

А. Красильников.  
«Новости космонавтики»

# Ретранслятор «Луч-5Б» и «связник» «Ямал-300К»

3 ноября в 00:04:00 ДМВ (2 ноября в 21:04:00 UTC) с 24-й пусковой установки 81-й площадки космодрома Байконур стартовые расчеты предприятий Роскосмоса осуществили пуск РН «Протон-М» (8К82КМ, серийный №93532, заводской №6303656744) с разгонным блоком «Бриз-М» (14С43 №99533) и российскими космическими аппаратами «Луч-5Б» и «Ямал-300К».

В 00:14 ДМВ «Бриз-М» со спутниками отделился от третьей ступени «Протона-М» и вышел на незамкнутую орбиту с высотой апогея 178 км. Переход на близкую к геостационарной целевую орбиту был выполнен за счет четырех включений маршевого двигателя 14Д30 разгонного блока (табл. 1).

В 09:18 спутник «Ямал-300К» отделился от «Бриза-М». Он получил номер **38978** и международное обозначение **2012-061В** в каталоге Стратегического командования (СК) США, которое только 26 ноября сумело обнаружить аппарат на орбите с параметрами:

- наклонение – 0.18°;
- минимальная высота – 35586.4 км;
- максимальная высота – 35819.7 км;
- период обращения – 1427.67 мин.

Ретранслятор «Луч-5Б» отделился от разгонного блока в 09:33. В каталоге СК США ему присвоили номер **38977** и международное обозначение **2012-061А**. Американские военные смогли найти спутник только 25 ноября на орбите с параметрами:

- наклонение – 0.24°;
- минимальная высота – 35921.3 км;
- максимальная высота – 36084.8 км;
- период обращения – 1445.58 мин.

После запуска разработчик спутников – ОАО «Информационные спутниковые системы» (ИСС) имени М.Ф. Решетнёва – сообщило, что у аппаратов раскрылись все механические системы, построена начальная ориентация и начата проверка функционирования основных систем.

Для любителей статистики отметим, что это был 1389-й полет ракеты космического назначения с космодрома Байконур и 67-й пуск «Протона-М».

## Задержанный старт

Ракета «Протон-М» была доставлена на космодром 16 июня железнодорожным транспортом, РБ «Бриз-М» – 19 июля самолетом Ан-124-100. Оба изделия проходили подготовку к старту в монтажно-испытательном корпусе (сооружение 50) площадки 92А.

Спутники «Луч-5Б» и «Ямал-300К» прибыли на Байконур из Железногорска в одном контейнере на самолете 30 июля. Их подготовка к запуску осуществлялась в МИКе (сооружение 40) площадки 31.

Пуск намечался на 7 сентября, но был отложен почти на два месяца из-за августовской аварии «Бриза-М» при выведении

аппаратов «Экспресс-МД2» и Telkom-3. Тогда в ходе третьего включения маршевый двигатель 14Д30 не набрал номинальную тягу и преждевременно отключился.

Межведомственная комиссия выяснила, что причиной аварии стал бракованный металл жиклер в магистрали наддува дополнительного бака горючего. Жиклеры изготавливало омское Производственное объединение «Полет».

После этого Роскосмос принял решение детально перепроверить произведенные «Бризы-М»: №99528 и №99533, находившиеся на космодроме, а также №99534 и №99535, пребывавшие в Центре Хруничева. На это потребовалось время. В результате 14 октября на «Протоне-М» первым после аварии полетел спутник Intelsat 23, причем для его запуска использовался «Бриз-М» №99534, доставленный на Байконур 21 сентября, а не №99528, хранившийся в МИКе площадки 92А. А вот «Луч-5Б» и «Ямал-300К», как изначально планировалось, отправились на орбиту на блоке №99533.

Как сообщил *НК* заместитель директора Завода по эксплуатации ракетно-космической техники Центра Хруничева по летно-испытательной базе «Байконур» Леонид Горюшкин, «Бризы-М» №99528 и №99533 были подвергнуты специальной проверке прямо в МИКе площадки 92А.

## «Луч-5Б»: усиленный ретранслятор

Спутник «Луч-5Б» разработан и изготовлен ИСС в кооперации с теми же российскими и зарубежными предприятиями, которые участвовали в создании «Луча-5А» (см. таблицу в *НК* №2, 2012, с.23). «Луч-5Б» сделан по заказу Роскосмоса в рамках Федеральной космической программы на 2006–2015 гг.

