НОВОСТИ КОСМОНАВТИКИ

№ 02 (397) 2016

Журнал для профессионалов и не только

ISSN 1561-1078

НОВОСТИ КОСМОНАВТИКИ

Журнал основан в 1991 г.
компанией «Видеокосмос».
Издается Информационно-
издательским домом
«Новости космонавтики»

Информационный партнер:
журнал «Космические исследования»
太空探索, КНР

Редакционный совет:

А. В. Головко –
заместитель главнокомандующего ВКС –
командующий Космическими войсками,
В. А. Джанибеков –
президент АМКОС, летчик-космонавт,
Н. С. Кирдода –
вице-президент АМКОС,
В. В. Ковалёнок –
президент ФКР, летчик-космонавт,
И. А. Комаров –
генеральный директор ГК «Роскосмос»,
И. А. Маринин –
главный редактор «Новостей космонавтики»,
В. Б. Непоклонов –
проректор МИИГАиК по научной работе,
Р. Пишель –
глава представительства ЕКА в России,
Б. Б. Ренский –
директор «R&K»,
В. А. Шабалин –
генеральный директор
ООО «Страховой центр «СПУТНИК»

Редакционная коллегия:

Главный редактор: Игорь Маринин
Обозреватель: Игорь Лисов
Редакторы: Игорь Афанасьев,
Александр Ильин, Андрей Красильников,
Сергей Шамсутдинов
Редактор ленты новостей:
Александр Железняков
Специальный корреспондент:
Екатерина Землякова
Дизайн и верстка:
Олег Шинькович, Татьяна Рыбасова
Литературный редактор: Алла Синицына
Распространение:
Валерия Давыдова

Подписка на *НК*:
по каталогу «Роспечать» – 79189
по каталогу «Почта России» – 12496
по каталогу «Книга-Сервис» – 18496
через агентство «Урал-Пресс» (495) 961-23-62

Юридический адрес редакции:
119049, Москва, ул. Б. Якиманка, д. 40, стр.7
Телефон: +7 (926) 997-31-39
E-mail: nk@novosti-kosmonavtiki.ru
Web: www.novosti-kosmonavtiki.ru

Тираж 8500 экз. Цена свободная
Отпечатано в ООО «МЕДИАКОЛОР»
Подписано в печать 02.02.2016
Журнал издается с августа 1991 г.
Зарегистрирован в Государственном комитете
РФ по печати № 0110293

© Перепечатка материалов только
с разрешения редакции. Ссылка на *НК* при
перепечатке или использовании материалов
собственных корреспондентов обязательна

Ответственность за достоверность
опубликованных сведений, а также за
сохранение государственной и других тайн
несут авторы материалов. Точка зрения
редакции не всегда совпадает с мнением
авторов.

№ 02 (397)
2016

Информационный период
1–31 декабря 2015 г.

ТОМ 26

В номере:

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ

1 — *Красильников А.* Мороз, ветер и темень, или Приземление «Антаресов»
3 — *Красильников А.* Итоги полета 45-й основной экспедиции на МКС
4 — *Красильников А.* «Союз ТМА-19М»: Юрий и два Тимоти
5 — *Шамсутдинов С.* Биографии членов экипажа ТК «Союз ТМА-19М»
6 — *Красильников А.* Юрий Маленченко: «В космосе ощущается нехватка земного общения»
8 — *Красильников А.* Стыковка с третьей попытки
11 — *Красильников А., Хохлов А.* Полет экипажа МКС-45/46. Декабрь 2015 года
17 — *Хохлов А., Красильников А.* EVA-34, или Работа над ошибками
18 — *Чёрный И.* «Лебедь» возвращается в космос
23 — *Красильников А.* Первый «Прогресс МС»

ПИЛОТИРУЕМАЯ ТЕХНИКА

26 — *Чёрный И.* Европейский отсек для американского корабля

ЗАПУСКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

28 — *Афанасьев И.* На подступах к гравитационным волнам
34 — *Павельцев П.* Плесецкая фантасмагория
39 — *Лисов И.* Заранее обещано: «Чжунсин-1С»
40 — *Краснянский А.* «Электро-Л» №2: наш новый метеоролог
46 — *Павельцев П.* «Космос-2513» – пополнение в позиции 80° восточной долготы
48 — *Бешис Д.* Индия и Сингапур: два юбилея и шесть спутников над экватором
51 — *Авдошкин В.* Районы падения – под контролем
52 — *Лисов И.* Первая космическая обсерватория Китая
56 — *Афанасьев И.* Четвертая пара спутников Galileo на орбите
58 — *Чёрный И.* Успешная посадка и одиннадцать спутников на орбите. Первая миссия Falcon 9 FT
67 — *Мохов В.* Первый АМУ В полете – новый спутник ГПКС
69 — *Лисов И.* Геостационарное око Китая

СРЕДСТВА ВЫВЕДЕНИЯ

74 — *Афанасьев И.* «Девочка плачет, а шарик летит...» ULA заказал дополнительные двигатели РД-180
76 — *Афанасьев И.* «Первый носитель», новые «Ньютоны» и «Космическая девушка»

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ СТАНЦИИ

78 — *Афанасьев И.* ExoMars готов
80 — *Афанасьев И.* Миссия спасена. «Рассвет» на орбите вокруг Венеры

На обложке: Старт ракеты-носителя «Союз-2.1В» с космодрома Плесецк 5 декабря 2015 г. *Фото А. Моргунова*

А. Красильников.
«Новости космонавтики»
Фото А. Шелепина, ЦПК

Мороз, ветер и темень, или Приземление «Антаресов»

11 декабря спускаемый аппарат пилотируемого корабля «Союз ТМА-17М» совершил благополучную посадку в центральной части Казахстана. В нем на родную Землю возвратились «Антаресы» – россиянин Олег Кононенко, японец Кимия Юи и американец Челл Линдгрен.

Первоначально посадка намечалась на 22 декабря в светлое время суток. Однако в октябре запуск грузового корабля «Прогресс МС» был отложен с 21 ноября на 21 декабря (*НК* № 12, 2015, с. 10). Чтобы данные события не накладывались друг на друга, приземление перенесли на 11 декабря. При этом район посадки сменился с № 6 (145 км юго-восточнее города Джезказган) на № 7 (135 км северо-восточнее Джезказгана). Кроме того, изменение даты привело к сдвигу времени приземления в темную часть суток.

NASA даже подсчитало, что это шестая ночная посадка «Союзов» в рамках программы МКС. Подсчитали и мы. Но прежде чем считать, мы определили границы «ночи» – это промежуток времени от захода до восхода Солнца. Так вот, следуя данному критерию, «ночных» посадок «Союзов» в программе МКС было десять: «Союз ТМ-34», «Союз ТМА-4», -5, -6, -7, -8, «Союз ТМА-02М», -05М, -16М, -17М. А до программы МКС их было еще тринадцать: «Союз-10», -15, -21, -23, -28, -33, -38, «Союз Т-5», -7, -9, «Союз ТМ-5», -28, -29. Таким образом, это было 23-е приземление пилотируемых «Союзов» в темное время суток.

Но вернемся к «Союзу ТМА-17М». 11 декабря в 09:32 ДМВ (06:32 UTC) были закрыты переходные люки между кораблем и Малым исследовательским модулем «Рассвет». На станции остались «Эриданы»: россияне Сергей Волков и Михаил Корниенко и американец Скотт Келли.

В 12:49:35 ДМВ «Союз ТМА-17М» массой 6805 кг отстыковался от МКС. Орбитальный комплекс массой 410 851 кг продолжил полет по орбите наклонением 51.66°, высотой 403.72×415.47 км и периодом обращения 92.57 мин.

– Михаил, Сергей, Скотт, как слышите? – спросил Олег Кононенко «Эриданов» после отчаливания корабля от станции. – Счастливо, хорошего настроения. Ждем вас в марте. Не скучайте без нас. Спасибо за совместно проведенное время. Мы тоже будем ждать вас. (Обращаясь к подмосковному ЦУП) Стыковочный агрегат чист. Резинки хорошо наблюдаю. Все нормально. [На дисплее пульта космонавта горит транспарант] «Режим ССВП выполнен». Секундомер пустили.

При посадке «Союза ТМА-17М» впервые в штатном режиме отработал новый цифровой корректор гамма-лучевого высотомера «Кактус-2В» производства питерского ЦНИИ робототехники и технической кибернетики (*НК* № 11, 2015, с. 17). Знаменательно, что этот корабль возвратил с МКС небольшой флаг ЦНИИ РТК со станционными почтовыми штемпелями.

1

– Да, – подтвердил Кимия Юи.

– [Транспарант] «БВС (бортовая вычислительная система. – *А.К.*) готов» есть.

– Есть. Всё, двигатели выбраны.

– Выбраны [двигатели причаливания и ориентации] ДПО-Б, -М1, -М2, -Б1, -Б2… Вот он, [грузовой корабль] Cygnus [на картинке с телекамеры], круто!

– Да-да, красивый.

– Большой… Перешли на 97-ю страницу [бортовой документации]. Две минуты от расстыковки [по секундомеру]. «БВС готов» есть. Три минуты, есть включение ДПО. Есть 8 сек, [транспарант] «Работа ДПО» погас. Переходим на страницу 98.

Отметим, что в поисково-спасательном обеспечении посадки «Союза ТМА-17М» были задействованы 14 вертолетов Ми-8, три самолета (два Ан-12 и один Ан-26), шесть поисково-эвакуационных машин и 16 единиц вспомогательной техники. Авиация была сосредоточена в Джезказгане, Караганде, Байконуре и Ясном.

За несколько часов до посадки к сложностям темного времени суток добавились капризы погоды: низкая температура, сильный ветер и низкая облачность. В связи с этим количество вертолетов, вылетающих к месту приземления, было снижено с двенадцати до четырех. Было решено также не развертывать в районе посадки оранжевую медицинскую палатку для осмотра и переодевания космонавтов.

В 15:19:19 включился сближающе-корректирующий двигатель «Союза ТМА-17М». Он проработал 280.2 сек и выдал тормозной импульс величиной 128 м/с, достаточный для сведения корабля с орбиты.

«Спуск был совершенно штатный. У нас не было практически никаких замечаний, – скажет позже руководитель полета российского сегмента МКС Владимир Соловьёв. – Единственное – нас не радовала погода. Беспокоила. Метеослужба нас предупреждала об этом уже два дня назад. Но были тенденции к улучшению погоды – и мы приняли решение посадку все-таки проводить».

В 16:12:30.4 ДМВ (13:12:30 UTC) спускаемый аппарат корабля приземлился в 132 км северо-восточнее Джезказгана в точке с координатами 48°27′31.74″ с. ш., 69°11′06.12″ в. д. Это было в 5.7 км юго-восточнее плановой точки посадки (48°29′ с. ш., 69°07′ в. д.), уточненной после расстыковки «Союза ТМА-17М».

Длительность полета «Антаресов» составила 141 сут 16 час 09 мин 46 сек. Для Кимия и Челла это был первый космический полет в карьере, для Олега – третий (суммарный налет: 533 сут 03 час 28 мин 25 сек).

Прибывшие на вертолетах и машинах спасатели открыли люк спускаемого аппарата, лежавшего на боку, и вытащили Кононенко. Его усадили в кресло, накрыли одеялами, измерили пульс и артериальное давление, дали поговорить с семьей по спутниковому телефону и быстро унесли в теплую поисково-эвакуационную машину. Затем то же самое опять-таки по очереди проделали с Юи и Линдгреном. Потом машины доставили космонавтов к вертолетам.

Изначально планировалось, что Ми-8 отвезут членов экипажа в Караганду, но из-за неблагоприятных погодных условий их отправили в Джезказган. Там пути космонавтов разошлись: Олег полетел на подмосковный аэродром Чкаловский для прохождения послеполетной реабилитации в ЦПК, Кимия и Челл с остановками для дозаправки – в Хюстон (штат Техас) для восстановления в Космическом центре имени Джонсона. В феврале 2016 г. Кимия вернется в Японию.

На пресс-конференции в ЦУП-М после посадки «Союза ТМА-17М» руководитель полета Владимир Соловьёв рассказал, что в 2016 г. по российской программе намечается выполнить три выхода в открытый космос с борта МКС. Первый состоится 3–5 февраля.

«Летом у нас планируются два выхода в преддверии [прилета российского Многоцелевого лабораторного] модуля «Наука», – добавил Владимир Алексеевич. – Этот модуль связывается достаточно большим числом интерфейсов с «базовой станцией». И было принято совместное с партнерами решение, что мы эти интерфейсы будем вести в основном по внешней поверхности. А это предполагает определенный набор выходов».

В ходе 11-й международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», прошедшей в ноябре в ЦПК, были представлены результаты первой (пилотной) части эксперимента «Полевой тест» (Field test; *НК* №11, 2013, с.5), в котором приняли участие десять российских космонавтов и американских астронавтов.

У всех испытуемых в первые часы и сутки после приземления выявлены: существенное снижение функциональной работоспособности и ортостатической устойчивости; глубокие нарушения позы, локомоций и координации точностных движений; изменение поперечной жесткости мышц спины. При этом в последующие две недели наблюдалось постепенное восстановление регистрируемых изменений, однако точность выполнения усложненных локомоторных задач оставалась низкой даже на 12-е сутки после посадки.

Итоги полета 45-й основной экспедиции на МКС

Основные события и участники

45-я экспедиция на МКС началась **5 сентября 2015 г.** после смены командования станцией. Командиром МКС стал астронавт NASA **Скотт Джозеф Келли**, бортинженером-1 – космонавт Роскосмоса **Сергей Александрович Волков**, бортинженером-2 – космонавт Роскосмоса **Михаил Борисович Корниенко**, бортинженером-4 – космонавт Роскосмоса **Олег Дмитриевич Кононенко**, бортинженером-5 – астронавт JAXA **Кимия Юи**, бортинженером-6 – астронавт NASA **Челл Норвуд Линдгрен**, бортинженером-7 – космонавт Роскосмоса **Геннадий Иванович Падалка**, бортинженером-1 экспедиции посещения ЭП-18 – астронавт ЕКА датчанин **Андреас Эневолль Могенсен**, бортинженером-2 ЭП-18 – космонавт Казахстана Айдын Аканович Аимбетов.

11 сентября пилотируемый корабль «Союз ТМА-16М» отчалил от станции и возвратился на Землю с экипажем в составе: командир корабля – Геннадий Падалка, бортинженер-1 – Андреас Могенсен и бортинженер-2 – Айдын Аимбетов.

17 сентября при помощи японского дистанционного манипулятора JEM RMS были запущены спутники S-CUBE и SERPENS.

28 сентября японский грузовой корабль HTV-5 был отсоединен от нижнего узла модуля Harmony и с задержкой на виток отделился от манипулятора SSRMS. 29 сентября HTV-5 свели с орбиты.

1 октября на МКС прибыл грузовой корабль «Прогресс М-29М». В период с 5 по 7 октября с использованием манипулятора JEM RMS были запущены 12 аппаратов Flock 2B, а также спутники GOMX 3 и AAUSAT 5. При этом вследствие неисправности пускового контейнера не удалось запустить два аппарата Flock 2B.

28 октября Скотт Келли и Челл Линдгрен выполнили выход в открытый космос длительностью 7 час 16 мин. Они установили теплозащитное одеяло на магнитном спектрометре AMS-02 на секции S3 американской поперечной фермы, смазали механизмы концевого захвата-эффектора на плече В манипулятора SSRMS и проложили кабель передачи данных стыковочного адаптера IDA-3 и кабель питания гермоадаптера PMA-3 по модулям Unity, Destiny и Harmony.

6 ноября Линдгрен и Келли совершили выход продолжительностью 7 час 48 мин, во время которого переконфигурировали систему терморегулирования фотоэлектрического модуля PVTCS канала 2B на секции P6.

9 декабря астронавты поймали грузовой корабль Cygnus манипулятором SSRMS и присоединили к нижнему узлу модуля Unity.

Во время 45-й экспедиции были осуществлены три коррекции орбиты МКС (в том числе одна – для уклонения МКС от космического мусора). Экипаж выполнил эксперименты по российской, американской, европейской, канадской, японской и казахстанской научным программам.

11 декабря «Союз ТМА-17М» покинул станцию и приземлился с экипажем в составе: командир корабля Олег Кононенко, бортинженер-1 Кимия Юи и бортинженер-2 Челл Линдгрен. Длительность полета космонавтов составила **141 сут 16 час 09 мин 46 сек.**

На МКС остался экипаж 46-й экспедиции в составе: командир станции – Скотт Келли, бортинженер-1 – Сергей Волков и бортинженер-2 – Михаил Корниенко.

Итоги подвел А. Красильников

Основные динамические операции

Дата и время, UTC	Корабль	Событие
11.09.2015, 21:29:10	ТК «Союз ТМА-16М» (11Ф732А47 №716)	Расстыковка от АО СМ «Звезда»
12.09.2015, 00:51:30.1	ТК «Союз ТМА-16М»	Посадка в 153 км юго-восточнее Джезказгана (Казахстан): 47°21'47.64" с.ш., 69°38'37.62" в.д.
14.09.2015, 01:12:00	СМ «Звезда» (17КСМ №12801)	Коррекция орбиты МКС
27.09.2015, 09:06:00	ТКГ «Прогресс М-28М» (11Ф615А60 №428)	Коррекция орбиты МКС (уклонение)
28.09.2015, 16:53	ТКГ HTV-5 «Коунотори-5»	Отделение от манипулятора SSRMS
29.09.2015, 20:08	ТКГ HTV-5	Сведение с орбиты
01.10.2015, 16:49:40.648	ТКГ «Прогресс М-29М» (11Ф615А60 №429)	Запуск с Байконура (Казахстан), площадка №1, ПУ №5
01.10.2015, 22:52:19	ТКГ «Прогресс М-29М»	Стыковка к АО СМ «Звезда» в автоматическом режиме
25.11.2015, 19:31:00	ТКГ «Прогресс М-29М»	Коррекция орбиты МКС
06.12.2015, 21:44:57	ТКГ Cygnus (полет OA-4)	Запуск из CCAFS (США), СК SLC-41
09.12.2015, 11:19	ТКГ Cygnus	Захват манипулятором SSRMS
11.12.2015, 09:49:35	ТК «Союз ТМА-17М» (11Ф732А47 №717)	Отстыковка от МИМ-1 «Рассвет»
11.12.2015, 13:12:30.4	ТК «Союз ТМА-17М»	Посадка в 132 км северо-восточнее Джезказгана (Казахстан): 48°27'31.74" с.ш., 69°11'06.12" в.д.

«Союз ТМА-19М»: Юрий и два Тимоти

А. Красильников.
«Новости космонавтики»

15 декабря в 14:03:09.328 ДМВ (11:03:09 UTC) с 5-й пусковой установки 1-й площадки космодрома Байконур стартовые расчеты предприятий ракетно-космической промышленности России произвели пуск ракеты-носителя «Союз-ФГ» (11А511У-ФГ №Г15000-055) с пилотируемым космическим кораблем «Союз ТМА-19М» (11Ф732А47 №719).

В составе экипажа: командир корабля и бортинженер-4 экспедиций МКС-46/47 – инструктор-космонавт-испытатель 1-го класса Роскосмоса Юрий Иванович Маленченко; бортинженер-1 корабля, бортинженер-5 МКС-46 и командир МКС-47 – астронавт NASA Тимоти Леннарт Копра; бортинженер-2 корабля и бортинженер-6 МКС-46/47 – астронавт ЕКА, подданный Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии Тимоти Нейджел Пик. Позывной экипажа – «Агаты».

