

# НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ СЕРИИ «ЭКСПРЕСС-1000»

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР  
ОАО «ИСС», ЧЛЕН СОВЕТА  
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО НАУКЕ  
И ОБРАЗОВАНИЮ ДОКТОР  
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК,  
ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ РАН

Николай Алексеевич  
Тестоедов



ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва – одно из ведущих предприятий российской космической отрасли. ОАО «ИСС» владеет технологиями полного цикла создания космических комплексов от проектирования до управления космическими аппаратами на всех орбитах – от низких круговых до геостационарных.

За время своей деятельности предприятие принимало участие в реализации более 40 космических программ в областях связи, ретрансляции, телевидения, навигации, геодезии и научных исследований. Было спроектировано, изготовлено и запущено порядка 50 различных типов космических аппаратов (КА), отличающихся высокой надежностью и предназначенных для использования на низкой круговой, круговой, высокоэллиптической и геостационарной орбитах.

Стратегическими направлениями инновационной деятельности ОАО «ИСС» являются разработка и внедрение новых технологий, создание космических систем и приборов, оказание космических услуг.

В 2013 году за разработку и организацию производства космических аппаратов серии «Экспресс-1000» с улучшенными энергомассовыми характеристиками на основе облегченных и высокоточных конструкций из композиционных материалов коллективу авторов под руководством Н.А. Тестоедова была присуждена премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

## НЕОБХОДИМОСТЬ ПЕРЕМЕН

Построенные на базе универсальной герметичной платформы спутники серии «Экспресс-АМ» уступают современным зарубежным КА по таким важным параметрам, как процентное отношение массы полезной нагрузки к массе КА, срок активного существования, количество транспондеров.

Требовался новый подход к созданию современного КА связи, обеспечивающий конкурентоспособность на рынке по таким показателям, как энергетика радиолинии бортового ретранслятора во всей зоне обслуживания, удельная себестоимость транспондера, срок активного существования не менее 15 лет, срок создания не более 36 месяцев.

В период с декабря 2003 года по февраль 2009 года ОАО «ИСС» по заказу национального российского спутникового оператора ФГУП «Космическая связь» (ФГУП КС) разработало и ввело в строй серию космических аппаратов связи серии «Экспресс-АМ». Данные КА позволили национальному оператору заметно улучшить качество спутниковой связи, существенно уменьшить стоимость подключения к малогабаритным VSAT-станциям, а также выйти на международный рынок, предоставляя услуги связи и вещания заказчикам из 35 стран мира.

## НОВЫЙ КЛАСС КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Концепция повышения технических характеристик новых КА заключалась в создании и внедрении на базе негерметичной платформы облегченных и высокоточных конструктивных элементов и перераспределении массы конструкции КА в пользу аппаратуры полезной нагрузки.

Принцип сбалансированного применения вновь разработанных, перспективных и существующих, квалифицированных в условиях летной эксплуатации

1



КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «ЛУЧ-5Б». СТЫКОВКА ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ И ПЛАТФОРМЫ

2



КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ «ЭКСПРЕСС-АТ1» И «ЭКСПРЕСС-АТ2». ТАНДЕМНАЯ СХЕМА ВЫВЕДЕНИЯ

конструкционно-технологических решений позволил существенно сократить сроки создания и обеспечить необходимую надежность.

Специалисты предприятия выделили в КА перечень конструктивных элементов, которые необходимо было разработать вновь в целях повышения их эксплуатационных характеристик и снижения массы их конструкции за счет применения высококомодульных композиционных материалов, обладающих высокой удельной прочностью и жесткостью.

В этот перечень вошли:

- несущая силовая конструкция спутника (платформы и модуля полезной нагрузки);
- конструкция каркасов солнечных батарей, предназначенная для размещения фотопреобразователей;
- элементы антенных систем (жесткие рефлекторы осесимметричных и офсетных зеркальных антенн, облучатели антенн, поддерживающие точностные конструкции, трансформируемые рефлекторы крупногабаритных антенн зонтичного типа).

### СИЛОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Наилучшим вариантом была признана схема построения КА на базе центральной силовой трубы и конического адаптера.

Предложенная ОАО «ЦНИИСМ» конструктивно-технологическая концепция анизотридных сетчатых оболочек, состоящих из спиральных и кольцевых ребер, обеспечила исключительно высокое весовое совершенство данных конструкций (снижение массы до 60% по сравнению с металлическим прототипом) (рис. 1).