Он является вторым аппаратом (после «Луча-5А») модернизированной унифициро-

Табл. 1 Расчетная циклограмма запуска спутников «Луч-5Б» и «Ямал-300К»

Событие	Время (ДМВ)
Контакт подъема РКН	00:04:00
Отделение 1-й ступени РКН	00:06:00
Отделение 2-й ступени РКН	00:09:27
Отделение 3-й ступени РКН	00:13:42
1-е включение маршевого двигателя РБ (формирование опорной орбиты: 51.56°, 180×180 км, 87.95 мин)	00:15:16 00:19:22
2-е включение маршевого двигателя РБ (формирование промежуточной орбиты: 50.3°, 272×5007 км, 141.87 мин)	01:11:28 01:29:10
3-е включение маршевого двигателя РБ (формирование переходной орбиты: 48.7°, 390×35808 км, 634.93 мин)	03:32:57 03:50:49
Сброс дополнительного топливного бака РБ	03:52:10
4-е включение маршевого двигателя РБ (формирование целевой орбиты)	08:52:17 09:05:40
Отделение КА «Ямал-300К» (0°, 35793×35793 км, 1436.07 мин)	09:18:00
Отделение КА «Луч-5Б» (0.02°, 35793×35822 км, 1436.8 мин)	09:33:00 11:37:20 11:37:35
1-й увод РБ на орбиту длительного существования	12:44:30 12:46:10
2-й увод РБ на орбиту длительного существования (0.42°, 29511×35761 км, 1277.82 мин)	





Фото ОАО ИСС

▲ Сборка КА «Луч-5Б»

ванного космического комплекса «Луч-М» и входит в состав многофункциональной космической системы ретрансляции (МКСР) «Луч».

«Луч-5Б» предназначен для ретрансляции в реальном масштабе времени:

- ◆ целевой, телевизионной, телефонной и телеметрической информации с российского сегмента МКС и пилотируемых и грузовых кораблей на наземные пункты;

- ◆ целевой и телеметрической информации с низкоорбитальных автоматических КА на наземные пункты;

- ◆ телеметрической информации с РН и РБ на участках выведения на наземные пункты;

- ◆ командно-программной информации с наземных пунктов на РС МКС, пилотируемые и грузовые корабли, РБ и низкоорбитальные автоматические КА;

- ◆ корректирующих сигналов системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) для глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.

«Луч-5Б» спроектирован на основе негерметичной платформы «Экспресс-1000АМ». Его стартовая масса составляла 1297 кг. Габаритные размеры аппарата – 6212×20821×11670 мм, гарантийный срок активного существования – 10 лет, мощность системы электропитания – 2,2 кВт.

Точность удержания орбитальной позиции спутника по долготе равна  $\pm 0,2^\circ$ , точность ориентации по тангажу  $\pm 0,1^\circ$ , по крену  $\pm 0,1^\circ$ , по рысканью  $\pm 0,2^\circ$ .

«Луч-5Б» создан по модульному принципу и состоит из модуля служебных систем

(МСС, или платформа «Экспресс-1000АМ») и модуля целевой аппаратуры (МЦА). Конструкция обоих модулей и новые технические решения, использовавшиеся при их производстве, детально описаны в НК № 2, 2012, с. 23-24.

Появление буквы М в названии платформы «Экспресс-1000АМ» не случайно. Первоначально «Луч-5Б» должен был лететь с «Экспрессом-МД2», причем первый предполагался бы «верхом» на втором. Но в 2010 г. Казахстан запретил использовать трассу полета РН «Протон-М», соответствующую наклонению  $48^\circ$ . Переход на разрешенную трассу на наклонение  $51^\circ$  привел к необходимости «облегчить» комбинации аппаратов. В результате «Лучу» подобрали другого попутчика – «Ямал-300К». Но теперь уже «Луч-5Б» стал несущим спутником, поэтому потребовалось переделать конструкцию модулей МСС и МЦА, усилив их центральной цилиндрической аннотридной сетчатой композитной трубой из высококомодульного углового волокна.