Корабль отделился от третьей ступени РН «Союз-ФГ» в 14:11:57.678 и оказался на орбите с параметрами (по данным службы баллистико-навигационного обеспечения подмосковного ЦУП; в скобках – расчетные значения):

- *наклонение – 51.64° (51.67±0.06);*
- *минимальная высота – 200.75 км (200+7/-22);*
- *максимальная высота – 252.96 км (242±42);*
- *период обращения – 88.74 мин (88.64±0.37).*

В каталоге Стратегического командования США «Союзу ТМА-19М» присвоили номер **41124** и международное обозначение **2015-076A.** Его полет получил обозначение 45S в графике сборки и эксплуатации МКС.

Стартовая масса корабля равнялась 7220 кг, из них 2885.4 кг – спускаемый аппарат, 1346.2 кг – бытовой отсек, 880 кг – топливо в баках комбинированной двигательной установки, 190 кг – грузы.

Это был 1452-й орбитальный пуск ракеты-носителя с Байконура, 54-й полет «Союза-ФГ», 500-й пуск со стартового комплекса 17П32-5 (включая 37 суборбитальных) и 170-й запуск по программе МКС.

Юрий Маленченко стал вторым россиянином после Сергея Крикалёва, отправившимся в шестой космический полет. Среди иностранцев по шесть полетов в космос совершили Джон Янг, Стори Масгрейв, Кёртис Браун, Джеймс Уэзерби и Майкл Фоул, а Джерри Росс и Фрэнклин Чанг-Диас – вообще по семь полетов.

Поскольку возвращение Маленченко на Землю планируется на 5 июня 2016 г., то его суммарный налет составит 814 дней – и он займет второе место по длительности после Геннадия Падалки (878 суток).

Для поисково-спасательного обеспечения старта «Союза ТМА-19М» задействовались силы и средства Росавиации и Министерства обороны РФ: самолеты Ан-12, Ан-26 и Ан-2, вертолеты Ми-8 и спасательное судно «Георгий Козьмин» Тихоокеанского флота.

Запуск корабля и его полет к МКС был застрахован на общую сумму 2.46 млрд руб в компаниях «Ингосстрах» и СОГАЗ.

Фото С. Сергеева

Биографии членов экипажа ТК «Союз ТМА-19М»

Командир ТК
Бортинженер-4 МКС-46/47
Юрий Иванович Маленченко
308-й космонавт мира
78-й космонавт России

Родился 22 декабря 1961 г. в Светловодске Кировоградской области, Украина. В 1983 г. с отличием окончил Харьковское ВВАУЛ имени С. И. Грицевца, а в 1993 г. – ВВИА имени Н. Е. Жуковского (заочно). В 1983–1987 гг. служил летчиком, старшим летчиком, командиром авиазвена 684-го гвардейского истребительного авиаполка 119-й авиадивизии ВВС Одесского ВО, г. Тирасполь Молдавской ССР.

6 октября 1987 г. Юрия Маленченко зачислили в отряд космонавтов ЦПК ВВС. В период 1987–1989 гг. он прошел курс ОКП, и 21 июля 1989 г. ему была присвоена квалификация космонавта-испытателя.

Свой первый космический полет Юрий Иванович совершил с 1 июля по 4 ноября 1994 г. в качестве командира ТК «Союз ТМ-19» и ОК «Мир» по программе ЭО-16. Второй – 8–20 сентября 2000 г. специалистом полета экипажа «Атлантиса» (STS-106) по программе сборки МКС. Третий полет – с 26 апреля по 28 октября 2003 г. командиром ТК «Союз ТМА-2» и МКС по программе 7-й основной экспедиции. Четвертый – с 10 октября 2007 г. по 19 апреля 2008 г. командиром ТК «Союз ТМА-11» и бортинженером МКС-16.

27 июля 2009 г. приказом министра обороны РФ полковник Ю. И. Маленченко был уволен из Вооруженных сил в запас и покинул отряд космонавтов, однако 9 февраля 2010 г. он вернулся в отряд на должность инструктора-космонавта-испытателя ФГБУ НИИ ЦПК.

Пятый космический полет Маленченко выполнил с 15 июля по 19 ноября 2012 г. командиром ТК «Союз ТМА-05М» и бортинженером экипажа МКС-32/33. В настоящее время он выполняет шестой космический полет.

Летчик-космонавт РФ Ю. И. Маленченко с октября 2014 г. является инструктором-космонавтом-испытателем 1-го класса – начальником 1-го управления ЦПК. Он награжден медалью «Золотая Звезда» Героя Российской Федерации, медалью Народного Героя Республики Казахстан, орденами «За военные заслуги», «За заслуги перед Отечеством» IV и III степени, медалями «За отличие в военной службе» III, II и I степени, медалью «За воинскую доблесть» I степени, а также медалями NASA.

Юрий Иванович женат на Екатерине Дмитриевой (гражданка США русского происхождения). Церемония бракосочетания состоялась 10 августа 2003 г., когда Юрий находился на орбите, а Екатерина – в ЦУПе в Хьюстоне. В 2006 г. у них родилась дочь Камилла. От первого брака у Юрия Маленченко есть сын Дмитрий (1984 г.р.).

Бортинженер-1 ТК
Бортинженер-5 МКС-46
Командир МКС-47
Тимоти Копра
499-й астронавт мира
321-й астронавт США

Родился 9 апреля 1963 г. в г. Остин в Техасе в семье с финскими корнями. В 1985 г. Копра окончил Военную академию США в Вест-Пойнте со степенью бакалавра наук. В 1995 г. в Технологическом институте Джорджии он получил степень магистра по аэрокосмической технике, а в 2006 г. в Командно-штабном колледже Армии США – магистра по стратегическим исследованиям.

В 1985 г. Копра поступил на службу в Армию США и в августе 1986 г. стал армейским летчиком. После этого в течение трех лет он служил на базе Форт-Кэмпбелл в Кентукки, являясь командиром взвода, старшим помощником командира части, заместителем командира эскадрильи 101-й воздушно-десантной дивизии. В 1990 г. был переведен в 3-ю бронетанковую дивизию в Ханау в Германии. Участвовал в операциях «Щит пустыни» и «Буря в пустыне» в Ираке. Службу в Германии завершил в должности командира группы ударных вертолетов.

Вернувшись на родину и закончив образование, Копра в 1995 г. поступил в Школу летчиков-испытателей ВМС США. После окончания Школы он был направлен в Авиационно-технический испытательный центр Армии США и служил там летчиком-испытателем. Принимал участие в испытаниях вертолета Comanche.

В сентябре 1998 г. Тимоти Копра был откомандирован в Центр Джонсона в качестве инженера-испытателя. Он занимался тестированием программного обеспечения для МКС и участвовал в операциях по обслуживанию шаттлов.

26 июля 2000 г. майор Копра был отобран в отряд астронавтов NASA (18-й набор). Пройдя курс ОКП, получил квалификацию специалиста полета шаттла. Свой первый космический полет Копра совершил с 16 июля по 12 сентября 2009 г. в качестве бортинженера экипажа МКС-20 (старт – STS-127, посадка – STS-128).

Награжден несколькими медалями Армии и Минобороны США. Является членом Общества экспериментальных летчиков-испытателей, Ассоциации армейской авиации, Американского вертолетного общества и других организаций.

Тимоти Копра женат на Дон Леман, в семье двое детей – Мэттью и Жаклин.

Бортинженер-2 ТК
Бортинженер-6 МКС-46/47
Тимоти Пик
543-й астронавт мира
2-й астронавт Великобритании

Родился 7 апреля 1972 г. в г. Чичестер в английском графстве Западный Суссекс, Великобритания. В 1992 г. окончил Военное училище сухопутных войск в г. Сэндхёрст, в 2005 г. – Имперскую школу летчиков-испытателей, в 2006 г. получил степень бакалавра наук в области динамики полета в Университете Портсмута.

С 1992 г. Пик служил командиром вертолетного взвода в пехотном полку The Royal Green Jackets корпуса армейской авиации Вооруженных сил Великобритании в Северной Ирландии, после чего был направлен на летную подготовку. В 1994 г. он получил «крылышки» пилота армейской авиации.

С 1994 по 1998 гг. Пик служил командиром авиазвена в Германии, Македонии, Северной Ирландии, Кении и Канаде. Принимал участие в боевых операциях в Боснии (в 1996 г.) и Афганистане. Получил квалификацию инструктора по выживанию в боевых условиях и по проведению спасательных операций. В 1999–2002 гг. служил по обмену в США, где летал на вертолете Apache. По возвращении в Великобританию в 2002–2005 гг. был инструктором по пилотированию вертолета Apache. В 2006–2009 гг. Пик проходил службу в вертолетной испытательной эскадрилье в Боском-Дауне ведущим летчиком-испытателем вертолета Apache.

В 2009 г. Тимоти Пик уволился из Армии в звании майора и стал работать летчиком-испытателем в британско-итальянской компании Agusta Westland, одной из ведущих европейских вертолетостроительных компаний. Летал на вертолетах Apache, Lynx, EH101 и A109. Имеет общий налет более 3000 часов, освоил свыше 30 различных типов ЛА, включая Hawk, Dakota, Harvard и Ми-17.

20 мая 2009 г. Тимоти Пик был отобран в отряд астронавтов ЕКА в составе 4-го набора. После завершения курса ОКП в ноябре 2010 г. получил сертификат астронавта. 20 мая 2013 г. ЕКА объявило о его назначении в экипаж МКС-46/47. Пик впервые отправился в космический полет и стал первым профессиональным британским астронавтом.

Жену Тимоти зовут Ребекка, у них два сына, Оливер и Томас.

Подготовил С. Шамсутдинов

Фото О. Урусова

Юрий Маленченко: «В космосе ощущается нехватка земного общения»

А. Красильников

14 декабря в гостинице «Космонавт» города Байконур государственная комиссия по проведению летных испытаний пилотируемых космических комплексов под председательством временно исполняющего обязанности руководителя Роскосмоса Александра Иванова утвердила составы основного и дублирующего экипажей пилотируемого корабля «Союз ТМА-19М».

В ходе предстартовой пресс-конференции россиянин Юрий Маленченко, летящий на околоземную орбиту в шестой раз, отметил, что каждый полет по-своему особенный. «Всегда есть программа, которая отличается от ранее ставившихся задач, – пояснил он. – Станция тоже меняется внутри, постоянно идет дооснащение. Поэтому всегда найдешь, что увидеть в первый раз. Будет много динамических операций: два российских грузовых корабля, четыре – со стороны наших партнеров. Будет интересно, как это все выглядит и работает. Я рассчитываю это увидеть».

Британец Тимоти Пик, комментируя связь эмблемы программы Principia (см. «Эмблема экипажа "Союза ТМА-19М"») с законами Исаака Ньютона, заметил, что эксперименты, выполняемые на станции, были заложены этим великим ученым. «Одно из предназначений МКС – это выполнение экспериментов в условиях микрогравитации, и Ньютон является их отцом и основоположником, – сказал он. – У нас достаточно серьезная и обширная программа экспедиции – более 265 экспериментов за полгода. И я считаю, что мы готовы к ее выполнению».

Пик признался: он был настолько погружен в тренировки и подготовку к полету, что совершенно забыл, как мало времени осталось до Рождества. «В этот день я поздравлю своих родственников и обязательно позвоню им по телефону с борта станции, – пообещал он. – Для моих коллег я припас рождественский пудинг, который мы все вместе попробуем на праздник. Но прежде всего по прилету на МКС мне предстоит адаптироваться к условиям микрогравитации».

Британец сообщил, что лучшие советы, как отдыхать и расслабляться в космосе, дали ему летавшие астронавты. «Помимо работы будет время, и нужно не терять те минуты, которые появляются, для того чтобы выглянуть в иллюминатор, насладиться видами Земли и таким образом получить некоторое расслабление», – сказал он.

По словам Юрия, больше всего в космосе ему не хватает земного общения. «Я всегда ощущал недостаток общения, того эмоционального обмена, который есть между людьми на Земле – с близкими, друзьями и сотрудниками, с которыми работаешь ежедневно, – большое количество людей. В космосе такого нет, и это очень заметно, – объяснил он. – Тем не менее сейчас на станции работают шесть человек. Это достаточно большой коллектив и очень дружный. Я с нетерпением жду этого полета».

Американец Тимоти Копра согласился с командиром, что на орбите будет не хватать семьи и друзей. «Впрочем, у нас отличная группа поддержки, с которой мы будем взаимодействовать. К тому же развиты технологии, позволяющие нам созваниваться с семьей и друзьями, проводить видеоконференции», – добавил он.

Американец рассказал, что пока в плане полета МКС-46/47 стоит один выход по американской программе. Его основная задача – замена блока последовательного шунтирования SSU канала 1B системы электропитания американского сегмента станции, вышедшего из строя в ноябре (*НК* №1, 2016, с.7-8). «Выполнение этой операции будет достаточно интересным, и у меня будет время, чтобы посмотреть на Землю, – подчеркнул он. – Вторая задача выхода – проложить кабели по модулям. Выход предполагается в середине января».

Юрий считает, что в школьную программу необходимо вернуть изучение астрономии. «Я знаю, что в некоторых школах все-таки такой предмет инициативно вводят, – поведал он. – И дети всегда проявляют интерес, даже еще до того, как в школу начинают ходить. Им интересно, как устроена наша Солнечная система и что делают звезды… В российской программе есть эксперименты и образовательные мero-

Фото А. Пантохина

Эмблема экипажа «Союза ТМА-19М»

Эмблему разработал художник из Нидерландов Люк ван ден Абелен (Luc van den Abeelen). Экипаж одобрил ее 18 июля 2014 г., а Роскосмос утвердил 9 сентября 2014 г.

В центре композиции изображен летящий по орбите корабль «Союз». Меняющиеся оттенки фона (от светло-голубого до темно-синего) символизируют планету Земля и безбрежный космос. Три звезды обозначают троих членов экипажа. На бордюре эмблемы расположены фамилии космонавтов и флаги стран, которые они представляют, – России, США и Великобритании.

«Расскажу немного о корабельной эмблеме, без которой сегодня не обходится ни один полет, – написал 17 ноября 2015 г. в своем блоге на сайте ЦПК Юрий Маленченко. – В этот раз мне пришлось выбирать из двух вариантов. По-моему, утвержденная эмблема – удачный, а главное, понятный вариант. Я вообще как человек с техническим складом ума считаю: чем проще и понятнее – тем лучше».

Аналогичную нашивку, только без фамилий, получили и дублеры. – *Л.Р.*

приятия, которые мы проводим в интересах популяризации того, что делаем в космосе. Это поможет привлечению молодых людей, чтобы в будущем они связывали свою жизнь с разными профессиями, которые необходимы для исследования космоса и развития различных технологий».

Британец считает, что участием в проекте МКС Великобритания сделала большой шаг в своем развитии. «Я воодушевлен этой деятельностью и считаю, что своим вкладом буду вдохновлять детей и тех людей, которые заинтересованы в инженерном деле, – уверен Пик. – Наша образовательная программа весьма амбициозна. В каком плане? По масштабу такой программы до сих пор не было. С нетерпением жду, когда приступлю к ее выполнению. Думаю, получу большое удовольствие от общения с детьми, с новым поколением».

Он признал, что подготовка к космическому полету сложна физически и психологически. «Европейское космическое агентство некоторое время готовило нас в пещерах. Мы провели 12 дней под водой в ходе эксперимента NEEMO. Можно принять аналогию и приравнять это к условиям жизни при отсутствии гравитации, – пояснил британец. – В течение 2.5 лет моя семья находилась рядом и наблюдала, как я готовлюсь. Мы жили в Хьюстоне. Моя семья знала, что я кушаю, где я сплю и каким образом тренируюсь. Они знали о тренировках под водой. Понимание этих процессов помогло им оценить то, что мне предстоит испытать в космосе. И это часть жизни. Ведь я готовился шесть лет, в том числе два года – непосредственно к этому полету. Есть несколько основных моментов, которые можно выделить: интересные и захватывающие секунды во время параболических полетов на невесомость и подготовка к выходу в открытый космос. В нашу подготовку были вовлечены сотни людей. Они нас тренировали и соответствующим образом наставляли на определенный путь».

По просьбе журналистов Пик назвал три песни, которые он выбрал для прослушивания в корабле «Союз» перед запуском: Don't Stop Me Now группы Queen, Beautiful Day группы U2 и A Sky Full Of Stars группы Coldplay. Кроме того, он выразил надежду, что экипаж посмотрит на орбите новый эпизод «Звездных войн», тем более что Скотт Келли уже наладил на МКС экранный проектор.

Копра сообщил, что индикатором невесомости в «Союзе ТМА-19М» при выведении на орбиту будет медальон в честь 55-летия первого полета человека в космос. Маленченко же добавил, что дата старта экспедиции (15 декабря) совпадет с 80-летним юбилеем Валентины Гагариной – жены первого космонавта планеты.

Пик признался, что самым трудным для него в процессе подготовки к полету было изучение русского языка и удерживание в памяти всей полученной информации. Для этого ему приходилось прибегать к силе воли. «Поймите, я астронавт, я люблю работать с системами и графиками, однако я отнюдь не лингвист, и именно поэтому изучение русского давалось мне так тяжело», – объяснил британец.

Фото А. Пантюхина

Космические «Начала»

Программа полета британца Тимоти Пика получила имя Principia («Начала»), связанное с названием трехтомного труда Исаака Ньютона – Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica («Математические начала натуральной философии»), в котором тот сформулировал закон всемирного тяготения и три закона движения (законы Ньютона).

Более 400 человек прислали свои варианты названия программы, и имя Principia было предложено 20 раз. «Я восхищен этим названием, которое чтит одного из самых известных британских ученых, – сказал Тимоти Пик. – Надеюсь, это также вдохновит людей наблюдать мир как будто впервые – так же, как это делал Исаак Ньютон».

В разработке эмблемы программы Principia участвовали школьники. Пик выбрал вариант, представленный 13-летним Троем Вудом (Troy Wood). «Мой финальный выбор было нелегко сделать. Я выбрал разработку Троя, потому что его эмблема была проста, но включала много ссылок на мой полет», – объяснил астронавт.

А Вуд разъяснил, что яблоко на эмблеме напоминает об известной истории, благодаря которой Ньютон открыл закон всемирного тяготения. Кроме того, сказал Трой, Пик выступает за здоровое питание, и яблоко это тоже символизирует.

А. Красильников.
«Новости космонавтики»

Стыковка с третьей попытки

15 декабря пилотируемый корабль «Союз ТМА-19М» причалил к Малому исследовательскому модулю «Рассвет». Стыковка к МКС удалась только с третьей попытки. В первый раз подвела автоматика, а во второй раз состыковаться не получилось у Юрия Маленченко. Но обо всем по порядку.

«Союз» летел к станции с использованием короткой, четырехвитковой схемы сближения. На 1-м и 2-м витках был осуществлен двухимпульсный маневр с включениями сближающе-корректирующего двигателя в 14:48:43 (длительность работы – 70.5 сек, величина импульса – 28.32 м/с) и 15:33:13 ДМВ (57.5 сек, 23.18 м/с). После этого корабль перешел на орбиту наклонением 51.64°, высотой 293.64×333.48 км и периодом обращения 90.52 мин.

На 2-м и 3-м витках прошел еще один двухимпульсный маневр – в 16:26:38 (32.7 сек, 13.04 м/с) и 16:56:21 (8.2 сек, 2.87 м/с). В результате «Союз» оказался на орбите наклонением 51.67°, высотой 321.74×337.60 км и периодом обращения 90.90 мин.