Кроме удобства компоновки и возможности унифицирования платформы КА (создания типовых конструкций), подобная схема обеспечивает и парный пуск КА

среднего класса по «тандемной» схеме, когда второй (верхний) КА устанавливается на первый (нижний) (рис. 2).

### ВЫСОКОТОЧНЫЕ СОТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Современные требования к прочностным, жесткостным, массовым характеристикам и геометрической стабильности конструкций КА в условиях его эксплуатации при воздействии знакопеременных температур и повреждающих факторов космического пространства потребовали изменения подхода к проектированию и использованию материалов многослойных сэндвич-структур (сотовых панелей) и конструкций из них.

Передовые высококомодульные и высокопрочные композиционные материалы значительно превосходят высокопрочные алюминиевые сплавы, поэтому сотовые панели, изготовленные из таких композиционных материалов, являются в настоящее время одним из основных элементов при построении силовой конструкции КА (рис. 3).

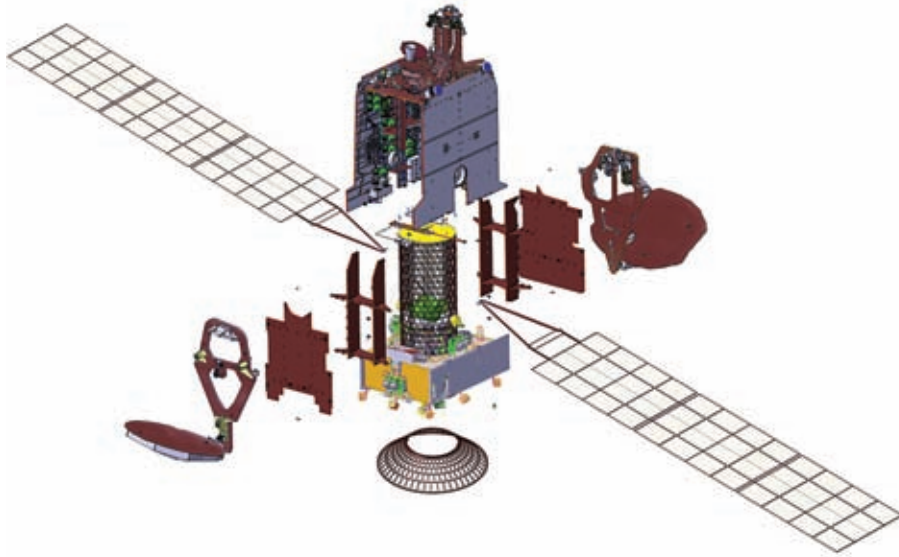
### СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ

Необходимость повышения энерговооруженности КА привела к увеличению площади солнечных батарей до 100 кв. м и более.

С целью минимизировать удельные весовые характеристики, обеспечить удобство монтажа фотоэлектрических преобразователей и улучшить их теплообмен был разработан комплекс мероприятий, направленный на совершенствование конструкции и технологии изготовления штанг и каркасов батарей солнечных (БС).

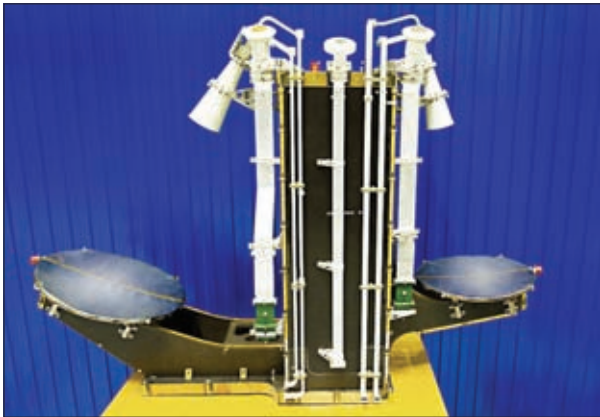


3



ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В КА СЕРИИ «ЭКСПРЕСС-1000»

4



АНТЕННЫЙ БЛОК ТИПА «БАШНЯ» С ПРИЕМНОЙ И ПЕРЕДАЮЩЕЙ КОНТУРНЫМИ АНТЕННАМИ КА «ЯМАЛ-300К»

5



ТРАНСФОРМИРУЕМЫЙ РЕФЛЕКТОР (Ø 4 М) ПЕРЕНАЦЕЛИВАЕМОЙ АНТЕННЫ КА «ЛУЧ-5А/Б/В»

Новые технологии изготовления труб, штанг и несущей струнной подложки повысили качество, жесткость и надежность каркасов БС; массовая доля углепластиковых элементов в конструкции каркасов БС возросла до 95%.