Масса МЦА составляет 513 кг. На нем установлена следующая полезная нагрузка:

- ◆ разворачиваемая приемопередающая остронаправленная перенацеливаемая параболическая антенна абонентского направления S-диапазона;

- ◆ разворачиваемая приемопередающая остронаправленная перенацеливаемая параболическая антенна абонентского направления Ку-диапазона;

- ◆ приемопередающая остронаправленная перенацеливаемая параболическая антенна магистрального направления Ку-диапазона;

- ◆ передающая антенна СДКМ абонентского направления L-диапазона;

- ◆ приемная антенна СДКМ магистрального направления Ку-диапазона.

КА имеет пять ретранслирующих стволов, информация о которых приведена в табл. 3.

На «Луч-5Б» планировалось установить лазерный терминал для ретрансляции высокоскоростных потоков целевой информации со спутников ДЗЗ на наземные пункты в оптическом диапазоне, который создавался в рамках опытно-конструкторской работы (ОКР) «Лань». Однако терминал на «Луч-5Б» так и не попал. Не исключено, что это было связано с трудностями при отработке системы лазерной связи на РС МКС (НК № 11, 2012, с. 13; НК № 12, 2012, с. 20).

9 ноября начался перевод «Луча-5Б» в рабочую точку  $16^\circ$  з.д. системы «Луч», и к 13 декабря спутник достиг ее и был стабилизирован. Управление аппаратом осуществляется из ЦУП-Л в городе Королёв (Московская область).

### Перспективы системы «Луч»

За прошедший год в МКСР «Луч» произошли следующие изменения (табл. 2).

«Луч-5А» проходит летно-конструкторские испытания. С декабря 2011 г. по май 2012 г. он находился в точке  $58,5^\circ$  в.д., где защищал орбитально-частотный ресурс для казахстанского спутника связи «КазСат-3» производства ИСС, запуск которого намечается в 1-м квартале 2014 г.

После этого «Луч-5А» был переведен в рабочую точку  $95^\circ$  в.д. системы «Луч», где пребывал с июня до конца ноября, также защищая орбитально-частотный ресурс. Наконец, за время подготовки этого номера НК «Луч-5А» был переведен на защиту еще одной рабочей точки МКСР «Луч» –  $167^\circ$  в.д., достигнув ее к 27 декабря 2012 г.

По словам генерального директора и генерального конструктора ОАО ИСС Н. А. Тестоедова, в точку  $95^\circ$  в.д. теперь намечается доставить «Луч-5В», который будет запущен вместе с «КазСатом-3». Таким образом, в 2014 г. все три рабочие точки системы «Луч» будут заняты спутниками «Луч-5».

«Луч-5В» будет практически «близнецом» «Луча-5А». На нем установят: две раз-

▼ Компоновочная схема полезной нагрузки КА «Луч-5Б»

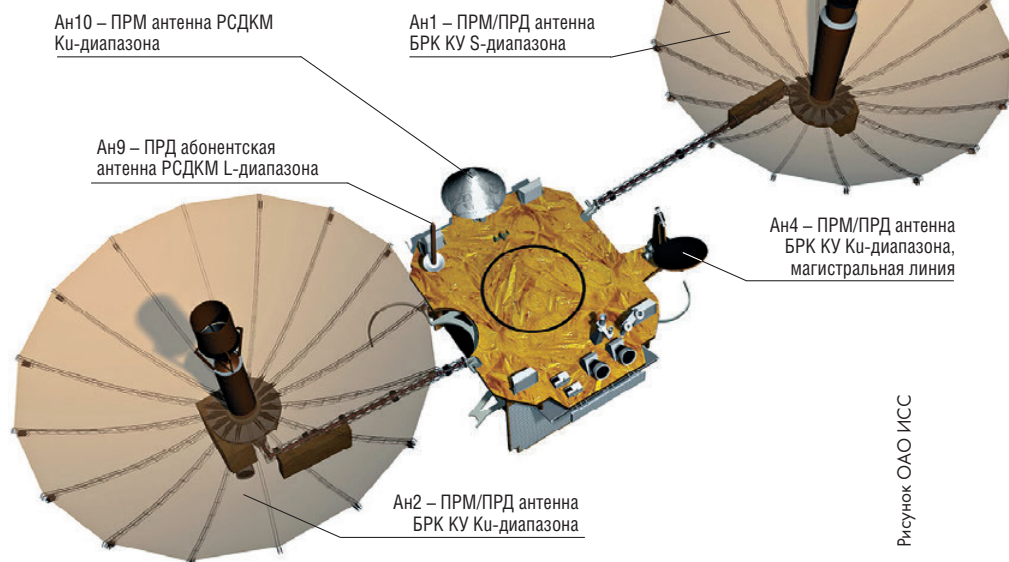


Табл. 2 Спутники-ретрансляторы «Луч-5»