Выход в прицельную точку обеспечили еще два импульса, в 18:23:28 (10.70 м/с) и 19:08:12 (22.78 м/с), с подъемом до 360.4×403.9 км. В автоматическом режиме корабль уверенно выполнил сближение и облет МКС и зависание напротив модуля «Рассвет», а затем начал причаливать к станции. Все шло по плану. Правда, на дисплее интегрированного пульта управления в спускаемом аппарате «Союза» светилось сообщение «Параметр не в допуске P H_2O = 16.279», сигнализирующее о несоответствии заданному парциального давления воды в атмосфере. Такое происходит уже не в первый раз.

А в 20:15:40, когда до станции оставалось всего 17 м, в корабле прозвучала сигнализация и появилось сообщение «Нет СДК недобор тяги по –Y (К1Б)», а потом сразу же другое сообщение «Обобщенная авария (К1Б)». Кроме того, на картинке, которая передается с телекамеры корабля и на которую накладывается информация так называемого формата 44, высветилась инструкция об аварии «А: ДПОБ 20».

Все эти сообщения говорили о том, что по данным сигнализатора давления в камере сгорания двигатель причаливания и ориентации ДПО-Б №20 недобирает тягу. Буква «Б» в названии двигателя означает «большая тяга». Этот двигатель находится на переходном отсеке «Союза», расположен по оси –Y и входит в первый коллектор двигателей ДПО.

Стоит отметить, что все появившиеся аварийные сообщения вскоре снялись, что могло указывать на быстрое восстановление работоспособности двигателя. Однако к этому моменту бортовая ЦВМ-101 уже прервала режим причаливания и скомандовала резвый увод корабля от станции.

Маленченко: «Агаты», получили обобщенную аварию, ДПО-Б 20-й, инструкция есть.

Руководитель полета *Владимир Соловьёв:* Ребят, переходите на ручное [управление].

Маленченко: Приняли. Включили РУД (ручка управления движением. – *А.К.*), выдаем РОДК (режим ручной ориентации в дискретном контуре. – *А.К.*). Есть РОДК, «Агаты». Так, работа ДПО прекратилась. Выполняем гашение разлетной скорости (20:16:40, 71 м до станции. – *А.К.*).

ЦУП: «Агаты», ЦУП Москвы, гасим [скорость].

Маленченко: Приняли.

ЦУП: У вас выбор ДПО-Б есть?

Маленченко: Еще раз [повторите вопрос].

▼ **К полету своего космонавта Великобритания подошла с размахом. В Музее науки в Лондоне на огромном экране была организована прямая трансляция старта с космодрома Байконур. Приглашенные школьники размахивали флажками... На мероприятие приехали коллеги Тимоти Пика по космосу: Алексей Архипович Леонов, Хелен Шарман, Крис Хэдфилд, Андреас Могенсен**

Фото UK Space Agency

Нить длиной в четверть века

Тимоти Пик взял с собой в полет изданную на английском языке автобиографическую книгу Юрия Гагарина Road to The Stars («Дорога к звездам»). Эту книгу он получил от первого астронавта Великобритании Хелен Шарман, которая брала ее в полет на орбитальную станцию «Мир» в 1991 г.

«Тим спросил, есть ли у меня что-нибудь такое, чтобы он мог взять с собой, – рассказала Хелен. – Он хотел, чтобы существовала какая-то связь между нашими полетами – первого и второго британца в космосе. Я содержала эту книгу в полной сохранности 24 года. Ее подарили мне советские космонавты в Звёздном городке во время моей подготовки к полету. Все члены моего экипажа подписали книгу, когда мы находились на орбите, и еще мы поставили на ней официальный штемпель станции "Мир"».

Предполагается, что теперь то же самое с книгой проделают Юрий и два Тимоти и снова возвратят ее на Землю.

Фото UK Space Agency

▲ **Хелен Шарман**

ЦУП: У вас выбор ДПО-Б есть? Посмотрите [транспарант на дисплее]. Станция в ОСК находится, Юрий Иванович.

Маленченко: В ОСК?

ЦУП: В ОСК.

Это означает, что МКС находится в орбитальной системе координат, то есть она вращается по оси Z (ось тангажа) так, чтобы ось –Y была постоянно направлена к центру Земли. Данный подворот станции необходимо учитывать при стыковке.

Маленченко: Принял. Сейчас выдадим стабилизацию. Стабилизация в ОСК у нас есть на формате РОДК. (Обращаясь к Тимоти Копре) Сейчас выдаем [команду] Г5.

Копра: Да, Г5.

«Союз» завис примерно в 90 м от станции под грузовым кораблем Cygnus, «висящим» на нижнем порту Узлового модуля Unity.

Маленченко: Выдали Г5.

ЦУП: По вашей готовности выполняйте причаливание.

Маленченко: Принял.

ЦУП: Скорость [причаливания] рекомендованная 0.2 [м/с].

Маленченко: Принял.

В 20:18:10 Юрий начинает ручное причаливание к МКС. Он включает двигатели ДПО – и корабль разгоняется до 0.7–0.8 м/с. По дальнейшим переговорам создается впечатление, что космонавта постоянно отвле-

Фото О. Урусова

▲ **В 2015 году экипажи «Союзов» использовали три варианта переносных вентиляционных установок для скафандров «Сокол-КВ-2». На «Союзе ТМА-16М» был ПВУ-1С, на -19М – ПВУ-2М (обе – производства НПП «Звезда»). На -17М и -18М космонавты несли модель ПВУ-С другого производителя**

кают от выполнения стыковки – то «сосед» слева, то «Земля»…

Копра: Юрий, Г5 опять?

Маленченко: А?

Копра: [Транспарант] Г5 не горит.

Маленченко: Нет… А… «Агаты», команду… В5?

ЦУП: Юрий Иванович, как наблюдаете мишень и стыковочный узел?

Маленченко: Нечетко вас слышно. Снял рассеивающий экран [с визира]. Наблюдаем станцию, стыковочный узел, сейчас набираем скорость на подлет…

Тем временем «Союз» сохраняет высокую скорость сближения – 0.7–0.8 м/с. Расстояние до МКС стремительно сокращается – 77 м, 70 м, 62 м, 57 м, 50 м…

Маленченко (обращаясь к Копре): Так, на всякий случай…

ЦУП: Проконтролируйте команду С17, включение фары.

Маленченко: Фара включена.

Копра: Юрий, [команду] В5 нужно.

Маленченко: В5 мы не выдаем (20:19:18, 38 м. – *А.К.*). Уже было да? Правильно, что у нас [транспарант] не горит?

ЦУП: Нет, не выдаете.

Маленченко: Не выдаем.

Копра: Принял.

А скорость сближения все еще 0.7–0.8 м/с! И это в 30 м от станции! Заднюю часть корабля начинает разворачивать, а его нос все еще пытается целиться на узел модуля «Рассвет». Судя по информации на дисплее, отклонения «Союза» от осей составляют 9° по рысканью вправо и 4° по тангажу вверх.

Маленченко (обращаясь к Копре): Набери на всякий случай [команду] Г15.

Копра: Г15, да.

Маленченко: Давай, выдавай.

Копра: Г15, готов.

Маленченко: Да, выдавай.

Корабль находится в 24 м от МКС на скорости 0.7 м/с! И продолжает заваливаться задней частью на бок в направлении Функционально-грузового блока «Заря»… Кажется, только в 20:19:45 командир начинает быстро тормозить «Союз». Скорость падает до 0.2 м/с. Дальность около 22 м. Отклонения корабля от осей: 27.3° по рысканью вправо, 21.5° по тангажу вверх. От наблюдаемой картинки становится не по себе…

ЦУП: Как управляемость, Юрий Иванович?

Маленченко: Есть управляемость.

ЦУП: Выполните отход.

Маленченко: Приняли.

В 20:20:00 Юрий приступает к резвому уводу корабля от станции.

ЦУП: Как управляемость по курсу?

Маленченко: Сейчас, проверяю… Выдаем. Есть срабатывание ДПО. Есть разлетная скорость. Выполняю выход на стыковочный узел.

ЦУП: Рекомендуем отойти на дальность 50 м и выполнить зависание.

Маленченко: Сейчас стыковочный узел в центре. Выполняю дооблет на ось стыковочного узла. (Обращаясь к Копре) Давай, выдавай [команду] Г5, Тим.

Копра: Г5, да.

Маленченко: На ВСК (визир. – *А.К.*) видимость на такой дальности недостаточна. Сейчас выйдем на ось стыковочного узла.

«Союз» уже более чем в 100 м от станции.

ЦУП: Продолжайте выполнение дооблета. Как дальность оцениваете, Юрий Иванович?

Маленченко: Сейчас наблюдаю по ВСК только стыковочный узел. Блестит. Сейчас буду подходить поближе. Сложно определить… «Агаты», вышли на ось стыковочного

Пробежать марафон на орбите

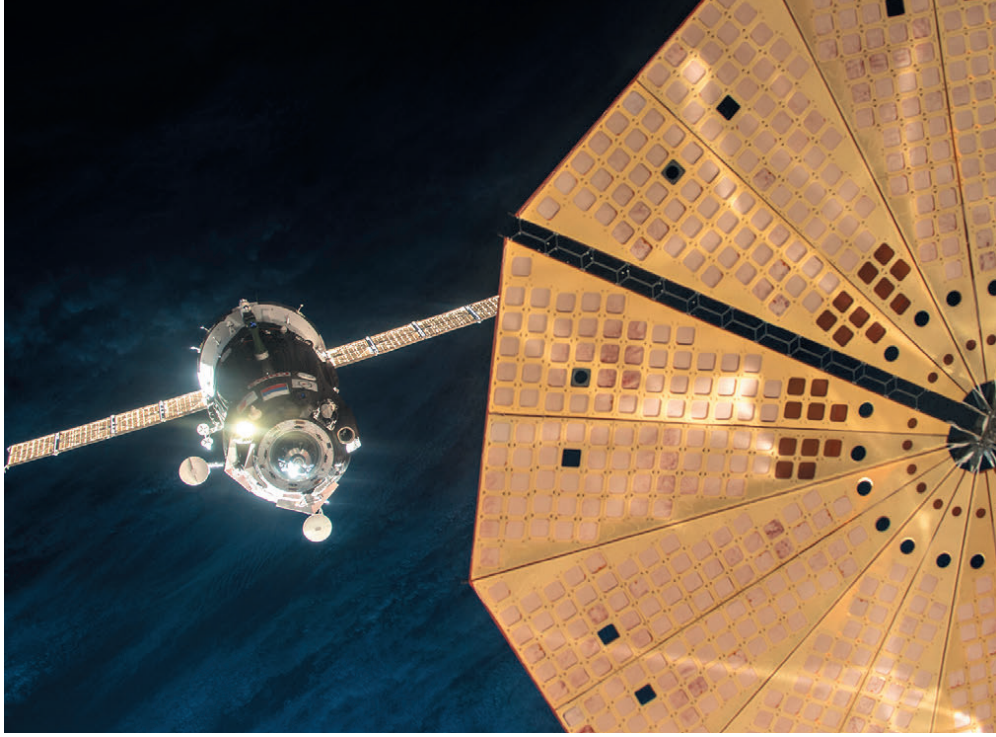
Тимоти Пик пообещал преодолеть на бегущей дорожке Colbert в модуле Tranquility марафонскую дистанцию (42 км) в тот же день (24 апреля 2016 г.), когда состоится традиционный Лондонский марафон. В 1999 г. британец уже пробежал этот марафон на Земле за 3 час 18 мин 50 сек.

Своим поступком астронавт хочет привлечь внимание к деятельности благотворительного фонда принца Уэльского The Prince's Trust, который помогает детям из неблагополучных семей найти свое место в жизни. «Я не намерен устанавливать личные рекорды. Я поставил себе цель пробежать за 3.5–4 часа», – сказал Пик.

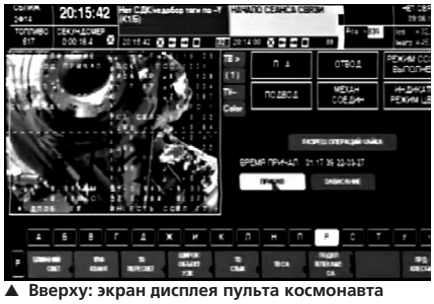
Стоит отметить, что британец – не первый человек, принимающий участие в марафонском забеге на орбите. 16 апреля 2007 г. Сунита Уилльямс в рамках Бостонского марафона пробежала в космосе 42 км за 4 час 23 мин.

Фото А. Пантюхина

Фото О. Урусова

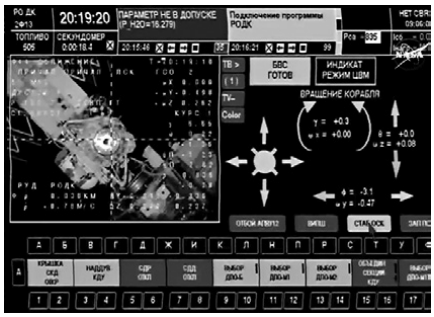


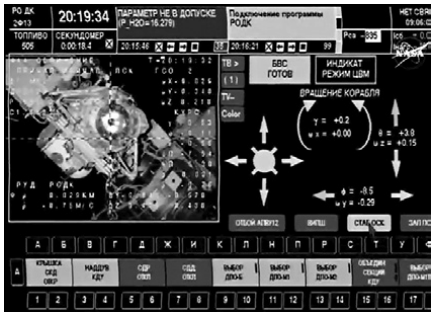
▲ **Юрий Маленченко проводил тренировку по ручной стыковке на космодроме Байконур перед стартом**

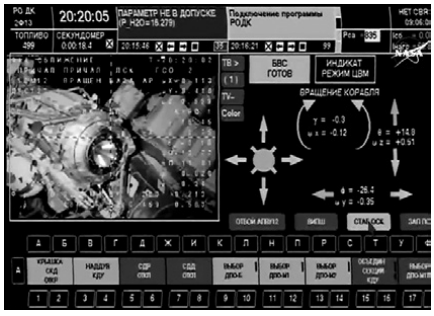


▲ **Вверху: экран дисплея пульта космонавта «Союза ТМА-19М» в момент аварии**

▼ **Внизу: первая попытка ручной стыковки**







узла, выполняем подход, на дальности, вроде приемлемой, стыковочный узел видим (20:24:23, 112 м. – *А.К.*).

ЦУП: Сколько клеток по ВСК занимает стыковочный узел?

Маленченко: Порядка 0.75.

ЦУП: [То есть] дальность примерно 120 м.

Маленченко: Да, сейчас контуры [станции] появились, ФГБ (модуль «Заря». – *А.К.*).

ЦУП: Юрий Иванович, как управляемость сейчас?

Маленченко: Сейчас хорошая управляемость. Контуры ФГБ видны, дальность порядка 100 м подтверждаем. Сейчас вышли на ось. Есть скорость сближения, небольшая. Сближение устойчивое. Сейчас размеры стыковочного узла – 1.2 клетки. Подходим к 1.5 клеткам.

ЦУП: То есть дальность около 50 м.

Маленченко: Да, подтверждаю, порядка 45 м. Сейчас уже получше [узел] видно. Сейчас мишень начинает просматриваться.

ЦУП: С дальности 20 м рекомендуем использовать импульсный режим РУД.

Маленченко: Принял. Выполняю притормаживание, сейчас уже кресты видны. Сейчас уточним положение относительно осей.

ЦУП: Мы тоже видим [на картинке] контуры стыковочного узла, но пока не видим мишени.

Маленченко: Принял. Нормально идет процесс сейчас. Скорость порядка 0.1–0.2 м/с… Дальность уже менее 30 м. Уточняем положение крестов. Мишень видна хорошо.

ЦУП: Дальность уточните, пожалуйста.

Маленченко: Дальность меньше 20 м. Сейчас уже [узел] 3.5 клетки, сейчас уточняю положение крестов.

ЦУП: Напоминаем включить импульсный режим РУД.

Маленченко: Принял. Рассогласование [крестов] минимальное. [Команда] В5 набрана, выдаю. Выдали. У нас транспарант не горит… А, есть, теперь загорелся транспарант «[Готовность] ССВП (система стыковки и внутреннего перехода. – *А.К.*)».

ЦУП: Доложите дальность.

Маленченко: Дальность сохраняется. Узел – 3.5 клетки. Выполняю стабилизацию. Так, выдаю на подвод.

ЦУП: Выполняйте стыковку.

Маленченко: Принято. Размеры мишени подходят к двум клеткам. Выполняю тормозной маневр. Есть, кресты собраны. Выдаю на подвод. Так, дальность подходит к 3 м. Так, ожидаем касание. Есть касание, есть сцепка.

ЦУП: Юрий Иванович, поздравляем!

«Союз ТМА-19М» причалил к модулю «Рассвет» в 20:33:26, или через 6 час 30 мин 17 сек после запуска. В это время станция выполняла виток 97628/05 по орбите наклонением 51.66°, высотой 402.21×415.14 км и периодом обращения 92.56 мин. Масса объекта после стыковки составила 417739 кг.

До этого случая в истории программы МКС было всего две ситуации, когда из-за отказа автоматики «Союзы» причаливали к станции в ручном режиме – «Союз ТМА-5» в октябре 2004 г. и «Союз ТМА-14» в марте 2009 г.

Авария двигателя на «Союзе ТМА-19М» напоминает нештатную ситуацию, произошедшую при стыковке грузового корабля «Прогресс М-05М» к МКС в мае 2010 г. Тогда, по словам руководителя полета российского сегмента станции Владимира Соловьёва, не сработала мембрана в сигнализаторе давления в камере сгорания двигателя ДПО №5. В результате Олегу Котову впервые в истории отечественной космонавтики пришлось стыковать грузовик в телеоператорном режиме управления с расстояния около 1 км (*НК* №6, 2010, с.22-23; №7, 2010, с.1).

О причине отказа двигателя на «Союзе» официальные лица не сообщали. По некоторым данным, двигатель был исправен, а сигнализация о его аварии была вызвана тем, что в программном обеспечении заложили слишком жесткие допуски по давлению в его камере сгорания.

21 декабря пресловутый «источник в ракетно-космической отрасли» рассказал ТАСС: «После детального изучения телеметрической информации выяснилось, что двигатели причаливания и ориентации работали штатно, но информация об этом поступала в бортовой компьютер корабля некорректно, из-за чего пришлось перейти на ручной режим стыковки».

А. Красильников, А. Хохлов.
«Новости космонавтики»
Фото NASA, Роскосмоса и JAXA

Полет экипажа МКС-45/46

Декабрь 2015 года

Экипаж МКС-45:
Командир – Скотт Келли
Бортинженер-1 – Сергей Волков
Бортинженер-2 – Михаил Корниенко
Бортинженер-4 – Олег Кононенко
Бортинженер-5 – Кимия Юи
Бортинженер-6 – Челл Линдгрен

Экипаж МКС-46 (с 11 декабря):
Командир – Скотт Келли
Бортинженер-1 – Сергей Волков
Бортинженер-2 – Михаил Корниенко
Бортинженер-4 – Юрий Маленченко (с 15 декабря)
Бортинженер-5 – Тимоти Копра (с 15 декабря)
Бортинженер-6 – Тимоти Пик (с 15 декабря)

В составе станции на 01.12.2015:

ФГБ «Заря»	МИМ-2 «Поиск»
Node 1 Unity	Node 3 Tranquility
СМ «Звезда»	Cupola
LAB Destiny	МИМ-1 «Рассвет»
ШО Quest	PMM Leonardo
СО «Пирс»	«Союз ТМА-17М»
Node 2 Harmony	«Союз ТМА-18М»
APM Columbus	«Прогресс М-28М»
JPM Kibo	«Прогресс М-29М»

Канадские камеры готовы к эксплуатации

В декабре в Служебном модуле «Звезда» в рамках эксперимента «Визир» (исследование методов регистрации текущего положения и ориентации переносной научной аппаратуры пилотируемых космических комплексов) Михаил Корниенко устанавливал и юстировал систему координатной привязки от инфракрасных датчиков (СКП-И), а также монтировал в различных местах модуля инфракрасные маяк и приемник.

