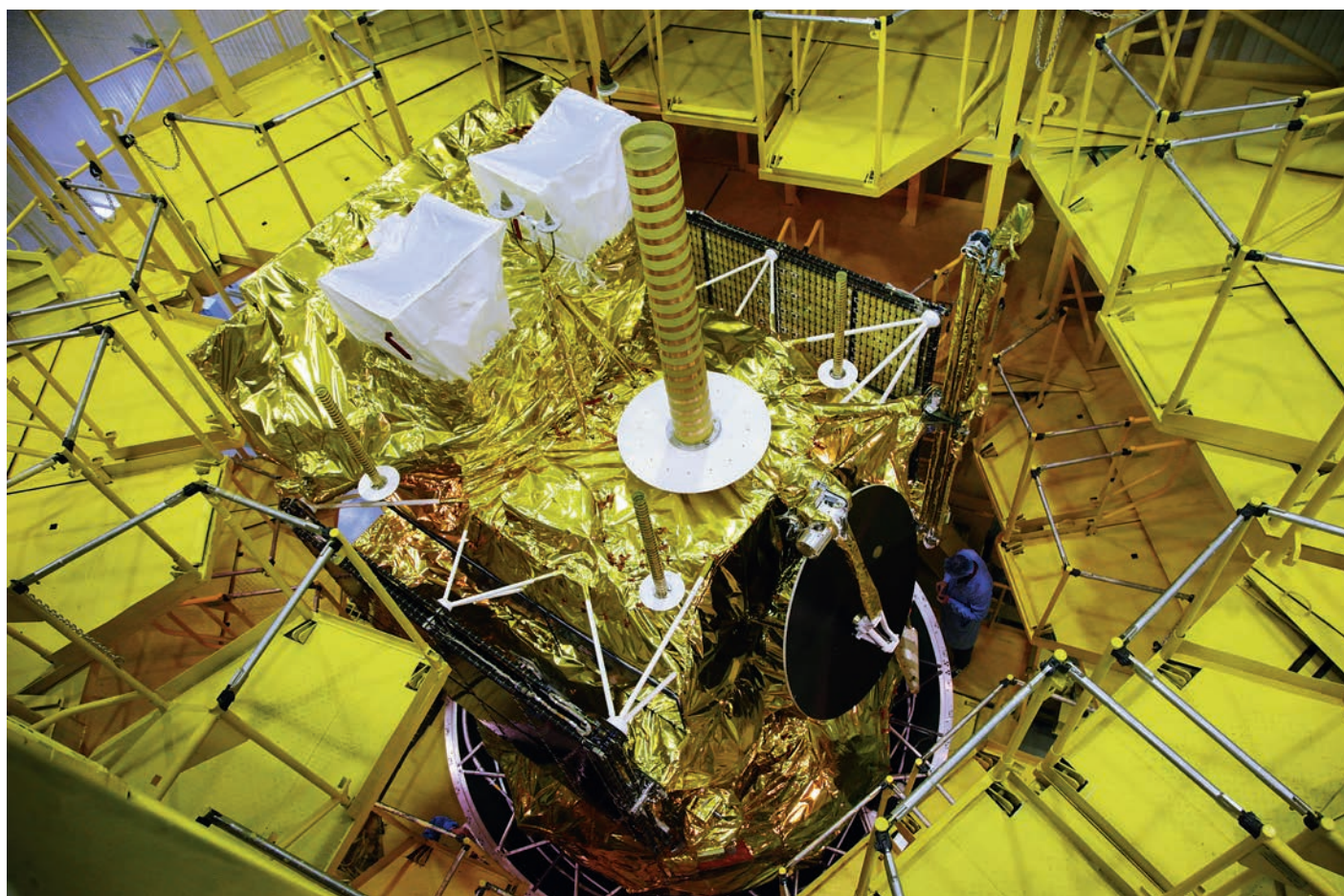
Еще один враг — это изолированность аппаратов, недоступность их для обслуживания в космосе. Автоматический летательный аппарат — не МКС, туда не доставишь запчастей. Правда, в нашем бортовом комплексе управления есть возможности, которые позволяют осуществлять удаленный «ремонт» на орбите. Заложены альтернативные схемы использования тех или иных приборов и органов управления, чтобы при выходе из строя одной части бортовой аппаратуры можно было перераспределить функции и заменить (частично или полностью) соседними приборами. Также есть возможность перепрограммирования бортового вычислителя.