Название	Дата запуска	Точка стояния	Сроки эксплуатации
Луч-5А	11.12.2011	$58,5^\circ$ в.д. $95^\circ$ в.д. $167^\circ$ в.д.	12.2011 – 05.2012 06.2012 – 11.2012 С 12.2012 по н/в
Луч-5Б	03.11.2012	$16^\circ$ з.д.	С 12.2012 по н/в
Луч-5В	2014	$95^\circ$ в.д.	Планируется

Рисунок ОАО ИСС



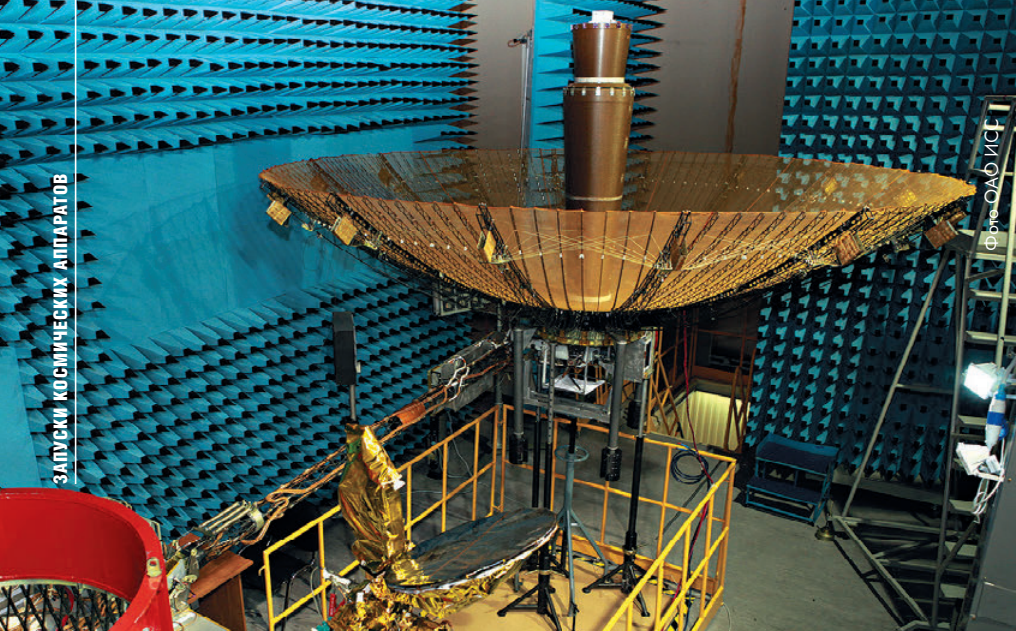


ФОТО: САОБ ИСС

▲ Трансформируемая антенна КА «Луч-5Б»

Табл. 3 Характеристики ретрансляторов спутника «Луч-5Б»

Диапазон частот, ГГц	Полоса частот, МГц	Зоны обслуживания антенн	Эквивалентная изотропно излучаемая мощность ствол, дБ·Вт	Добротность ствол, дБ/К
2.2/11	16	$\pm 0.475^\circ; \pm 1.5^\circ$	39.1	7.2
14/2	10	$\pm 1.5^\circ; \pm 0.475^\circ$	42.4	2.5
15/11	80x2	$\pm 0.192^\circ; \pm 1.5^\circ$	39.1	24.1
14/13	34	$\pm 1.5^\circ; \pm 0.192^\circ$	59.6	2.5
14/1.5	4	$\pm 8.5^\circ$	30.9	5

вертикальные приемопередающие антенны S- и Ки-диапазона; приемопередающую антенну Ки-диапазона; приемную и передающую антенны S-диапазона; приемную (P-диапазон) и передающую (L-диапазон) антенны для ретрансляции информации с платформ сбора данных системы «Планета-С» Росгидромета и сигналов с аварийных радиобуев системы КОСПАС/SARSAT; приемную (Ки-диапазон) и передающую (L-диапазон) антенны СДКМ.