7 декабря Ракетно-космическая корпорация «Энергия» сообщила, что закончила свою часть работ по подготовке к штатной эксплуатации камер среднего (Theia) и высокого (Iris) разрешения для дистанционного зондирования Земли, принадлежащих канадской компании UrtheCast и находящихся на внешней поверхности модуля «Звезда» (*НК* № 3, 2014, с. 37–39).

«Испытания и отработка оборудования завершены в полном объеме, – сказал заместитель руководителя научно-технического центра РКК «Энергия» Игорь Бродский. – В соответствии с решением Роскосмоса, оператором системы назначен НЦ ОМЗ (Научный центр оперативного мониторинга Земли, в структуре предприятия «Российские космические системы». – *Ред.*), специалисты которого получили от нас заключения о готовности и уже могут приступить к штатной эксплуатации в интересах заказчиков».

Соглашение по установке камер на российском сегменте МКС было подписано в 2012 г. между РКК «Энергия» и компанией UrtheCast при поддержке Роскосмоса. Королёвская фирма должна была обеспечить интеграцию камер на модуле «Звезда» с расчетами вибраций в местах установки, решение проектных и конструктивных вопросов и разработку программного обеспечения для управления камерами и обработки снимков. О проблемах, возникших на этом пути, *НК* регулярно сообщал в предыдущих номерах.

Камера Theia имеет разрешающую способность 5 м и четыре спектральных диапазона. У камеры Iris разрешение выше и составляет 2.4 м, и, в отличие от «соседки», она смонтирована на двухосной платформе ДПН для наведения на заданные объекты съемки. Передача фотографий и видеоизображений с камер на Землю осуществляется через российскую радиотехническую систему высокоскоростной передачи информации на модуле «Звезда» или американскую спутниковую систему ретрансляции TDRS на наземные приемные комплексы НЦ ОМЗ и зарубежные станции, привлекаемые UrtheCast.

Среди заинтересованных заказчиков снимков, помимо UrtheCast, – российские министерства по чрезвычайным ситуациям, природных ресурсов и экологии, экономического развития, сельского хозяйства, образования и науки.

«Лебедь» – первый на «Единстве»

В начале месяца на американском сегменте готовились к приему грузового корабля Cygnus («Лебедь», миссия OA-4), который первым из грузовиков предстояло пристыковать к нижнему порту Узлового модуля Unity («Единство»). Ранее все грузовые корабли американского сегмента по прилету на МКС присоединялись к нижнему узлу модуля Harmony.

1 декабря Скотт Келли и Челл Линдгрен ознакомились с программой полета «Лебедя» (с. 18). 2 декабря Кимия Юи установил камеру CBCS на иллюминаторе люка нижнего порта модуля Unity, и хьюстонский ЦУП проверил, что она правильно подсоединена к роботизированным рабочим местам RWS в Лабораторном модуле Destiny и Обзорном модуле Cupola, ориентирована, и ее светодиоды работают.

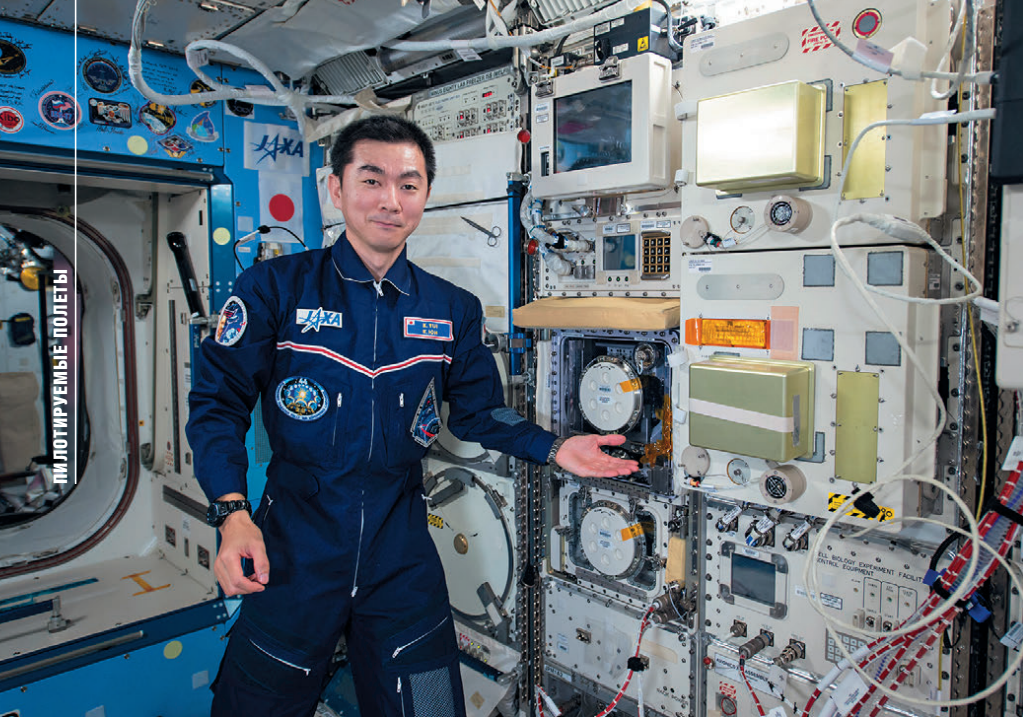
На следующий день Челл перенес лэптоп и кабели из японского Экспериментального модуля Kibo для монтажа в модуле Destiny с целью обеспечить резервную возможность выдачи команд на «Лебедь». 4 декабря он вместе со Скоттом провел тренировку по ловле корабля дистанционным манипулятором SSRMS.

9 декабря в 11:19:43 UTC на витке 97531/15 Линдгрен захватил «Лебедь» манипулятором.

– Первоклассно! На Земле большая радость, – признался капком в ЦУП-Х и астронавт из Канады Давид Сен-Жак.

– Спасибо. Наши благодарность и поздравления феноменальному усилию команды по доставке корабля Cygnus и его драгоценного груза на МКС. И добро пожаловать на борт, «Дик Слейтон» (второе имя корабля. – *Ред.*)! – ответил Челл.

В 2015 г. НИИ пищеконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии разработал новые блюда и напитки сублимационной сушки для пополнения рациона российских космонавтов: «Щи зеленые», «Суп из шампиньонов», «Грибы по-старорусски» и кисели на пектине (клюквенный, яблочно-брусничный и яблочно-вишневый). Кроме того, специалисты института создали фруктовые палочки из слив, вишни и абрикосов.



▲ **Кимия Юи перед посадкой решил сфотографироваться со всем значимым научным оборудованием станции. Здесь он около установки по клеточной биологии CBEF в модуле Kibo**

– Это прошло безупречно и прекрасно, как по учебнику.

Затем управление манипулятором было передано «Земле», которая перенесла и в 14:26 присоединила «Лебедь» к нижнему порту модуля Unity. Масса станции после стыковки составила 418026 кг.

После проверки герметичности в 16:52 был открыт станционный люк.

На следующий день в 10:05 экипаж открыл корабельный люк, взял пробы воздуха в «Лебеде» пробозаборником АК-1М и проложил воздуховод в корабль. Прошла тренировка по действиям в аварийных ситуациях с учетом прибывшего «гостя», потом началась разгрузка «Лебедя». В частности, 11 декабря на станцию был перенесен новый скафандр EMU № 3008 для выходов в открытый космос.

Уход «Антаресов»

Первую половину декабря на российском сегменте МКС посвятили предстоящей посадке пилотируемого корабля «Союз ТМА-17М». В бытовой отсек корабля укладывались удаляемые грузы, в спускаемый аппарат – возвращаемые.

Олег Кононенко проводил тренировки в пневмовакуумном костюме «Чибис-М», создающем отрицательное давление на нижнюю часть тела и тем самым подготавливающем организм космонавта к возвращению в земную гравитацию. Напомним, что астронавты обходятся без таких тренировок.

2 декабря подмосковный ЦУП осуществил межбортовой тест аппаратуры радиотехнической системы сближения «Курс-П» Функционально-грузового блока «Заря» со стороны Малого исследовательского модуля «Рассвет» вместе с аппаратурой системы «Курс-А» корабля «Союз ТМА-17М». Результаты неудовлетворительные: не получена готовность второго полукомплекта аппаратуры «Курса-П», при этом замечаний к работе первого полукомплекта нет. Требуются дополнительные тесты.

В тот же день «Антаресы» (Олег Кононенко, Кимия Юи, Челл Линдгрен) проверили герметичность аварийно-спасательных скафандров «Сокол-КВ-2» в «Союзе ТМА-17М». После включения пульта космонавта «Нептун-МЭ» в спускаемом аппарате Олег доложил о появлении запаха гари. Он осмотрел пульт и обнаружил, что источник запаха находится в поле особо важных команд под клавишей «Откр КСД-БО» (открытие клапана стравливания давления в бытовом отсеке). Тем не менее после просмотра сброшенных фотографий наземные специалисты допустили пульт к дальнейшей эксплуатации.

3 декабря Олег и Кимия выполнили тренировку по спуску на бортовом тренажере. 7 декабря были подготовлены видеокамеры GoPro Hero 3 для записи действий экипажа при возвращении на Землю – заряжены аккумуляторы и проверены настройки. Тем временем ЦУП-М протестировал канал передачи телеметрической информации с «Союза ТМА-17М» через портативный переносной комплекс приема телеметрии (*НК* № 8, 2015, с.2).

8 декабря «Земля» проверила функционирование системы управления движением корабля, а «Антаресы» ознакомились с циклограммой расстыковки и спуска и проработали ее. 9–10 декабря в спускаемый аппарат были уложены результаты экспериментов «Кальций», «Кардиовектор», «Космокард», «Матрешка-Р», «Мотокард», «Пилот-Т», «Удод», «Ураган», «Фаген», «Феникс» и «Экон-М».

10 декабря Олег Кононенко и Сергей Волков подписали формальный акт о передаче ответственности за российский сегмент станции. Экипаж проверил фиксированное положение и заклеил колпачки держателей предохранителей на лицевой панели пульта «Нептун-МЭ» в «Союзе ТМА-17М», захолодил корабль и смонтировал две видеокамеры GoPro Hero 3.

Передача командования МКС на этот раз не осуществлялась, так как Скотт Келли остался командиром станции на второй срок.

11 декабря в 06:32 UTC были закрыты переходные люки между модулем «Рассвет» и кораблем «Союз ТМА-17М». В 09:49:35 на витке 97561/14 корабль отчалил от станции и спустя 3.5 часа приземлился в заснеженном Казахстане (с.1).

Скотту отказано в доступе к программе

1 декабря Келли должен был провести эксперимент «Взаимодействие-2» (изучение закономерностей поведения экипажа в длительном космическом полете), но не смог авторизоваться в программе на лэптопе RSE-Med с использованием логина и пароля, присвоенных ему при предполетной подготовке.

В этом месяце российские космонавты, как всегда, уделили внимание медицинским экспериментам. В интересах «Космокарда» (изучение влияния факторов космического полета на электрофизиологические характеристики миокарда и на их связь с процессами вегетативной регуляции кровообращения) они в течение суток регистрировали электрокардиограмму (ЭКГ).

Эксперимент «Мотокард» (изучение механизмов сенсомоторной координации в невесомости) осуществлялся на бегущей дорожке БД-2 в модуле «Звезда». В ходе «Коррекции» (исследование эффективности фармакологической коррекции минерального обмена в условиях длительного воздействия микрогравитации) в бортовом журнале фиксировался прием жидкости, пищи и медицинских препаратов после завтрака, обеда и ужина.

В рамках «Нейроиммунитета» (оценка влияния стресса на иммунитет и системы стресс-реактивности в космосе) космонавты отбирали пробы слюны и волос, заполняли опросники и делали стресс-тесты. Для «Морзэ» (мониторинг обмена веществ и его регуляции, динамики защитных систем организма и экологических факторов во время космического полета) производились биоимпендансометрия и психофизиологическое обследование в виде тестов «Стрелау», «Кеттелла», «Центровка», «Сенсор» и «Супос».

В интересах «Спланха» (получение данных, отражающих специфику изменений различных отделов желудочно-кишечного тракта, которые возникают в условиях космического полета) россияне снимали электрогастроэнтерографию. В ходе «Дана» (исследование взаимосвязи между изменениями давления в сонной артерии и изменением чувствительности центрального дыхательного механизма) определялось время задержки дыхания на выдохе и вдохе у обследуемого, находящегося в пневмовакуумном костюме «Чибис-М», и регистрировались ЭКГ и артериальное давление.

В рамках 11-месячного полета на МКС Михаил и Скотт проводили эксперименты «Сенсорно-моторная функция» (изучение влияния длительного пребывания в невесомости на сенсорно-моторную функцию человека), «Самопроверка реакции» (исследование изменений психомоторной активности экипажей на борту МКС), «Мониторинг сна» (актиграфия сна и бодрствования, а также изучение влияния воздействия света в полете) и «Здоровье органов зрения» (исследование состояния органов зрения экипажа МКС). В них участвовали и те космонавты, кто совершает полугодовые полеты – для сравнения результатов.

2 декабря Келли заполнил анкету по вопросам технического обслуживания медицинского оборудования на борту, чтобы специалисты ЦУП-Х могли лучше планировать логистические и технические операции.

24 декабря британец Тимоти Пик опубликовал в своем твиттере (https://twitter.com/astro_timpeake) запись следующего содержания: «Хочу принести извинения леди, которой позвонил по ошибке и сказал: «Привет, эта планета Земля?» Это отнюдь не телефонный розыгрыш – просто неправильный номер!»

Позже астронавт объяснил, что несколько раз пытался дозвониться жене Ребекке и родителям и случайно набрал не тот номер. А своим близким в результате он оставил сообщение на автоответчике.

19 декабря Тимоти Пик начал выполнять канадский эксперимент Marrow, исследующий воздействие невесомости на костный мозг человека. Для этого он регулярно по утрам после пробуждения брал у себя образцы крови и выдыхаемого из легких воздуха.

22 декабря два Тимоти (Копра и Пик) не смогли сделать записи для эксперимента Dose Tracker из-за неработоспособности его программного приложения на планшетном компьютере iPad. Для этого исследования астронавты регистрируют все лекарства, которые они принимают на борту станции с целью последующего определения их эффективности и возможных побочных эффектов в условиях космического полета.

В декабре на американском сегменте проходили и другие медицинские эксперименты:

◆ Cognition (оценка изменений когнитивных функций в условиях невесомости);

◆ Journals (анализ особенностей поведения человека в условиях космического полета);

◆ Biochemical Profile (сбор медицинских образцов и данных по летавшим астронавтам для изучения воздействия условий космического полета на человека по большой выборке);

◆ Space Headaches (изучение причин возникновения головных болей в космосе);

◆ Microbiome (исследование микробиома человека и причин ослабления иммунитета);

◆ Neuromapping (оценка изменений в функционировании головного мозга в космическом полете);

◆ Cardio Ox (определение зависимости окислительных и воспалительных процессов в организме человека во время и после космического полета от наличия биологических маркеров и связи с долгосрочным риском атеросклероза у астронавтов);

◆ Sprint (оценка эффективности тренировок с высокой интенсивностью для компенсации потерь мышечной и костной ткани и изменений сердечно-сосудистой системы);

◆ Circadian Rhythms (изучение изменений циркадных ритмов в невесомости);

◆ Salivary Markers (изучение воздействия неблагоприятных факторов на иммунитет человека по белковым маркерам, содержащимся в слюне);

◆ Telomeres (исследование влияния условий космического полета на теломеры в хромосомах человека).

Прибытие «Агатов»

7 декабря в рамках подготовки к стыковке корабля «Союз ТМА-19М», на котором на МКС предстояло прилететь Юрию Маленченко, Тимоти Копре и Тимоти Пику, ЦУП-М протестировал штатную и резервную схемы передачи телевизионной картинки со станции на Землю через американские средства связи вне зоны радиовидимости российских наземных пунктов. Спустя неделю был проверен голосовой канал связи между МКС и городом Байконур для обеспечения общения «Агатов» с родными и близкими после прибытия на станцию.

15 декабря в 17:33:26 UTC корабль «Союз ТМА-19М» не без приключений причалил к модулю «Рассвет» (с.8). Проконтролировав герметичность, экипажи в 19:58 открыли переходные люки. «Агаты» высушили и уложили на хранение в бытовой отсек скафандры «Сокол-КВ-2» и перчатки и законсервировали корабль.

16 декабря «Земля» подзарядила буферные батареи «Союза ТМА-19М», а «старожилы и новички» обговорили совместные действия в случае чрезвычайной ситуации. Были рассмотрены порядок во время экстренной эвакуации в «Союзы», обязанности командира МКС, связь и координация между космонавтами и ЦУПами.

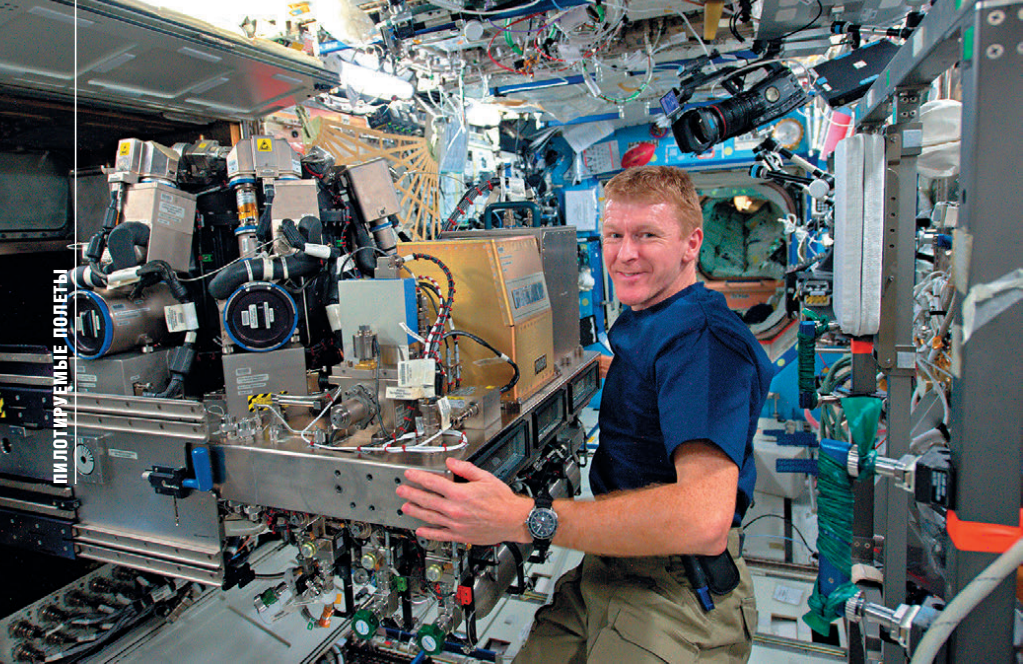
17 декабря начался перенос грузов из «Союза ТМА-19М» на станцию. Из спускаемого аппарата корабля демонтировали видеокамеры GoPro Hero 3, фиксировавшие действия экипажа в ходе стыковки. Файлы с них были перезаписаны на возвращаемый жесткий диск, после чего флеш-карты камер очистили и зарядили аккумуляторные батареи. Старую бортовую документацию заменили на новую, доставленную на «Союзе». Кроме того, бортдокументация была заменена и на компьютерах iPad.