— Как нынешние геополитические реалии сказались на работе МОКБ «Марс» и ваших коллег из Роскосмоса?

— Тут есть и плюсы, и минусы. Из минусов — аппараты, в которых применяется иностранная аппаратура, потеряли в функциональности: «Спектр-РГ» — яркий тому пример. Из плюсов — текущая ситуация стала толчком для поиска внутренних резервов по импортозамещению и обеспечению импортонезависимости. Мы четко увидели, в каких технологических циклах у нас есть белые пятна, и работаем над их

На фото

Космический аппарат «Арктика-М»



Фотография Земли со спутника «Электро-Л» №4

устранением. На мой взгляд, коллектив стал более собранным, подходит к решению задач более ответственно. Так что нет худа без добра.

— Над чем сейчас работает МОКБ «Марс»?

— Помимо серии проектов «Электро-Л» и «Арктика-М», о которых я уже рассказал, мы совместно с АО «НПО Лавочкина» продолжаем работы по серии научных аппаратов «Спектр», в частности «Спектр-УФ», а вместе с ФИАН работаем над «Спектр-М». Также участвуем в создании бортовой аппаратуры для космических аппаратов — радиолокаторов «Кондор-ФКА». Радиолокационное наблюдение позволяет делать качественные снимки вне зависимости от облачности. В этом их большое преимущество перед съемками аппаратов дистанционного зондирования Земли в видимых и инфракрасных диапазонах. В этом и следующем году планируется запуск двух аппаратов серии «Кондор-ФКА».

Также МОКБ «Марс» уже несколько десятилетий изготавливает системы управления разгонного блока «Бриз-М». Это четвертая ступень ракеты-носителя — такого, например, как «Протон». На текущий момент «Протоном» с помощью разгонного блока «Бриз-М» изготовлен МОКБ «Марс» осуществлено 107 запусков, и два запуска были сделаны уже с ракетами-носителями семейства «Ангара», для которых мы также адаптировали систему управления для разгонного блока «Бриз-М».

МОКБ «Марс» участвует в проектах по созданию других систем космического назначения для

ракет-носителей и наземной инфраструктуры. Кроме того, для различных типов летательных аппаратов разрабатываются системы управления и приборы. Один из любопытных проектов нашего бюро — создание системы управления многозональной электропечкой. Эта печка предназначена для выращивания кристаллов на борту МКС. Выращенные в космосе кристаллы не подвержены воздействию гравитации и обладают уникальными свойствами. Они нужны и для научных, и для прикладных целей.

И, конечно, мы сопровождаем полеты наших систем, находящихся в космосе. Сейчас у нас в сопровождении находятся шесть космических аппаратов: спутник связи «KazSat-2», три спутника серии «Электро-Л», один спутник серии «Арктика-М» и обсерватория «Спектр-РГ». Ожидаем, что в этом году к этой компании добавятся еще два спутника: «Арктика-М» №2 и «Кондор-ФКА» №1.

— Какие у вас цели на ближайшую перспективу?

— Хотелось бы улучшать и развивать характеристики бортовых приборов БКУ, снижать их массогабаритные параметры, повышать точность наведения и удержания ориентации, повышать вычислительные мощности. Что касается планов, то для обеспечения запросов заказчиков и работы с разными космическими аппаратами целесообразно иметь типизированные устройства и блоки для быстрого видоизменения БКУ под конкретные задачи. Конечно, все наши задачи мы планируем реализовать на современной отечественной электронной компонентной базе.