Основной проблемой МКСП «Луч» остается отсутствие абонентской аппаратуры ретрансляции (ААР) на РС МКС, РН, РБ и низкоорбитальных пилотируемых и автоматических КА. Иными словами, спутники «Луч-5А»

и «Луч-5Б» запущены, но передавать через них можно пока только данные системы «Планета-С» и сигналы систем КОСПАС/SARSAT и СДКМ.

Николай Тестоедов сообщил, что отработка взаимодействия аппаратов «Луч-5» с подвижными объектами, в том числе РС МКС и низкоорбитальными КА, намечается в 2013 г. При этом на корабли «Союз» и «Прогресс» планируется устанавливать ААР низкой информативности S-диапазона единой командно-телеметрической системы «Сигнал», на РС МКС – ААР средней информативности Ки-диапазона бортовой радиотехнической системы «Поток».

В конце января 2012 г. на совещании у начальника Управления технической политики и качества Роскосмоса Михаила Хайлова отмечалось: использование ААР системы «Луч» на РН при пусках с космодромов Байконур и Плесецк нецелесообразно, так как прием телеметрической информации в реальном масштабе времени обеспечивается наземными средствами. Вместе с тем признавалось, что она необходима при пусках РН с космодрома Восточный и будет создана

▼ Завершающий этап сборки головной части: РБ «Бриз-М», «Луч-5Б» и «Ямал-300К»



ФОТО: С. КУЗЬМИНА

«Луч-4» стал «Енисеем-А1»

Первоначально в систему «Луч» планировалось ввести спутник «Луч-4», разработанный на базе тяжелой платформы «Экспресс-2000». Контракт на его создание Роскосмос и ИСС подписали в феврале 2009 г. Запуск аппарата намечался в декабре 2013 г. Однако в конце 2011 г. Роскосмос решил запустить «Луч-5Б» вместо «Луча-4».

На «Луче-4» планировалось установить антенны P, L, S, Ки и Ка-диапазона, терминал межспутниковой лазерной системы передачи информации и экспериментальный ретранслятор персональной подвижной спутниковой связи.

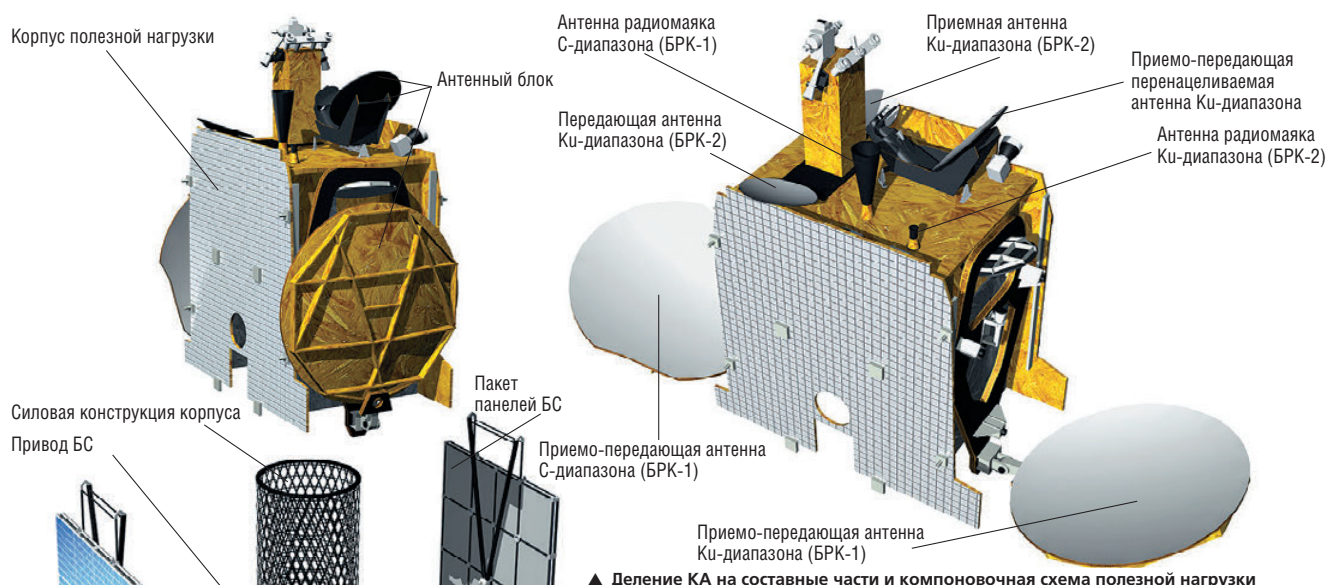
Теперь же «Луч-4», по словам Н.А. Тестоедова, трансформировался в экспериментальный аппарат «Енисей-А1». На нем будут отработаны: экспериментальная система персональной подвижной спутниковой связи; крупногабаритные трансформируемые антенны с рефлектором диаметром до 18 м; ретранслятор фиксированной спутниковой связи, в том числе контурные и многолучевые антенны.