18 декабря «Агаты» сняли телекамеры КЛ-152М и световые блоки СГ12-14В в спускаемом аппарате «Союза ТМА-19М»: телекамеры подготовили к возврату на Землю для повторного использования, световые блоки – на удаление. 30 декабря жители американского сегмента прошли тренировку с кислородными масками и по ведению связи с ЦУП-М с надетыми масками из корабля «Союз». Сложновато как-то, но надо быть готовым ко всему.

Цинниям поплохело от влажности и от сухости

10 декабря Кононенко перенес в «Союз ТМА-17М» для возвращения на Землю инкубационный контейнер с улитками, который длительное время экспонировался в модуле «Звезда» в интересах эксперимента «Регенерация-1» (оценка значимости факторов космического полета для возникновения аномалий в регенерировавших образованиях у животных организмов). А уже 16 декабря Маленченко переместил из «Союза ТМА-19М» в «Звезду» новый контейнер с улитками.

15 декабря Волков установил холодильник-термостат «Криогем-03» для эксперимента «Биосигнал» (изучение влияния микрогравитации на внутриклеточные характеристики функционального состояния клетки). 16 декабря Корниенко и Маленченко включили «Криогем-03», установив температуру +29°С, и разместили в нем прибор «Флюор-К», привезенный на «Союзе ТМА-19М». В последующие четыре дня Юрий контролировал температуру в термостате. 20 декабря он извлек «Флюор-К», уложив его на хранение, и выключил «Криогем-03».



▲ Тим Пик и стойка изучения горения в модуле Destiny

21 декабря Михаил разместил на экспонирование в модуле «Звезда» доставленные на «Союзе ТМА-19М» пеналы с биопробирками в рамках эксперимента «Кальций» (изучение влияния микрогравитации на растворимость фосфатов кальция в воде).

Между тем 2 декабря Линдгрен заправил водой оранжерею Veggie, в которой астронавты выращивают циннии. Цветы как следующий объект для посадки ученые выбрали из-за промежуточных характеристик по чувствительности к параметрам окружающей среды между салатом, уже взращенным в Veggie, и томатами, которые посадят в будущем. В последующие дни растения поливали и осматривали для оценки их роста. После того как Челл вернулся на Землю, вся забота о цинниях легла на плечи Скотта. Специалисты-биологи даже стали в шутку называть его садовником.

Через две недели роста цинний Келли отметил выступление капель воды на листьях, так называемую гуттацию, что сигнализировало о повышенной влажности. Кроме того, листья цветов начали наклоняться в сторону и скручиваться (процесс эпинастии), что также указывало на избыток воды в корневой системе. И как закономерный итог – 22 декабря было обнаружено, что листья начали отмирать и появилась плесень.

Специалисты срочно вмешались в процесс и попросили Скотта усилить вентиляцию оранжереи, а всю ее поверхность обработать гигиеническими салфетками против плесени. Однако к 25 декабря это привело к другой крайности – новый режим вентиляции сушил растения и им нужно было больше воды.

В декабре японское правительство приняло решение о продлении участия страны в проекте МКС до 2024 г. При этом одним из условий стала возможность использования модуля Kibo другими азиатскими странами для собственных научных экспериментов. Кроме того, Японское агентство аэрокосмических исследований JAXA планирует привезти на станцию оборудование системы жизнеобеспечения следующего поколения. В качестве средства доставки грузов на американский сегмент МКС будет использоваться модернизированная версия корабля HTV, получившая название HTV-X.

К настоящему времени Япония уже потратила на проект МКС около 7.3 млрд $.

«С нашими растениями что-то происходит, – сообщил Келли в своем твиттере. – Подобная ситуация была бы большой проблемой при полете на Марс. Мне придется стать настоящим Марком Уотни (герой романа и кинофильма «Марсианин». – *Ред.*), чтобы справиться с этой задачей».

Итак, борьба за цветы в космосе продолжается!

Перчаточный бокс снова в строю

В декабре в интересах эксперимента «Бар» (измерения параметров фоновой среды и проведение инспекции микросостояния поверхности модулей) россияне проводили измерение температуры и тепловлажностный мониторинг российских модулей с использованием термогигрометра «Ива-6А» и регистрировали температуру поверхностей в модулях пироэндоскопом «Пирэн-В».

24 декабря в рамках эксперимента «Матрешка-Р» (исследование радиационной обстановки на трассе полета и на борту МКС) Михаил инициализировал восемь пузырьковых детекторов «баббл-дозиметр» и передал их Скотту для экспонирования в модуле Kibo. Спустя неделю Копра собрал детекторы и отдал Корниенко для считывания показаний.

22 декабря в модуле «Поиск» Маленченко смонтировал и подключил аппаратуру эксперимента «Кулоновский кристалл» (изучение динамики системы заряженных частиц в магнитном поле в условиях микрогравитации). В последующие дни он устанавливал сменные контейнеры в блок электромагнита и управлял работой электромагнита, фиксируя на видео динамику дисперсной среды в ампуле.

В этом месяце Келли и Пик участвовали в эксперименте Habitability: при помощи приложения iShort на планшетном компьютере iPad они оценивали комфортность обитаемого объема МКС.

4 декабря Юи сменил жесткий диск в установке изучения жидкостей FPEF в интересах эксперимента Dynamic Surf-3, исследующего конвекцию Мараньони в невесомости. В данном случае наблюдаются потоки силиконового масла, полученные с помощью разности температур в установке FPEF.

Также 4 декабря Линдгрен собрал 24 дозиметра эксперимента RAM, находившихся на станции с марта. Дозиметры были отправлены на Землю на «Союзе ТМА-17М».

10 декабря Скотт собрал пассивные радиационные детекторы эксперимента DOSIS-3D и передал их Олегу для возвращения на Землю. Этот эксперимент позволит создать трехмерную карту радиационной обстановки на борту МКС. Новую партию дозиметров DOSIS-3D командир станции установил в Лабораторном модуле Columbus 17 декабря.

7 декабря Келли и Юи занимались ремонтом перчаточного бокса MSG, у которого в ноябре сломались верхние направляющие (*НК* №1, 2016, с.6). Неисправность удалось устранить, и на следующий день Скотт заменил образцы эксперимента Oasis, аппаратура которого была установлена в MSG. Это исследование посвящено уникальному поведению жидких кристаллов в условиях микрогравитации, в том числе их общему движению и объединению в кристаллические слои, известные как «смектические острова».

10 декабря Челл сфотографировал образцы синтетических мышц эксперимента Synthetic Muscle. Цель исследования заключается в измерении воздействия радиации на искусственные материалы, которые помогут в будущем создать роботов для работы в экстремальных условиях радиации в космосе и на Земле.

16 декабря в стойку NanoRacks модуля Kibo планировалось установить оборудование студенческих экспериментов, доставленное на корабле Cygnus, но работа была отложена из-за непрохождения команд на оборудование. 18 декабря проблема была решена, и Келли поместил в стойку пять модулей с экспериментами, разработанными старшеклассниками. Они посвящены, в частности, очистке воды, кристаллизации белка, растительным прививкам для защиты от болезней и коррозии металла.

31 декабря Копра заменил в стойке изучения горения CIR блок подачи окислителя FOMA для подготовки к начинающемуся в январе 2016 г. эксперименту FLEX-2 по исследованию горения жидкого топлива.

В декабре в автоматическом режиме продолжался эксперимент в европейской печи EML, изучающий возможность удержания различных веществ в пространстве в условиях микрогравитации с помощью электромагнитных полей.

На западное Рождество (25 декабря) астронавты получили в подарок от NASA копии нескольких фильмов режиссера Ридли Скотта: «Марсианин», «Чужой», «Прометей», «Тельма и Луиза» и «Исход: Цари и боги».

Среди блюд на рождественском столе были деликатесы, приготовленные по заказу Тимоти Пика лондонским шеф-поваром Хестоном Блюменталем: лосось с Аляски, курица по-тайски с соусом карри, сэндвичи с беконом, яблоки на пару и сладкий крем на основе зеленых лимонов.

Знаменитый французский шеф-повар Ален Дюкасс, неоднократно снабжавший астронавтов вкусной пищей, отметил, что особой популярностью на станции пользуются блюда из бретонского омара, перепелок, тушеный с шалфеем окорок ягненка, рататуй и ракушки Сен-Жак с грушами. Из десертов экипажу приглянулись шоколадный торт, томленые в сахаре яблоки и сладкий творожный пудинг «Чизкейк». Эх, вкуснотища!

Транспортер застрял на полпути

17 декабря на американском сегменте произошла нештатная ситуация с роботизированной системой, что потребовало срочного внепланового выхода в открытый космос (EVA-34).

В этот день по командам ЦУП-Х мобильный транспортер MT, на котором «живут» мобильная базовая система MBS и дистанционный манипулятор SSRMS, должен был переместиться по «железной дороге» американской поперечной фермы из рабочей точки WS4 в точку WS2. Однако в 05:00 UTC, сразу же после начала движения, транспортер неожиданно остановился в 10 см от точки WS4, находящейся в правой передней части секции S0, с выдачей ошибки контроллером двигателя перемещения.

Попытки сдвинуть MT к точке WS2 или обратно к точке WS4 вызывали ту же самую ошибку. «Земля» была вынуждена задействовать блок MTRA для передачи электропитания на систему MBS и манипулятор SSRMS, который используется в том случае, если транспортер не находится в рабочей точке.

Анализ телеметрии и видео с телекамер показал, что MT твердо стоит на тормозах. Однако поскольку он не зафиксирован в рабочей точке, то согласно полетному правилу B12-5 нельзя использовать двигатели российского сегмента для разгрузки кинетического момента, накопленного американскими гиродинами CMG, которые поддерживают ориентацию МКС. Да и вообще в этом случае не допускается проводить серьезные динамические операции. Между тем на станцию вот-вот должен был прибыть грузовой корабль «Прогресс МС»…

В результате NASA приняло решение, что Скотт Келли и Тимоти Копра выйдут в открытый космос **21 декабря** для обеспечения передвижения транспортера обратно в точку WS4. К этому времени у специалистов уже появились догадки о причине, по которой «локомотив» MT застрял в промежуточном положении. Они увидели, что транспортер при попытках его переместить немного дергается. Вместе с ним дергается один из двух присоединенных к транспортеру «вагончиков» – левая тележка CETA. А вот правая тележка стоит мертво…

Стоит напомнить, что в ноябрьском выходе (*НК* №1, 2016, с.11) Келли занимался переконфигурацией правой тележки CETA. В частности, он сложил две тормозные ручки, зафиксировав их фалами. И вполне возможно, что по случайности один из ручных тормозов оказался во взведенном состоянии, мешая передвижению «состава»…

18 декабря Келли и Копра подогнали по размеру выходные скафандры EMU №3010 и №3003, зарядили аккумуляторные батареи скафандров, подготовили нашлемные светильники и гайковерты PGT и проверили надеваемые на EMU установки аварийного перемещения SAFER.

На следующий день астронавты обнаружили, что в скафандре Копры (№3003) не запускается вентилятор… Пришлось срочно готовить к выходу скафандр №3011. В него из 3003-го переставили аккумуляторные батареи и поглотители CO_2, а также заменили рукава и штанины. Кроме того, **21 декабря** перед выходом EVA-34 (с.17) из модуля Kibo в Шлюзовой отсек Quest был перенесен скафандр №3005, чтобы использовать его в качестве источника запчастей при необходимости.

Шунт ждет замены

В декабре велась подготовка к еще одному внеплановому выходу (EVA-35) для замены блока последовательного шунтирования SSU канала 1B системы электропитания американского сегмента, расположенного на секции S6 американской поперечной фермы и отказавшего в ноябре (*НК* №1, 2016, с.7-8). Выход намечен на 15 января 2016 г., и в нем примут участие два Тимоти – Копра и Пик.

4 декабря Скотт расчистил проход к левому порту модуля Tranquility, и на следующий день Челл забрал из пристыкованного к нему гермоадаптера PMA-3 новый блок SSU.

23 декабря после выхода EVA-34 (с.17) Копра очистил контуры водяного охлаждения выходных скафандров EMU №3010 и №3011. Затем он взял 250 мл воды из скафандров для оценки качества очистки. Тем временем Пик протестировал новый блок SSU, подключив к нему кабели от лэптопа SSC на рабочем месте в модуле Harmony.

28 декабря Келли зарядил аккумуляторные батареи скафандров, а Копра незадолго до Нового года вынул из стартового крепления и установил в модуле Quest скафандр №3008, который в EVA-35 будет использоваться Пиком. В будущем планируется, что в стартовое крепление поместят скафандр №3005 для возвращения на Землю на грузовом корабле Dragon.

Смена «Прогрессов»

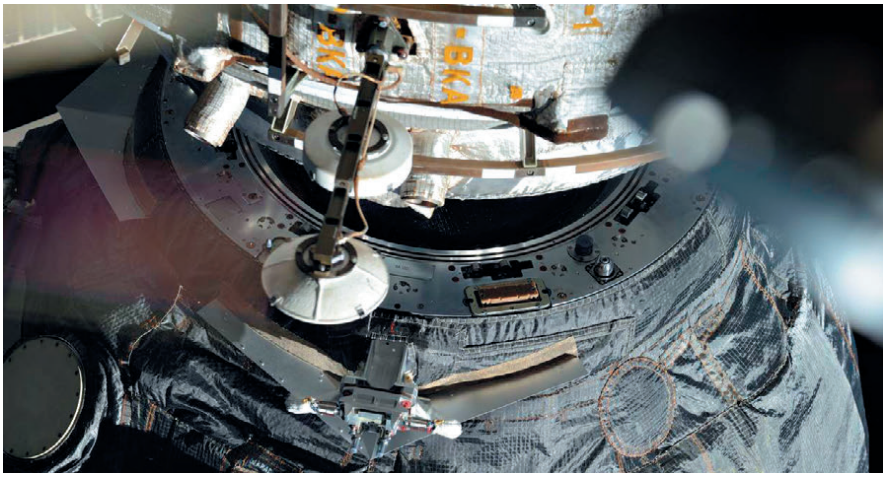
В этом месяце на российском сегменте планировались отчаливание грузового корабля «Прогресса М-28М» от Стыковочного отсека «Пирс» и прибытие на его место первого корабля новой серии «Прогресс МС».

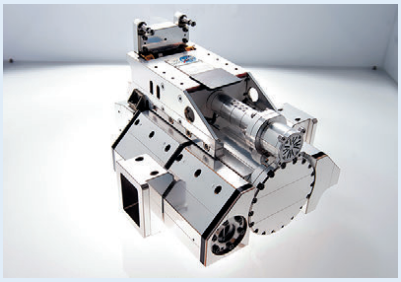
3 декабря россияне укладывали удаляемое оборудование в «Прогресс М-28М». 5 декабря ЦУП-М провел автономную проверку аппаратуры системы «Курс-П» модуля «Звезда» со стороны переходного отсека. 9 декабря был осуществлен межбортовой тест «Курса-П» модуля «Звезда» со стороны модуля «Пирс» вместе с «Курсом-А» корабля «Прогресс М-28М».

7 декабря состоялись тестовые передачи цифрового телевизионного сигнала с модуля «Звезда» через моноблок КЛ-121/122Ц на наземный пункт под Уссурийском. 9 декабря моноблок КЛ-121/122Ц проверялся в режиме межбортовой радиолинии с приемом цифрового сигнала с телевизионного передатчика КЛ-108/109Ц в модуле «Рассвет». Таким образом, имитировался канал передачи цифрового ТВ-сигнала между «Прогрессом МС» и модулем «Звезда».

14 декабря были осуществлены тестовые сеансы связи единой командно-телеметрической системы модуля «Звезда» через спутник-ретранслятор «Луч-5Б» с наземными станциями в Железногорске, Медвежьих Озерах и на Байконуре.

7 декабря космонавты установили на лэптопе RSK-1 и проверили новую версию программного обеспечения бортового тренажера по телеоператорному режиму управ-





В декабре корабль Cygnus доставил на МКС инструмент IRELL (ISS Robotic External Leak Locator), предназначенный для эксперимента по обнаружению утечек аммиака из внешней системы терморегулирования американского сегмента.

Прибор разработан Космическим центром имени Джонсона и Центром космических полетов имени Годдарда. С помощью датчика, представляющего собой маленький масс-спектрометр, обнаруживается появление аммиака во внешней газовой среде станции, а ионный вакуумный измеритель давления позволяет определить место утечки.

IRELL планируется надеть на ловкую насадку Dextre манипулятора SSRMS для тестирования и последующего сканирования аммиачных магистралей.

ления (ТОРУ) и перестыковке, а 18 декабря Сергей и Юрий провели тренировку по ТОРУ.

8 и 15 декабря атмосфера станции пополнялась живительным газом из первой секции средств подачи кислорода (СрПК) корабля «Прогресс М-28М». 17 декабря был произведен наддув общего объема МКС азотом из второй секции СрПК грузовика, куда он накануне был перекачан из системы дозаправки.

16 декабря «Земля» продула и вакуумировала заправочные устройства горючего и окислителя корабля «Прогресс М-28М», а также подзарядила его буферную и резервную батареи.

18 декабря экипаж расконсервировал «Прогресс М-28М», убрал воздуховод, демонтировал быстросъемные винтовые зажимы со стыка между грузовиком и модулем «Пирс» и в 12:55 UTC закрыл переходные люки. Из-за технической неисправности на наземном пункте под Уссурийском контроль герметичности люков был выполнен на один виток позже графика.

19 декабря в 07:35:21 на витке 97684/15 корабль отстыковался от МКС. Через три минуты при помощи двигателей причаливания и ориентации он провел 15-секундный маневр увода от станции. МКС продолжила полет по орбите наклонением 51.66°, высотой 400.57×415.36 км и периодом обращения 92.55 мин.

В 10:42:00 включился сближающе-корректирующий двигатель «Прогресса М-28М», который проработал 203.3 сек и выдал тормозной импульс величиной 104.56 м/с, достаточный для сведения грузовика с орбиты. Корабль вошел в плотные слои земной атмосферы и разрушился. Несгоревшие элементы его конструкции упали в южной части Тихого океана в 3450 км восточнее города Веллингтон (Новая Зеландия) в районе с центром, имеющим координаты 46°54′ю. ш., 142°12′з. д.

23 декабря в 10:27:01 на витке 97734/02 после двухсуточного автономного полета к модулю «Пирс» причалил «Прогресс МС» (с.23), увеличив массу комплекса до 418510 кг. После контроля герметичности в 13:34 были открыты переходные люки. Космонавты взяли пробы воздуха пробоотборником АК-1М в корабле и начали его разгрузку.

Еще 14 декабря экипаж перекачал питьевую воду в станционную емкость из бака БВ-2 системы «Родник» корабля «Прогресс М-29М», находящегося на агрегатном отсеке модуля «Звезда». 24 декабря в обратном направлении отправилась урина с российского сегмента и солевой раствор с американского сегмента.

30 декабря космонавты провели межбортовой тест системы ТОРУ с кораблем «Прогресс МС» и убедились, что серьезное замечание, зафиксированное в начале полета грузовика, сохраняется – команды, выдаваемые с ТОРУ, не проходят на корабль.

Один робот убежал от другого

17 декабря в модуле «Звезда» Волков проводил эксперимент «Контур-2» (отработка технологий телеуправления напланетными роботами с орбитального космического аппарата для решения задач исследования планет Солнечной системы).

Как рассказал научный руководитель эксперимента, заместитель главного конструктора питерского Центрального научно-исследовательского института робототехники и технической кибернетики Владимир Заборовский, сначала Сергей управлял роботом «Юла», находившимся в лаборатории института, проведя его по специально сконструированному полигону с препятствиями, имитирующему марсианский грунт.