Комплекс внедренных мероприятий, проведение наземной экспериментальной отработки (НЭО) и летной квалификации новой конструкции БС на КА «Глонасс-К», «Луч-5А», AMOS-5 и др. позволили улучшить удельные массовые характеристики каркасов конструкции БС с 1,3 до 0,8 кг/кв. м.

Эта удельная характеристика соответствует удельным характеристикам конструкций БС зарубежных производителей, построенных на основе сотовых панелей, а с точки зрения улучшения теплообмена превосходит их.

Такие БС находят применение и в составе КА разработки ФГУП «НПО имени С.А. Лавочкина»: изготовлены и поставлены солнечные батареи для КА «Спектр-Р», «Электро-Л», в процессе изготовления сол-

нечные батареи для КА «Спектр РГ», «Арктика-М» и для двух КА «Электро-Л».

### АНТЕННЫ

Ключевым элементом современных связных КА являются высокоточные антенны на основе композитных конструкций. При этом на всех коммерческих телекоммуникационных КА, изготавливаемых по заказу национальных российских операторов, до последнего времени устанавливались антенны зарубежного производства.

Созданное в ОАО «ИСС» производство антенных систем позволяет успешно конкурировать на одном из самых наукоемких и прибыльных рынков космической техники (рис. 4).

Изготавливаемые сегодня высокоточные рефлекторы антенн с контурной диаграммой направлен-



ности на основе трехслойных композитных сэндвич-конструкций не уступают по своим характеристикам лучшим зарубежным образцам.

Результатом проведенных работ по совершенствованию элементов антенных систем явилось снижение массы подсистем антенн до 25%, обеспечение точности их наведения на зону обслуживания до  $\pm 0,10^\circ$ .

Перспективы развития космической связи, исследования земной поверхности, радиоастрономии непосредственно связаны с возможностью вывода в космос крупногабаритных трансформируемых антенн.

ОАО «ИСС» обладает технологией проектирования и изготовления антенн подобного типа. На настоящий момент в летной эксплуатации находится 6 трансформируемых антенн диаметром 4 м в составе КА «Луч-5А/Б/В» (рис. 5).

### ДОСТИЖЕНИЯ

Проведенные мероприятия по улучшению энергомассовых характеристик нового телекоммуникационного КА серии «Экспресс-1000» позволили заметно повысить его конкурентную привлекательность по сравнению с прежними КА серии «Экспресс-АМ» и успешно конкурировать с зарубежными производителями современных КА.

В созданных КА серии «Экспресс-1000», например телекоммуникационных аппаратах АМОС-5 и «Ямал-300К», заметно увеличена массовая доля модуля полезной нагрузки (в среднем около 32%) по сравнению с КА серии «Экспресс-АМ» (около 18%), что соответствует современным КА данного класса.

Созданные образцы элементов конструкций по своим характеристикам соответствуют лучшим зарубежным образцам, что позволяет обеспечить импортозамещение без потери качества.

Проведенная в ОАО «ИСС» работа по созданию конкурентоспособных элементов для нового поколения спутника серии «Экспресс-1000» позволила предприятию успешно реализовать несколько проектов:

- АМОС-5 для компании Spacem (Израиль);
- «Луч-5А/Б/В» для Роскосмоса;
- KAZSAT-3 для АО «Республиканский центр космической связи» (Республика Казахстан);
- «Ямал-300К» для ОАО «Газпром космические системы»;
- «Экспресс-АМ5», «Экспресс-АТ1», «Экспресс-АТ2» для ФГУП КС.

*ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» располагается по адресу: ул. Ленина, д. 52, Железнодорожск, Красноярский край, Россия, 662972. Связаться с нами можно по телефону: (3919) 728 008, факсу: (3919) 756 146 или по электронной почте: [office@iss-reshetnev.ru](mailto:office@iss-reshetnev.ru). Более подробная информация на сайте: <http://www.iss-reshetnev.ru>.*