«Енисей-А1» планируется вывести ракетой «Протон-М» с РБ «Бриз-М» (или ДМ-03) после 2015 г. на геостационарную орбиту в точку 95° в.д.



▲ Зона обслуживания КА «Луч-5Б»





▲ Деление КА на составные части и компоновочная схема полезной нагрузки

с использованием научно-технических заделов по ААР «Сигнал», «Поток» и БРМ-SK.

Что касается разгонных блоков, то к 2014 г. предприятие «Российские космические системы» должно создать опытный образец ААР БРМ-SK для ретрансляции телеметрии с разрабатываемого Центром Хруничева кислородно-водородного РБ тяжелого класса (КВТК). На совещании было предложено оценить возможность его применения на имеющихся РБ.

На нем также решили провести в рамках ОКР «Луч-Абонент» разработку унифицированной ААР системы «Луч» для передачи в S-диапазоне телеметрии с РН и РБ на наземные пункты. Эта аппаратура будет создаваться в двух модификациях (низко- и высокоскоростная) и использоваться на РН типа «Союз-2» и «Ангара» и РБ типа ДМ, «Фрегат», КВТК и «Волга». Низкоскоростную ААР предлагается облетать на «Фрегате».

**«Ямал-300К»: многорадиодный «связник»**

Телекоммуникационный аппарат «Ямал-300К» спроектирован и произведен ИСС в кооперации с российскими и зарубежными предприятиями по заказу российского оператора спутниковой связи ОАО «Газпром космические системы» (ГКС) в рамках ФКП на 2006–2015 гг.

Табл. 4 Характеристики ретрансляторов спутника «Ямал-300К»

Диапазон	Количество транспондеров	Эквивалентная изотропно излучаемая мощность в пике луча, дБ-Вт	Добротность в пике луча, дБ/К
С-диапазон («Российский луч»; области А и В)	8	47.0; 45.0	+2.5; -0.2
Ки-диапазон («Северный луч 1»; области А, В, С1 и С2)	6	51.0; 46.0; 43.0; 43.0	+4.0; +0.5; -3.0; -3.0
Ки-диапазон («Северный луч 2»)	9	48.5	+1.5
Ки-диапазон (переадресуемый луч)	3	51.0	+4

Он предназначен для предоставления услуг фиксированной связи, телевидения и высокоскоростного доступа в Интернет на территориях России, стран СНГ, Европы и Ближнего Востока. Аппарат позволит создавать сети VSAT, организовывать спутниковый широкополосный доступ и магистральные

линии связи, обеспечивать общероссийское и региональное телевидение распределительного типа и непосредственного приема.

История появления «Ямала-300К» была очень сложной и богатой на события. Ее началом можно считать подписание соглашения 18 августа 2005 г. на международном авиационно-космическом салоне МАКС-2005 в Жуковском между РКК «Энергия» и компанией «Газком» (ныне – ГКС) о создании двух спутников связи «Ямал-300». По ряду причин в 2008 г. контракт между «Газкомом» и «Энергией» был расторгнут.

Но оператору позарез нужны были спутники! И на помощь пришло ИСС, которое предложило разместить полезные нагрузки двух «Ямалов-300» на одном аппарате. Так и родился «Ямал-300К». Контракт на его постройку между ИСС и ГКС вступил в силу 17 июля 2009 г.

«Ямал-300К» создан на базе негерметичной платформы «Экспресс-1000НТА». Его масса при старте – 1870 кг, срок службы – 14.5 лет, мощность, выделяемая на полезную нагрузку, – 5.6 кВт. Точность удержания КА в рабочей точке по наклонению и долготе – 0.05°, точность ориентации его осей – 0.1°.