Вторым заданием для космонавта было провести робота через препятствие в динамических условиях. «Это похоже на необходимость перейти дорогу, когда в любой момент может появиться автомобиль», – объяснил Владимир Сергеевич.

Третье задание состояло в том, что первый робот, управляемый с Земли в условиях прямой видимости, вел по лабиринту второго робота, управляемого Волковым. «Паре удалось пройти лишь часть пути по лабиринту, потому что ведомый с Земли робот все время «убегал» от робота, управляемого космонавтом», – отметил Заборовский.

18 декабря эксперимент выполнить не удалось, так как, по докладу Сергея, на лэптопе отсутствовало видеоизображение, передаваемое с Земли.

По словам В. С. Заборовского, с августа, когда началась работа с «Контуром-2», за 20 сеансов связи с МКС удалось выполнить шесть из десяти функциональных задач по управлению роботами. «Впереди еще четыре задачи. Нам надо научиться транспортировать одного робота другим, двигаться в различных средах (например, вначале робот идет по пересеченной местности, затем открывает дверь и заходит в помещение), преодолевать препятствия (перебирается через канаву, перекинув досочку) и работать в паре с общей целью (два робота тащат одно бревно, которое каждому из них в одиночку не поднять)», – рассказал Владимир Сергеевич.

Радиолюбительское общение

2 декабря Кимия с помощью радиолюбительской аппаратуры в модуле Columbus ответил на вопросы японских школьников из города Ацуги. 4 декабря Челл в ходе телемоста поговорил со студентами из шведского города Умео. В тот же день Юи вышел на связь с ребятами из японской начальной школы в Ятоми.

5 декабря в модуле «Звезда» Сергей, Михаил и Олег по радиолюбительской связи пообщались с учащимися политехнического колледжа в Магасе (Ингушетия). 8 декабря Линдгрен отвечал на вопросы старшеклассников из школы в Свентайно (Польша).

«Воздух» шалит из-за насоса

4 декабря космонавты помогали ЦУП-М разобраться с недостоверной аппаратной телеметрией в бортовой информационно-телеметрической системе БИТС2-12 в модуле «Звезда» (*НК* № 1, 2016, с. 9). Они заменили локальный цифровой коммутатор ЛКЦ2Б14.

7 декабря в 04:23 UTC вырубилась система удаления углекислого газа «Воздух» в модуле «Звезда» из-за отказа блока вакуумных клапанов БВК-1 и БВК-3. После подъема экипаж перезапустил установку. Однако 10 декабря в 00:42 система снова отключилась по тому же признаку. В 08:08 космонавты включили «Воздух», но спустя 50 мин он опять отключился. Правда, теперь уже по другой причине: неисправность автомата переключения вакуумного насоса. Две попытки запустить установку в разных режимах были неудачными: она вырубалась с тем же признаком. 14 декабря экипаж протестировал и выявил неисправность вакуумного насоса, после чего заменил его. Система «Воздух» снова работает.

19 декабря стало известно, что при замене емкости с уриной в туалете модуля «Звезда» на одном из разъемов обнаружилась жидкость. По рекомендации «Земли» космонавты решили проблему сменой шланга-тройника.

В тот же день в 08:59 отключилась система кондиционирования воздуха СКВ-2 в модуле «Звезда» вследствие срабатывания токовой защиты в блоке питания. В 10:31 систему снова запустили.

24 декабря астронавты доложили, что левый амортизатор системы виброизоляции силового нагружателя aRED сломался. По указанию ЦУП-Х Келли и Копра заменили левый, а заодно и правый амортизаторы.

Тем временем россияне попытались восстановить работоспособность измерительного комплекса ИК-0702М выходного скафандра «Орлан-МК» № 5 по каналу CO_2. Но, как и в мае, сделать это не удалось. Однако канал ΔCO_2 в скафандре работает штатно, и по его показаниям можно оценивать функционирование литиевого поглотительного патрона ЛП-10М во время выхода.

Космонавты занимались также поиском мест утечки из резервной герметичной оболочки скафандра № 5, впервые обнаруженной в ноябре (*НК* № 1, 2016, с. 8). В ходе проверки негерметичность была найдена в резервных гермооболочках левого и правого рукавов.

Перед Новым годом экипаж обработал элементы конструкции и корпус модуля «Заря» обеззараживающим препаратом «Фунгистат», чтобы вся плесень и микробы остались в прошедшем году.

EVA-34, или Работа над ошибками

А. Хохлов, А. Красильников. «Новости космонавтики»

21 декабря Скотт Келли и Тимоти Копра провели короткий внеплановый выход в открытый космос с борта МКС по американской программе, получивший обозначение EVA-34. Для Скотта он стал третьим в карьере, для Тимоти – вторым, причем проводить его пришлось всего через неделю после прилета Копры на станцию.

Основной задачей EVA-34 было обеспечить возвращение в рабочую точку WS-4 на секции S0 американской поперечной фермы мобильного транспортера MT, который 17 декабря застрял в промежуточном положении – предположительно из-за тормозной ручки на правой тележке CETA, которую Скотт мог случайно взвести в ноябрьском выходе (*НК* №1, 2016, с.11). На этот выход также имелся список дополнительных задач в случае, если возникшая проблема будет успешно и быстро решена.

Проснувшись поутру, Келли и Копра вывели азот из крови, для чего сделали в Шлюзовом отсеке Quest простые физические упражнения в кислородных масках. Затем Тимоти Пик и Сергей Волков помогли им облачиться в выходные скафандры EMU №3010 (Келли) и №3011 (Копра).

Выход официально начался в 12:45 UTC. Не мешкая, астронавты отправились на секцию S0. Келли предстояло осмотреть и снять с тормозов ручки на правой тележке CETA. На тележке установлены четыре тормозные ручки: две используются при парковке, две – при движении. Кроме того, имеется маленькая ручка для снятия с тормозов обеих парковочных ручек.

Скотт попытался пошатать правую тележку, но она стояла как вкопанная. После этого он снял ручки с тормозов – и тележка освободилась! Таким образом, предположение специалистов полностью подтвердилось.

– Она двигается сейчас, – сообщил Келли. – Я дважды толкнул ее и полагаю, что решил проблему. Это было довольно легко.

– Хорошо, Скотт, – ответил капком хьюстонского ЦУПа астронавт Майкл Хопкинс. – Мы просто хотим уточнить: когда ты сказал о движении, ты почувствовал движение тележки CETA?

– Да. Как только я сделал это, она начала двигаться вперед-назад.

То же самое Копра проделал с левой тележкой CETA, но больше для успокоения. Затем астронавты отошли от «состава», и в 13:19 транспортер по командам с Земли начал перемещение в точку WS-4. «Я наблюдаю движение», – сообщил Скотт.

А через некоторое время Хопкинс проинформировал «пустолазов», что MT добрался до WS-4: «Хорошие новости – он, кажется, достиг рабочей точки». В 13:31 транспортер был механически зафиксирован в WS-4 и подключен электрически по штатной схеме.

Теперь можно было заняться дополнительными задачами. Там же, на секции S0, Копра открыл дверцы блока вторичного распределения электропитания SPDA, чтобы в будущем манипулятор SSRMS с насадкой Dextre смог заменить вышедший из строя модуль дистанционного управления электропитанием RPCM. В феврале 2015 г. Dextre уже сменил один из таких модулей на секции P1 (*НК* №4, 2015, с.7).

Затем Копра завершил работу, не законченную итальянцем Лукой Пармитано в июле 2013 г. по причине появления воды в шлеме скафандра (*НК* №9, 2013, с.11-12): он проложил по модулю Unity и гермоадаптеру PMA-1 сетевой кабель стандарта Ethernet для российского Многоцелевого лабораторного модуля «Наука». Вторую часть кабеля уже протянули по Функционально-грузовому модулю «Заря» 2.5 года назад в российском выходе (*НК* №10, 2013, с.18-19).

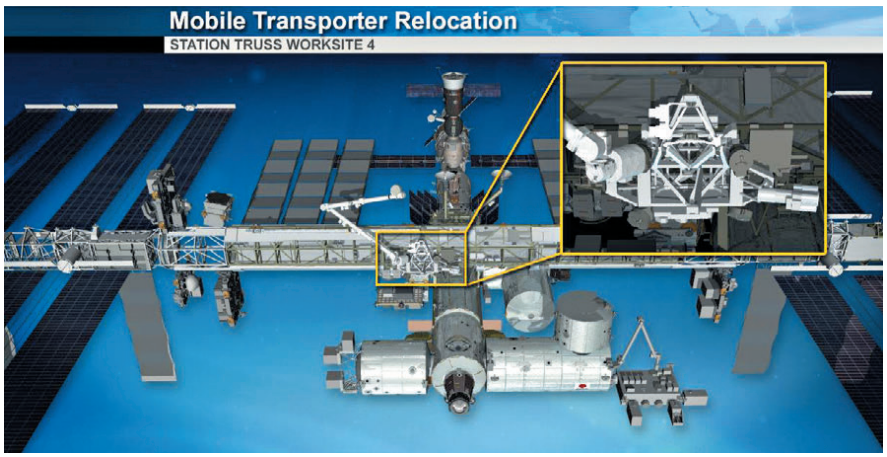
Тем временем Келли продолжил начатые в феврале 2015 г. работы по подготовке американского сегмента МКС к приему пилотируемых кораблей (*НК* №4, 2015, с.9-12). Он завершил то, что должен был сделать в октябрьском выходе (*НК* №12, 2015, с.12-13): закончил прокладку к верхнему узлу модуля Harmony кабеля W2289 (с фиолетовой биркой) для питания гермоадаптера PMA-3. После этого Скотт протянул по модулям Harmony, Destiny и Unity и подключил Ethernet-кабель для стыковочных адаптеров IDA.

Между тем Копра забрался на секцию Z1, где взял инструмент и отправился в шлюзовую камеру, прихватив с собой пустую сумку, в которой были прокладываемые кабели. Следом за ним шел Келли.

– Я просто хочу сказать спасибо всем вам, наверху, – великолепная работа! – поблагодарил экипаж Хопкинс. – Вы затратили на подготовку выхода три дня и отлично его сделали. Здесь внизу много улыбающихся лиц.

– Эй, спасибо вам, ребята, – откликнулся Скотт. – Это командная работа. Мы просто парни, которым повезло быть здесь. И мы очень ценим вашу помощь.

В 16:01 выход завершился, продлившись 3 часа 16 мин – совсем немного по сравнению с большинством других.



И. Чёрный.
«Новости космонавтики»

«Лебедь» возвращается в космос

6 декабря в 16:44 EDT:58 EST (21:44:58 UTC) со стартового комплекса SLC-41 станции ВВС «Мыс Канаверал» специалисты компании ULA (United Launch Alliance) при поддержке боевого расчета 45-го космического крыла ВВС США осуществили пуск РН Atlas V (вариант 401, миссия AV-061) с автоматическим грузовым кораблем Cygnus (миссия OA-4, также встречается обозначение Orbital CRS-4) компании Orbital ATK, предназначенным для снабжения Международной космической станции (МКС).

Старт и выведение прошли штатно, и через 21 мин аппарат вышел на низкую околоземную орбиту со следующими параметрами:

- *наклонение – 51.65°;*
- *высота в перигее – 229.3 км;*
- *высота в апогее – 238.7 км;*
- *период обращения – 89.14 мин.*

В каталоге Стратегического командования США корабль получил номер **41101** и международное обозначение **2015-072A**. Его индивидуальное имя – S.S. Deke Slayton II.

404 дня

Orbital ATK, как и ее конкурент SpaceX, имеет контракт с NASA на доставку грузов к МКС в рамках программы оказания услуг по коммерческому снабжению CRS (Commercial Resupply Services). Рейс OA-4 – четвертая рабочая[1] миссия корабля Cygnus по этому контракту (SpaceX провела уже семь оперативных[2] миссий CRS с использованием грузового корабля Dragon). Он стал первым полетом к МКС, выполненным корпорацией Orbital ATK после потери предыдущего корабля Cygnus (*НК* №12, 2014, с.1-7) и утраты корабля Dragon (*НК* №8, 2015, с.12-17). Между двумя авариями американских ракет не долетел до МКС и российский «Прогресс», получивший повреждения в результате нештатного отделения от последней ступени носителя, – наглядная, хотя и печальная демонстрация необходимости резервирования космических средств.

28 октября 2014 г. РН Antares[3], построенная Orbital ATK и несущая грузовой корабль Cygnus (миссия Orbital CRS-3), потерпела аварию на первых секундах полета, упала на стартовую площадку Срединно-Атлантического регионального космопорта MARS (Mid-Atlantic Regional Spaceport) на о-ве Уоллопс и взорвалась.

В отчетах аварийной комиссии[4] причиной аварии названа неисправность турбонасосного агрегата (ТНА) в одном из двух двигателей AJ26-62 первой ступени. На турбонасосы давно падало подозрение как на источник отказов этих ЖРД, и вскоре после неудачного пуска Orbital ATK объявила о планах перейти с AJ26-62 на другой двигатель. Удивление наблюдателей вызвал тот факт, что на конференции после аварии ракетчики Orbital сообщили, что предполагают возобновить пуски носителя Antares, установив на него новый двигатель, поиски которого начались еще… в 2012–2013 годах!

Представители Orbital упомянули, что план перехода на новый двигатель (им в результате стал также российский РД-181 разработки НПО «Энергомаш» – в сущности, младший брат РД-180, установленного на ракете Atlas V, но только однокамерный) существовал и раньше, прежде всего из-за ограниченной доступности AJ26-62 (серийное производство исходных НК-33 в России так и не налажено, при пусках используются образцы, приобретенные Aerojet Rocketdyne ранее). Авария только ускорила этот процесс и побудила форсировать модификацию носителя Antares.

Помимо ракеты, требовалось отремонтировать космодром MARS: стартовый комплекс оказался поврежден в значительно большей мере, чем казалось сначала. Монтаж нового оборудования на о-ве Уоллопс планировалось начать в конце 2015 г. – начале 2016 г.

Для того чтобы не только вернуть собственный носитель в строй, но и выполнить обязательства перед NASA в рамках программы CRS, Orbital ATK заключила контракт с провайдером ULA (United Launch Alliance), который должен был обеспечить запуск на своем

---

[1] Orbital ATK также осуществила один пробный полет в рамках предшествующей демонстрационной программы коммерческих услуг по орбитальной транспортировке COTS (Commercial Orbital Transportation Service). Обозначение OA относится к компании Orbital ATK и не применимо к предыдущим пускам Orbital Sciences с обозначениями от Orb-1 до Orb-3.

[2] Еще два полета были выполнены по программе COTS, но первый из них был демонстрационным и не предусматривал попытку стыковки с МКС.

[3] Состоит из первой ступени, разработанной украинским КБ «Южное» на основе бакового отсека носителя «Зенит» и оснащенной двигателями AJ26-62, сделанными фирмой Aerojet Rocketdyne на базе российского НК-33 из запасов, построенных еще для советской лунной ракеты Н-1 в начале 1970-х годов, и верхней ступени на базе твердотопливного двигателя Castor XL.

[4] Расследование компании Orbital ATK обнаружило заводской дефект, ставший основной причиной аварии, в то время как независимый отчет NASA также указал на наличие посторонних предметов в ТНА, хотя и не представил достаточно доказательств, чтобы предположить, как это повлияло на аварию.

носителе Atlas V одного корабля Cygnus для пополнения запасов на МКС, с возможностью осуществления второго запуска.

Компании ULA и Orbital ATK готовились к этой «промежуточной» миссии более года, проводя исследования, необходимые для подтверждения возможности запуска корабля, а также интегрируя носитель с адаптером большого диаметра, необходимым для установки Cygnus и используемым в составе Atlas V впервые.

10 августа, когда на мыс Канаверал привезли герметичный грузовой модуль корабля, датой пуска было названо 3 декабря. Она оставалась в силе 12 октября, когда на космодром был отправлен служебный модуль «Лебедя», и была подтверждена 1 декабря. На следующий день носитель вывезли на старт, чтобы осуществить пуск 3 декабря в 17:55:45 EST, однако проливной дождь не позволил это сделать.

Вторая попытка была назначена на 4 декабря в 17:33:12, однако за 3 мин 09 сек до расчетного момента система управления дала отбой из-за сильного порыва ветра. Время старта сдвинули на восемь минут, вновь запустили отсчет – и снова отбой, на этот раз на отметке T–3 мин 42 сек. Назначили третье время старта в 18:03:12 – и отсчет остановился через секунду после старта с T–4 мин!

Третью попытку назначили на 5 декабря, но отменили еще до заправки «Атласа» из-за мелких технических проблем в сочетании с плохим прогнозом. В итоге старт был назначен на 6 декабря в 16:44:57 EST, и на сей раз состоялся.

Миссия началась с подачи команды «зажигание» на РД-180 №74T первой ступени носителя Atlas V в T–2.7 сек. Двигатель, потребляющий компоненты топлива «жидкий кислород – керосин RP-1», включился и нормально вышел на режим: момент T=0 соответствовал готовности двигателя. Полет начался в T+1.1 сек, когда тяга РД-180 превысила массу носителя.

Примерно через 18.4 сек после отрыва от стартового стола Atlas начал плановый разворот по тангажу и рысканью, чтобы выйти на траекторию полета. Двигаясь по азимуту 44.4° на северо-восток через Атлантический океан, ракета достигла скорости звука через 82.6 сек после старта, а еще через 9.2 сек прошла через область максимального динамического давления.

РД-180 проработал до отметки 255.6 сек и отключился, когда рабочий запас компонентов топлива кончился. Это событие в циклограмме называется «отключением двигателя первой ступени» BECO (Booster Engine Cutoff). Отработавшая первая ступень отделилась шестью секундами позже. Затем последовала десятисекундная процедура запуска двигателя RL10C-1 верхней ступени Centaur. На восьмой секунде его работы был сброшен головной обтекатель.

Этот факт не афишировался заранее, но Cygnus со стартовой массой 7492 кг явился самой тяжелой полезной нагрузкой из запускавшихся до сего момента на ракете Atlas V – другое дело, что он выводился на низкую орбиту, а не на ГПО, и потому ракета имела огромный запас по энергетике. Пусковое «окно» имело продолжительность 30 минут – неслыханная роскошь для пусков к МКС! Более того, можно было использовать прямую схему выведения с однократным включением двигателя второй ступени.

RL10C-1 проработал в составе верхней ступени 825.1 сек. Корабль отделился через 169 секунд после окончания работы двигателя, в момент T+21 мин 05.7 сек циклограммы, на подходе к Ирландии. После отделения ступень Centaur выполнила маневр схода с орбиты и сгорела в атмосфере над Индийским океаном к югу от Австралии.

Таким образом, подготовка к миссии OA-4 затянулась на четыре сотни дней и наконец увенчалась запуском на чужой ракете (хорошо хоть ею не стала Falcon 9 конкурента SpaceX – а ведь могло быть и такое...).

Данное событие стало девятым пуском носителя Atlas V в 2015 г. и двенадцатой миссией для провайдера ULA, который также запустил две ракеты Delta IV и одну Delta II. Следующей запланированной миссией Альянса будет выведение спутника глобальной навигационной системы GPS с помощью ракеты Atlas V в начале февраля. Второй запуск корабля Cygnus компании Orbital на ракете Atlas V (миссия OA-6) в настоящее время намечен на март 2016 г., а миссия OA-5 стартует с помощью переделанного носителя Antares не раньше мая.

Интересная деталь: главный исполнительный директор Orbital ATK Дэвид Томпсон (David W. Thompson) заявил 27 октября, что его компания при заказе второго «Атласа» смогла воспользоваться решением ULA о снижении расценок на запуск. Томпсон отказался назвать сумму, но отметил, что намерение ULA снизить цену со 150 до «ближе к 100 млн $» нашло отражение в новом контракте.

Хотя Atlas V впервые обеспечил запуск к МКС, в последнее время на стартовом комплексе SLC-41 ведутся работы, направленные на обеспечение будущих миссий пилотируемых кораблей CST-100 Starliner компании Boeing. На площадке построена новая башня для посадки экипажа – она буквально выросла в начале ноября 2015 г. Ракеты по-прежнему будут собираться в соседнем Здании вертикальной интеграции VIF (Vertical Integration Facility) на мобильной пусковой платформе и вывозиться на стартовую площадку – башня стоит так, чтобы не создавать помех.

Лопоухий «Лебедь»

Состоявшийся запуск стал дебютом для «расширенного» варианта автоматического корабля компании Orbital ATK с удлиненным герметичным грузовым отсеком, вмещающим значительно большую массу грузов, чем в предыдущих миссиях. Использование ракеты Atlas V позволило привезти на станцию даже больше, чем планировалось для этой конфигурации на самом мощном варианте фирменного носителя Antares 130. При стартовой массе 7492 кг четвертый «Лебедь» вез около 3500 кг грузов для экипажа станции. Для сравнения: в пуске Orb-2 масса корабля была 4923 кг (в т.ч. 1665 кг грузов), а аварийный Orb-3 потянул на 5644 кг (грузы – 2294 кг).

Корабль Cygnus для миссии OA-4 был назван S.S. Deke Slayton II в честь Дика Слейтона – единственного представителя самой первой семерки американских астронавтов, который не летал в космос на корабле Mercury. Будучи отстранен от подготовки из-за порока сердца, он со временем стал помощником директора Центра пилотируемых космических полетов по летным экипажам и руководил подготовкой астронавтов NASA.

В марте 1972 г. Дик Слейтон сумел восстановить допуск к космическим полетам и был назначен в американский экипаж Экспериментальной программы «Apollo–Союз» (ЭПАС). Полет в 1975 г. стал единственным в карьере Слейтона: он ушел из NASA в 1982 г. в одну из молодых частных космических фирм и 11 лет спустя скончался от опухоли головного мозга.

OA-4 – уже второй корабль, который носит его имя. Первый был потерян в октябрьской аварии 2014 г. – но, как и настоящий Дик Слейтон, получил и использовал второй шанс подняться в космос.

Cygnus («Лебедь») – частный автоматический грузовой космический корабль снабжения, разработанный и эксплуатирующийся компанией Orbital Sciences Corporation (сейчас – Orbital ATK) в рамках проекта COTS и в настоящее время выполняющий грузовые полеты по программе CRS.

Cygnus состоит из двух цилиндрических отсеков – герметичного грузового модуля PCM (Pressurized Cargo Module) и приборно-агрегатного модуля SM (Service Module). Первый изготовлен фирмой Thales Alenia Space (Италия) на основе Многоцелевого грузового модуля MLM, который применялся совместно с кораблями системы Space Shuttle для доставки герметичных грузов на МКС. Второй построен Orbital ATK на основе собственной спутниковой платформы Geostar и элементов зонда Dawn.

Компания-разработчик имела возможность выполнить одну демонстрационную миссию на МКС в рамках программы COTS и в общей сложности восемь рейсов CRS. В первых четырех полетах корабль летал в стандартной конфигурации, с «коротким» модулем PCM-S. Запуск осуществлялся с помощью РН Antares фирмы Orbital ATK, стартующей из космопорта MARS в штате Вирджиния. Когда носитель Antares был усовершенствован путем установки двигателя Castor 30XL в качестве второй ступени, планировалось перейти к расширенной конфигурации с «удлиненным» PCM-E, вмещающей больше груза.

В сочетании с Atlas V усовершенствованный Cygnus сможет установить своеобразный рекорд по массе доставленного груза в рамках программы коммерческих услуг по снабжению МКС и компенсировать потерю в результате октябрьской аварии. Затем Orbital ATK планирует вернуться к пускам форсированного носителя Antares, оснащенного новыми двигателями на первой ступени. Некоторые характеристики вариантов корабля Cygnus представлены в таблице.

Характеристики двух вариантов корабля Cygnus

Характеристика	Вариант	
	Стандартный	Удлиненный
Грузовой модуль	PCM-S (Standard)	PCM-E (Enhanced)
Длина, м	5.14	6.39
Диаметр, м	3.07	3.07
«Сухая» масса, кг	1500	1800
Объем герметичного отсека, м^3	18.9	27.0
Масса доставляемых грузов, кг	2000	3500
Масса утилизируемого мусора, кг	1200	3500
Автономность суток	60	66
Солнечные батареи	Dutch Space	ATK Ultra Flex
Вырабатываемая мощность, кВт	4.0	3.5
Система навигации	TriDAR	TriDAR

В передней части грузовой модуль PCM имеет люк размерами 94×94 см, который интегрирован в 127-сантиметровое кольцо единого причального механизма CBM (Common Berthing Mechanism). Как американский корабль Dragon («Дракон») и японский Kounotori («Аист»), Cygnus оснащен пассивной частью CBM, в то время как МКС имеет активную часть причального механизма.

Перед стартом модуль PCM загружается большим спектром разнообразных грузов: продукты питания для шести членов экипажа МКС, расходные материалы, такие как комплекты гигиенического оборудования, блоки для технического обслуживания различных систем МКС и научных экспериментов и пр. Корабль не имеет возвращаемых отсеков и перед спуском с орбиты загружается отработанным оборудованием и ненужными более на станции вещами. Он может «захоронить» при входе в атмосферу до 3500 кг мусора.

Расположенный в кормовой части корабля сервисный модуль SM обеспечивает выработку и хранение электроэнергии, управление аппаратом, наведение и ориентацию, а также несет такелажный узел для захвата корабля манипулятором станции.

Модуль SM оснащен выдвижными панелями солнечных батарей (СБ), аккумуляторами и радиоэлектронным оборудованием. Стандартный вариант оснащался двумя трехсекционными «крыльями» СБ от компании Dutch Space; усовершенствованный Cygnus имеет сверхгибкие круглые панели с фотоэлементами на арсениде галлия, построенные Alliant Techsystems (ATK) – новым партнером Orbital. Последние вырабатывают до 3500 Вт – несколько меньше стандартных, но при массе всего в 25% от них. Кроме того, в транспортном положении они более компактны. Мощность, потребляемая PCM, не превышает 850 Вт.

SM также содержит основную двигательную установку и систему управления ориентацией. Для выполнения маневров коррекции орбиты Cygnus оснащен двигателем BT-4, разработанным японской компанией IHI Aerospace. Он имеет «сухую» массу 4 кг, длину 0.65 м и развивает тягу 100 фунтов (45.4 кгс), используя смесь окислов азота MON-3 и гидразин. Компоненты топлива (828 кг) хранятся в сферических резервуарах и вытесняются в двигатель сжатым гелием. Система управления, оснащенная 32 микродвигателями тягой по 7 фунтов (3.2 кгс), служит для переориентации и малых маневров при сближении.

В модуле SM также находятся блоки системы наведения, навигации и управления, оборудование для связи корабля с наземными станциями, МКС и спутниками системы слежения и передачи данных TDRS (Tracking and Data Relay Satellite).

Cygnus оснащен звездным датчиком и системой определения абсолютного положения в пространстве по навигационным сигналам GPS во время свободного полета по орбите. Во время встречи и стыковки с МКС корабль переходит на систему, определяющую его положение по отношению к станции, – так называемую навигационную систему ближнего действия (proximity navigation system).

Система, разработанная фирмой Neptec, работает по принципу триангуляции с применением лидара TriDAR (Triangulation and LIDAR Automated Rendezvous and Docking). Она не зависит от каких-либо эталонных маркеров или мишеней, расположенных на цели. Вместо них применяется лазерный датчик и тепловизоры, получающие объемную «картинку» цели, которая сравнивается с моделью, заложенной в память бортового компьютера. Это позволяет TriDAR'у определять относительное положение, дальность и относительную скорость сближения. Алгоритм проводит расчет положения в режиме реального времени с меньшим потреблением дополнительных данных (так называемый «мягкий подход»). «TriDAR работает на

дистанциях от 0.5 м до более чем 2000 м без ущерба для скорости или точности на любом конце диапазона», – говорится на веб-сайте компании Neptec.

Функциональность TriDAR обеспечивается двумя 3D-сканерами за счет мультиплексирования двух оптических путей активной подсистемы; тепловизор служит для расширения охвата системы за рабочий диапазон лидара.

TriDAR был протестирован в космосе на шаттле в миссиях STS-128, STS-131 и в последнем полете шаттла STS-135: тогда система начала отслеживание МКС с расстояния 34 км до момента стыковки, а после расстыковки получила впечатляющие изображения станции, обеспечивая объемные и тепловые образы комплекса во время облета.

После выведения на орбиту Cygnus активизирует передатчики и раскрывает панели СБ, а также проводит ряд проверок, чтобы убедиться, что все системы функционируют штатно. Используя звездные датчики и навигацию по GPS, корабль выполняет несколько включений двигателя, чтобы увеличить высоту и подобраться к МКС. Фазирование орбиты в норме занимает примерно 2.5 дня.

После попадания в зону 28-километровой «ближней» связи осуществляется переход на дифференциальную GPS-навигацию. Cygnus приближается к станции снизу, со стороны Земли и зависает непосредственно под МКС. На заключительном этапе сближения с комплексом корабль переключается на систему навигации TriDAR.

Члены экипажа МКС могут инициировать аварийный отвод аппарата с помощью командной панели, если обнаружат отклонение режимов сближения от номинала. В случае успешного подхода Cygnus останавливается на дальности 10 м от станции и переходит в режим свободного дрейфа, чтобы его мог захватить член экипажа станции с использованием манипулятора Canadarm2.

Этот же механизм используется для пристыковки корабля к одному из модулей станции. OA-4 – первая миссия снабжения, использующая надирный порт на Узловом модуле Unity: до мая 2015 г. его занимал модуль Leonardo, который в настоящее время переехал на модуль Tranquillity. Предыдущий Cygnus причаливал к надирному порту модуля Harmony.

Когда специалисты убедятся, что корабль состыкован и находится в безопасном состоянии, проверяется герметичность стыка и открываются люки между станцией и PCM, чтобы дать членам экипажа доступ к грузам. В течение месяца астронавты неспешно перемещают грузы из корабля в модули МКС, параллельно загружая PCM мусором и предметами, которые больше не нужны.

После того, как все работы заканчиваются и люки закрываются, Canadarm2 отводит Cygnus обратно на 10 м и отпускает корабль. Последний выполняет ряд маневров, чтобы покинуть окрестности МКС, а после ухода на безопасное расстояние включает двигатель, осуществляет тормозной импульс и входит в атмосферу над Тихим океаном. Во время аэродинамического торможения аппарат разрушается и сгорает. Оставшиеся мелкие фрагменты падают в море далеко от населенных местностей.

«Зажигалка» для тканей
Грузы Cygnus OA-4

В. Мохов. И. Афанасьев.
«Новости космонавтики»

Масса грузов, размещенных в грузовом отсеке Cygnus OA-4, по сравнению с предыдущей – аварийной – миссией выросла более чем на 50%. Этому способствовали и увеличенный объем отсека PCM-E, и полугодовой перерыв в доставке грузов на МКС с помощью американских автоматических кораблей. Предыдущий багаж прибыл в ходе миссии Dragon (SpaceX CRS-6) в апреле 2015 г. Потом 28 июня потерпел аварию Dragon (SpaceX CRS-7). Ситуацию со снабжением американского сегмента спас японский грузовик HTV-5 (Kounotori-5), стартовавший 19 августа и пристыкованный к нижнему узлу модуля Harmony манипулятором SSRMS 24 августа. Тем не менее и Cygnus был загружен по максимуму: по данным Orbital ATK, в PCM-S при использовании PH Atlas V можно было заложить до 3500 кг грузов. Видимо, это было округленное значение: по данным ULA и NASA, общая масса «посылок» оказалась на 13.1 кг больше.

Изменение долей различных категорий грузов наглядно продемонстрировало, что миссия OA-4 должна в первую очередь обеспечить работу систем станции, снабдить экипаж всем необходимым для нормальной жизни, и лишь оставшееся после этого место было отдано научной аппаратуре.

По сравнению с предыдущим полетом на Cygnus немного увеличились доли грузов для экипажа (1181 кг) и служебных систем МКС (1007 кг). В первую категорию попали продукты питания, одежда, предметы личной гигиены, посылки для членов экипажа и документация, а во вторую – электронные блоки, запчасти и расходные материалы для систем контроля здоровья экипажа CHeCS, жизнеобеспечения ECLSS, электропитания EPS, внутреннего терморегулирования ITCS, робототехнического комплекса снаружи станции, а также емкости газа высокого давления для пополнения системы газоснабжения американского сегмента.

В перечне доставляемых грузов – два прототипа гарнитуры дополненной реальности HoloLens компании Microsoft. Это часть информационно-пропагандистской программы, проходящей проверку NASA на пригодность для использования на борту станции. Две предыдущие гарнитуры погибли на борту корабля Dragon в июне 2015 г.

Почти вдвое вырос процент доставляемого оборудования для работы в открытом космосе (масса 227 кг). В эту категорию вошли новый скафандр EMU № 3008, запасные перчатки, страховочные тросы и батареи для скафандров EMU, новая установка для аварийного возвращения астронавта к станции SAFER, запасные элементы для системы вентиляции шлюзовой камеры Quest. Еще 87 кг пришлось на компьютеры, электронные блоки системы управления и передачи данных, фото- и телеаппаратуру.

Лишь четверть всей массы доставляемых грузов в этом полете отведено научному оборудованию. Вместе с тем за счет большей грузоподъемности корабля его общая масса (847 кг) выросла по сравнению с аварийной миссией Cygnus Orb-3 на 120 кг.

Сравнение номенклатуры грузов миссий кораблей Cygnus

Тип грузов	Масса, кг			
	Orb-1	Orb-2	Orb-3	OA-4
Грузы для экипажа	424 (33.6%)	764 (51.2%)	748 (33.7%)	1181 (35.3%)
Оборудование для служебных систем МКС	333 (26.4%)	355 (23.8%)	637 (28.8%)	1007 (30.0%)
Оборудование и материалы для научных исследований	434 (34.4%)	327 (21.9%)	727 (32.8%)	847 (25.3%)
Электронное и компьютерное оборудование, фото- и видеоаппаратура	48 (3.8%)	8 (0.5%)	37 (1.7%)	87 (2.6%)
Оборудование для работ в открытом космосе	22 (1.8%)	39 (2.6%)	66 (3.0%)	227 (6.8%)
Итого	1261	1493	2215	3349

Миссии и массы доставляемых грузов кораблей Cygnus

Миссия	Дата старта / стыковки / расстыковки / схода с орбиты	Масса доставляемых грузов, кг
Orb-D1	18.09.2013 / 29.09.2013 / 22.10.2013 / 23.10.2013	590 (данные NASA) 699.8 (данные OSC)
Orb-1	09.01.2014 / 12.01.2014 / 18.02.2014 / 19.02.2014	1261 (данные NASA) 1465 (данные OSC)
Orb-2	13.07.2014 / 16.07.2014 / 15.08.2014 / 17.08.2014	1493.8 (данные NASA) 1665 (данные OSC)
Orb-3	28.10.2014 – авария PH / 02.11.2014 (план) / 03.12.2014 (план) / 04.12.2014 (план)	2215 (без упаковки, данные NASA) 2294 (с упаковкой, данные NASA)
OA-4	06.12.2015 / 09.12.2015 / 25.01.2016 (план) / 26.01.2016 (план)	3349 (без упаковки, данные NASA) 3513.1 (с упаковкой, данные NASA)

Наука «Лебедя»

Cygnus доставил на МКС оборудование и материалы для нескольких десятков научных и экспериментов из примерно 250, запланированных на период 45-й и 46-й экспедиций.

Установка PBRE (Packed Bed Reactor Experiment) предназначена для изучения поведения газов и жидкостей, когда они одновременно проходят через колонку, заполненную определенной пористой средой. Подобное происходит во многих химических и биологических реакторах, блоках водоснабжения и регенерации систем жизнеобеспечения, в топливных элементах, тепловых трубах, установках по производству фармацевтических препаратов, при попадании питательных веществ в почву в оранжереях. Эксперимент имеет ценность и для многих геофизических приложений. Он разработан Исследовательским центром имени Гленна и компанией ZIN Technologies Inc. (оба расположены в г. Кливленд, шт. Огайо). В установке имеется несколько тестовых колонок с различными пористыми средами, запас газов и жидкостей, нагреватель для изменения условий протекания потока, а также видеокамера для съемки результатов. Экипаж станции установит оборудование PBRE в перчаточном ящике научной стойки MSG, а управление экспериментом будет вестись с Земли.

В исследовании BASS-M (Burning and Suppression of Solids – Milliken) в условиях микрогравитации будет оцениваться устойчивость к пламени текстильных материалов, используемых для изготовления одежды космонавтов. Разработчик – также компания ZIN Technologies Inc. Помимо самой установки BASS-M, для этого эксперимента Cygnus доставил на станцию 44 образца текстильных материалов – по четыре образца 11 типов. Один образец каждого типа не имеет специальной огнезащитной пропитки. В него вставлен провод, который при пропускании через него тока раскаляется и воспламеняет образец. Пламя от необработанного образца будет поджигать три других, имеющих специальную пропитку. В эксперименте будут оцениваться форма и внешний вид пламени в зависимости от скорости воздушного потока, скорость распространения и динамика. Экипаж станции смонтирует BASS-M в установку для исследования процессов горения SPICE в перчаточном ящике стойки MSG, а также будет размещать в установке образцы, задавать условия воздушного потока, запускать процесс горения и контролировать процесс съемки видеокамерой установки SPICE.

Аппаратура SABL (Space Automated Bioproduct Lab) создана в рамках биологической программы на МКС. Она предназначена для широкого спектра фундаментальных, прикладных и коммерческих биологических исследований на орбите, а также образовательных экспериментов, разработанных учащимися начальной и средней школ и университетов. Предметами исследований будут различные микроорганизмы – бактерии, дрожжи, водоросли, грибы, вирусы и прочие, а также клетки растений и ткани животных.