Конструктивно спутник делится на модуль служебных систем (МСС, или платформа «Экспресс-1000НТА») и модуль полезной нагрузки.

В разработке и изготовлении конструкции и систем МСС участвовали те же самые предприятия, что и в создании КА Amos-5 и Telkom-3. Их список и особенности платформы даны в НК № 2, 2012, с. 25.

А вот с МПН связана одна интересная особенность. Дело в том, что ГКС выступает в проекте «Ямал-300К» в роли не только заказчика,

но и разработчика и поставщика бортовых ретрансляционных комплексов БРК-1 и БРК-2 и бортовой аппаратуры служебного канала управления. Поэтому 4 августа 2009 г. данное оборудование, которое до этого находилось в «Энергии», было доставлено в ИСС для адаптации к новой платформе.

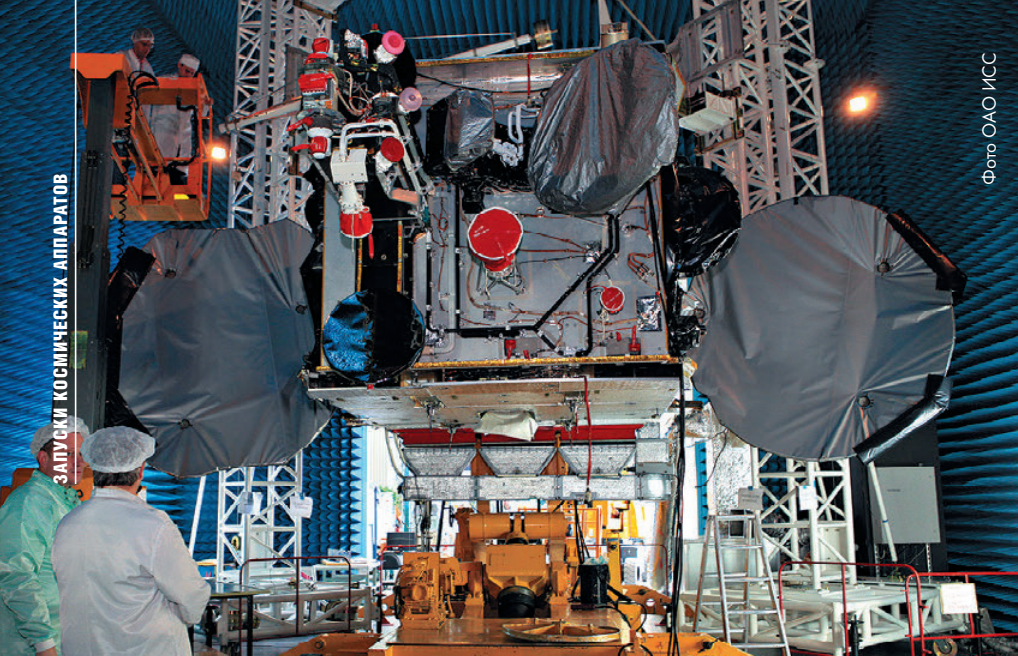
В состав БРК-1 входят:

- ◆ приемопередающая раскрываемая двухзеркальная антенна С-диапазона (в форме эллипса размером 2200×2000 мм) с фиксированным контурным лучом («Российский луч»), охватывающим всю видимую территорию России и прилегающих стран;
- ◆ приемопередающая раскрываемая антенна Ки-диапазона (эллипс 2200×2000 мм), имеющая фиксированный луч («Северный луч 1») с контурной диаграммой направленности, покрывающий всю видимую территорию России и прилегающих стран;
- ◆ глобальная антенна радиомаяка С-диапазона.

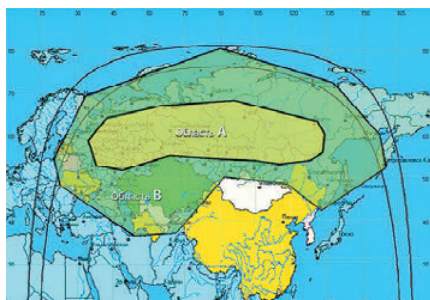


Фото ОАО ИСС





▲ Высокочастотные испытания спутника «Ямал-300К»



▲ Зона обслуживания БРК-1 в С-диапазоне



▲ Зона обслуживания БРК-1 в Ку-диапазоне (Северный луч 1)



▲ Зона обслуживания БРК-2 (Северный луч 2)

В состав БРК-2 входят:

- ❖ передающая антенна Ку-диапазона с фиксированным эллиптическим лучом («Северный луч-2»), охватывающим Европейскую часть России;
- ❖ приемная антенна Ку-диапазона;
- ❖ приемопередающая грегорианская перенацеливаемая антенна Ку-диапазона (диаметр 820/320 мм);
- ❖ глобальная антенна радиомаяка Ку-диапазона.

Антенны изготовлены канадской компанией MacDonald, Dettwiler and Associates, электронные приборы и компоненты БРК –

немецкой Tesat-Spacocom и японской NEC Toshiba Space Systems.

В итоге полезная нагрузка спутника содержит восемь транспондеров С-диапазона и 18 транспондеров Ку-диапазона (табл. 4). Полоса пропускания каждого транспондера – 72 МГц. Выходная мощность каждого передатчика: 110 Вт (С-диапазон), 150 Вт (Ку-диапазон).

Как сообщил генеральный директор ГКС Дмитрий Севастьянов, 10% спутниковой емкости «Ямал-300К» предоставят компании «Газпром», остальное будет сдаваться в аренду.

К 30 ноября «Ямал-300К» добрался до рабочей точки 90° в.д. Его летные испытания рассчитаны на 35 дней. Спутник управляется из ЦУПа ГКС, построенного в 2009–2010 гг. в городе Щёлково (Московская область). Резервный пункт управления находится в поселке Долгое Ледово.

ГКС застраховал запуск «Ямал-300К» и его орбитальную эксплуатацию в течение года.

▼ «Ямал-300К» на космодроме Байконур



Фото С. Кузьмина

## Будущее группировки ГКС

По состоянию на 30 ноября орбитальная группировка компании «Газпром космические системы» состояла из четырех аппаратов: «Ямал-201» и «Ямал-202» (их срок службы истекает в 2015 г.), «Ямал-300К» и Astra 1F (табл. 5).

В августе 2010 г. после выработки технического ресурса спутник «Ямал-102» был выведен из группировки.

В августе 2011 г. аппарат Astra 1F был арендован у глобального спутникового оператора SES на период до ввода в эксплуатацию «Ямала-402». Его ввели из точки 19.2° в.д. в 55° в.д. для обслуживания Европейской части России и Западной Сибири.

По словам генерального конструктора ГКС Николая Севастьянова, в ближайший год компания намечает запуск двух спутников: «Ямал-402» – 8 декабря 2012 г., «Ямал-401» – в августе 2013 г. Последний в будущем заменит «Ямал-201».

Николай Николаевич отметил, что в начале 2013 г. ГКС планирует объявить конкурс на создание аппарата «Ямал-601», который заменит «Ямал-202». На нем помимо «традиционных» транспондеров, возможно, установят полезную нагрузку Ка-диапазона.

По материалам Роскосмоса, ИСС, ГКНЦ имени М. В. Хруничева, ГКС и РКК «Энергия»

Табл. 5 Телекоммуникационные спутники компании ГКС

КА	Дата запуска	Ракета-носитель	Точка стояния	Полезная нагрузка	Примечание
Ямал-101 Ямал-102	06.09.1999	Протон-К	49° в.д. 90° в.д.	10 С (1) 10 С (1)	Отказал после запуска Выведен из эксплуатации 09.08.2010
Ямал-201 Ямал-202	24.11.2003	Протон-К	90° в.д. 49° в.д.	9 С, 6 Ку (2) 18 С (2)	
Astra-1F	09.04.1996	Протон-К	55° в.д.	16 Ку (4)	Арендован у SES с августа 2011 г. до ввода в эксплуатацию «Ямала-402»
Ямал-300К	03.11.2012	Протон-М	90° в.д.	8 С, 18 Ку (2)	Проходит летные испытания, после запуска «Ямала-401» планируется перевод в точку 163.5° в.д.
Ямал-402	08.12.2012	Протон-М	55° в.д.	12 Ку (2); 18 Ку (1); 16 Ку (3)	
Ямал-401	Август 2013 г.	Протон-М	90° в.д.	17 С, 18 Ку (2); 18 Ку (1)	
Ямал-601	После 2015 г.		49° в.д.		

Полоса пропускания транспондера: (1) – 36 МГц; (2) – 72 МГц; (3) – 54 МГц; (4) – 26 МГц