Кроме того, Cygnus доставил на МКС очередную порцию малых спутников и средства их развертывания:

◆ 12 КА серии *Flock 2E*, принадлежащих компании Planet Labs, для дистанционного зондирования Земли присоединятся к многим другим спутникам этого типа, которые уже развернуты в крупную группировку недорогих аппаратов для получения изображений земной поверхности;

◆ Микроспутник *SIMPL* (Satlet Initial-Mission Proofs and Lessons), известный также как HISat (Hyper Integrated Satellite), разработанный американской компанией NovaWurks в сотрудничестве с NanoRacks для отработки новой концепции нано-КА с «сотовой архитектурой», когда аппарат состоит из набора стандартных модулей;

◆ *CADRE* (CubeSat investigating Atmospheric Density Response to Extreme driving), созданный в Университете Мичигана, – тройной кубсат для отработки элементов КА Armada, разрабатываемого для изучения динамики верхней термосферы Земли, и демонстрации датчика WINCS (Wind Ion Neutral Composition Suite) для регистрации состава ионов и нейтральных частиц;

◆ *STMSat-1* (St. Thomas More Satellite 1) – образовательный одинарный кубсат, построенный учащимися начальных классов школы при соборе Святого Томаса Мора в городе Арлингтон (шт. Вирджиния);

◆ *MinXSS-1* (Miniature X-ray Solar Spectrometer), несущий миниатюрный рентгеновский спектрометр для наблюдения Солнца. Разработан в Лаборатории атмосферной и космической физики (LASP) Университета штата Колорадо в городе Боулдере. Собран на основе тройного кубсата;

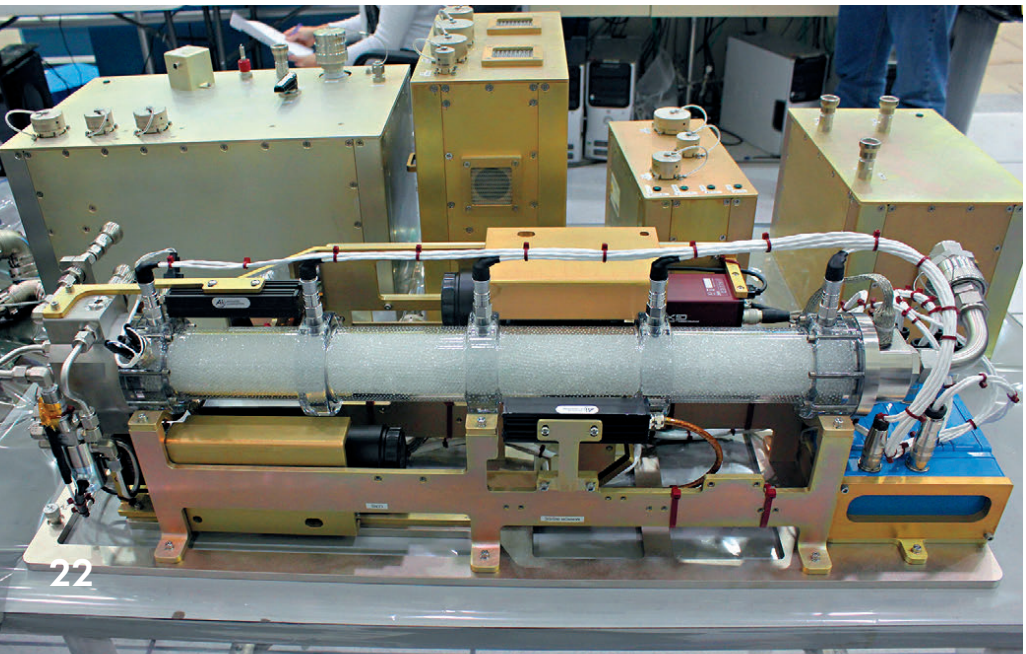
◆ *NODES 1 и 2* (Network & Operation Demonstration Satellite) – пара наноспутников на базе «полуторной» кубсат-платформы. Изготовлены совместно Исследовательским центром имени Эймса и компанией Pumpkin для демонстрации технологии «роя» КА для формирования космической связной сети. Спутник-мастер (или «капитан») будет выдавать команды на спутник-ведомый («лейтенант»). NODES был задуман в качестве продолжения подготовки к миссии EDSN, запущенной в ноябре 2015 г. как часть полезной нагрузки ORS-4 на ракете Super Strypi, которой не удалось добраться до орбиты;

◆ *AggieSat 4* (*AGS4*, он же DragonSat-2) – вторая миссия в рамках Эксперимента по тестированию навигации КА автономного сближения и стыковки на низкой околоземной орбите Lonestar-2 (Low-Earth Orbiting Navigation Experiment for Spacecraft Testing Autonomous Rendezvous and Docking; сокращение подобрано под неофициальное название Техаса – «штат одинокой звезды»). Осуществляется совместно Университетом Техаса в Остине, Космическим центром имени Джонсона (NASA) и Техасским сельскохозяйственным и машиностроительным университетом A&M в Колледж-Стейшен. Изделие представляет собой сравнительно крупный спутник AGS4 массой 50 кг, «спаренный» с тройным кубсатом Bevo-2. Аппараты будут запущены с МКС с использованием установки SSIKLOPS, а затем разделятся для совместных экспериментов в области относительной навигации, трехосной стабилизации, межспутниковой связи и определения характеристик спутникового навигационного приемника Dragon.

На место извлеченного из отсека PCM-E груза планируется разместить около 1360 кг использованного или неисправного оборудования, пустой тары, ненужных на борту вещей и прочих отходов. Вместе с кораблем они должны сгореть в атмосфере Земли в конце января 2016 г.

По материалам nasaspaceflight.com, spaceflight101,com, NASA и Orbital ATK

▼ **Установка PBRE (Packed Bed Reactor Experiment)**



Первый «Прогресс МС»

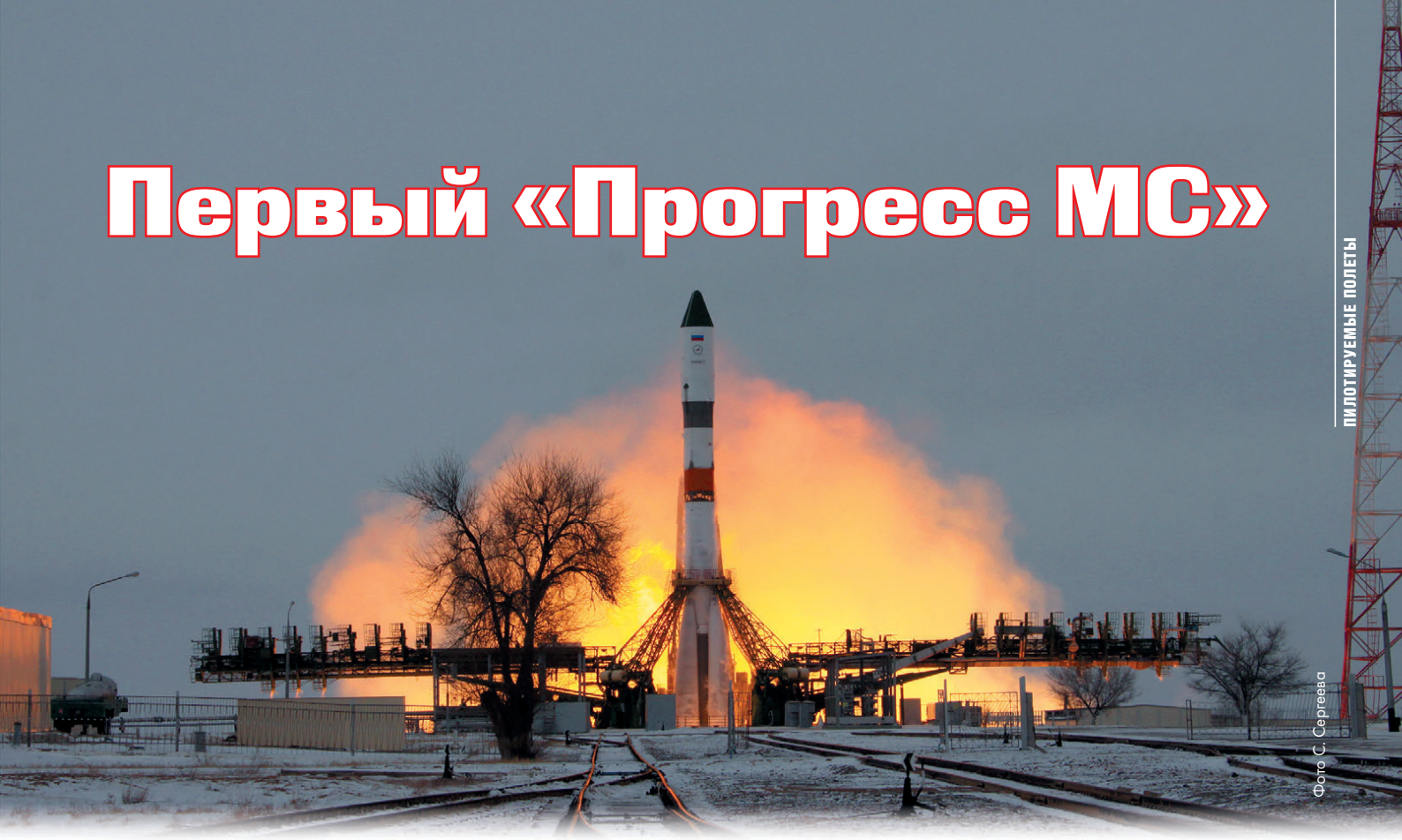


Фото С. Сергеева

А. Красильников.
«Новости космонавтики»

21 декабря в 11:44:39.465 ДМВ (08:44:39 UTC) с 6-й пусковой установки 31-й площадки космодрома Байконур стартовыми расчетами предприятий ракетно-космической промышленности России осуществлен пуск ракеты-носителя «Союз-2.1А» (14А14-1А № Р15000-026) с первым транспортным грузовым кораблем новой серии «Прогресс МС» (11Ф615А61 № 431).

Выведение корабля прошло штатно. В 11:53:27.405 он отделился от третьей ступени «Союза-2.1А» и оказался на орбите с параметрами (по данным службы баллистико-навигационного обеспечения подмосковного ЦУПа; в скобках – расчетные значения):

- *наклонение – 51.67° (51.67±0.03);*
- *минимальная высота – 192.77 км (193±2);*
- *максимальная высота – 241.09 км (245±7);*
- *период обращения – 88.55 мин (88.53±0.05).*

В каталоге Стратегического командования США «Прогресс МС» получил номер **41177** и международное обозначение **2015-080A**. В графике сборки и эксплуатации МКС его полету присвоен индекс 62Р.

Это был 1453-й пуск ракеты-носителя с Байконура с целью выведения полезного груза на околоземную орбиту или отлетную траекторию, 24-й полет «Союза-2.1А» (с учетом суборбитального пуска в 2004 г. и трех стартов «Союза-ST.A»), 385-й пуск со стартового комплекса 17П32-6 (включая 14 суборбитальных), 171-й запуск по программе МКС и 153-й полет корабля семейства «Прогресс».

Стартовая масса «Прогресса МС» составляла 7284 кг, в том числе 2436 кг грузов для станции и 880 кг собственного топлива.

Запуск и полет корабля к станции был застрахован компаниями СОГАЗ и «Ингосстрах» на общую сумму 2.2 млрд руб по договору с ЦЭНКИ.

Устранение причин аварии

Программа летных испытаний ракеты «Союз-2.1А» с кораблями «Прогресс» включала четыре пуска.

Первый пуск – с «Прогрессом М-25М» в октябре 2014 г. – прошел штатно (*НК* № 12, 2014, с.19-22), а при втором – с «Прогрессом М-27М» в апреле 2015 г. – на заключительном этапе работы третьей ступени ракеты возникла аварийная ситуация, в результате которой произошло нештатное отделение корабля. При этом грузовик очутился на нерасчетной орбите и получил повреждения, не позволившие ему выполнить стыковку с МКС (*НК* № 6, 2015, с.17-21).

Государственная комиссия по проведению летных испытаний пилотируемых космических комплексов (председатель – первый заместитель руководителя Роскосмоса Александр Иванов) выяснила, что нештатное отделение «Прогресса М-27М» случилось сразу же после выключения двигателя РД-0110 третьей ступени «Союза-2.1А» вследствие последовательной разгерметизации (вскрытия) баков окислителя и горючего третьей ступени. Причиной разрушения баков была признана конструктивная особенность совместного использования ракеты и корабля, связанная с частотно-динамическими характеристиками данной связки. Эту особенность не учли при проведении опытно-конструкторской работы по созданию нового ракетно-космического комплекса (*НК* № 7, 2015, с.9).

Для восполнения потерянных грузов график полетов «Прогрессов» к станции был пересмотрен: временной промежуток перед «Прогрессом МС», старт которого намечался на «Союзе-2.1А» 21 ноября, заняли плановый «Прогресс М-28М» и дополнительный «Прогресс М-29М». Эти два корабля доставлялись на орбиту старым «Союзом-У».

В чем же именно состояла неучтенная разработчиками конструктивная особенность поведения связки третьей ступени «Союза-2.1А» и «Прогресса»? Официально об этом не сообщалось. Вместе с тем стоит отметить, что третьи ступени «Союза-У» и «Союза-2» различаются: у них разные конструкции баков окислителя и горючего. У «Союза-2» бак окислителя более вытянут, чем у «Союза-У», а бак горючего более сплюснут. Это сделано для унификации третьей ступени при использовании с двигателем РД-0110 («Союз-2.1А») или РД-0124 («Союз-2.1Б»).

С учетом такой особенности в отчете NASA приведены два возможных сценария развития аварии. Первый заключался в появлении резонанса: частота колебаний при выключении двигателя РД-0110 совпала с частотой продольных колебаний конструкции связки, что вызвало разрушение третьей ступени. По второму сценарию быстрое выключение РД-0110 привело к мощному удару значительных остатков окислителя по верхней части бака и соответственно его вскрытию с дальнейшей разгерметизацией бака горючего.

На выполнение мероприятий по недопущению повторения аналогичной аварийной ситуации потребовалось больше времени, чем предполагалось, поэтому в конце октября запуск «Прогресса МС» был отложен на 21 декабря.

По неофициальной информации, в качестве корректирующей меры была изменена циклограмма выключения РД-0110. Для проверки этого нововведения 21 октября провели тестовый наземный прожиг двигателя.

Обновленный грузовик

«Прогресс МС» № 431 является первым представителем пятой модификации кораблей типа «Прогресс».

Напомним, что в 1978–1990 гг. были запущены 43 «Прогресса» (изделие 11Ф615А15), в 1989–2009 гг. – 69 «Прогрессов М» (11Ф615А55; в том числе два специализированных грузовых корабля-модуля 11Ф615А55.40), в 2000–2004 гг. – 11 «Прогрессов-М1» (11Ф615А55М1), в 2008–2015 гг. – 29 «Прогрессов М-М» (11Ф615А60).

Аббревиатура МС в названии корабля означает «модернизированные системы». В *НК* № 5, 2015, с.29-31 первый заместитель генерального конструктора РКК «Энергия» Евгений Микрин подробно рассказал об усовершенствованиях на «Союзе МС» и «Прогрессе МС». Часть из этих усовершенствований прошла летные испытания на «Прогрессах М-М».

По сравнению с предыдущими модификациями грузовиков на «Прогрессе МС» имеются следующие нововведения:

- радиотехническая система сближения «Курс-НА» (вместо системы «Курс-А»);
- дополнительная противометеоритная защита;
- единая командно-телеметрическая система (вместо командной радиотехнической системы «Квант-В»);
- аппаратура спутниковой навигации АСН-К (с исключением аппаратуры радиоконтроля орбиты 38Г6);
- цифровая телевизионная система (вместо аналоговой).

В старую радиотехническую систему сближения «Курс-А» входили шесть антенн: две узконаправленные с электронным сканированием 2АСФ1-М-ВКА, обзорная с механическим сканированием 2АО-ВКА и три ненаправленные АКР-ВКА. У системы «Курс-НА» в два раза меньше антенн, поскольку новая обзорная антенна АО-753А заменила сразу четыре антенны – 2АО-ВКА и три АКР-ВКА (*НК* № 6, 2012, с.10-11; № 9, 2012, с.17). Система «Курс-НА» прошла испытания на «Прогрессе М-15М» и -21М.

Дополнительная противометеоритная защита установлена на внешней поверхности грузового отсека по требованию NASA (*НК* № 6, 2012, с.11). Ее внедрение происходило в два этапа. На первом этапе – начиная с «Прогресса М-15М» – в существующий пакет экранно-вакуумной теплоизоляции (ЭВТИ) были вставлены слой из алюминиево-магниевого сплава АМг6 толщиной 0.5 мм и пустой слой толщиной 15 мм. На втором этапе в пакет ЭВТИ ввели слой перфорированного алюминия толщиной 0.2 мм, облаченный с двух сторон в стеклоткань.

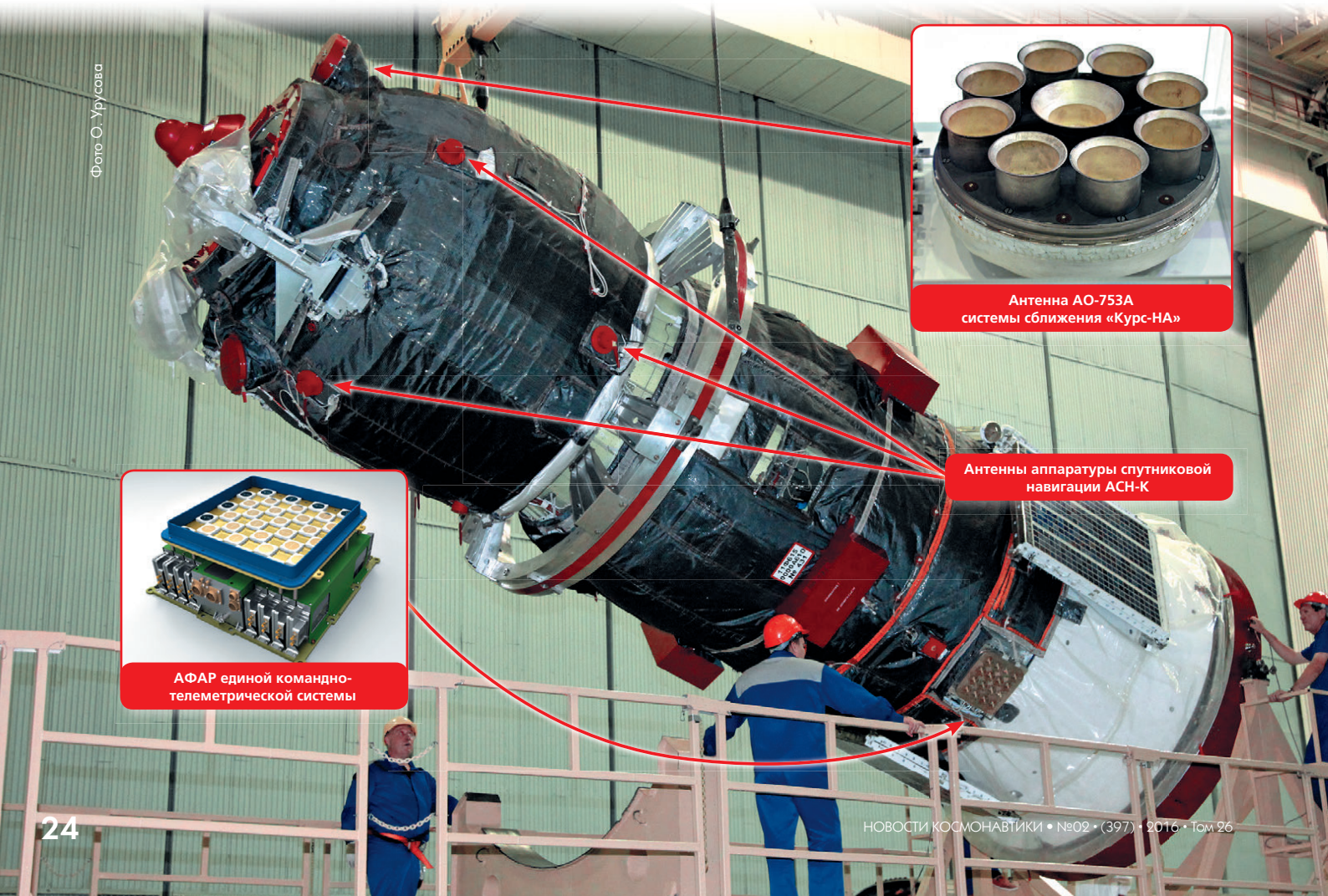
С помощью новой единой командно-телеметрической системы (ЕКТС) осуществляется закладка на «Прогресс МС» командно-программной информации и прием телеметрии с него. При этом управление грузовиком может проводиться не только с использованием наземного контура (через российские отдельные командно-измерительные комплексы), но и посредством спутникового контура (через три спутника-ретранслятора «Луч-5»).

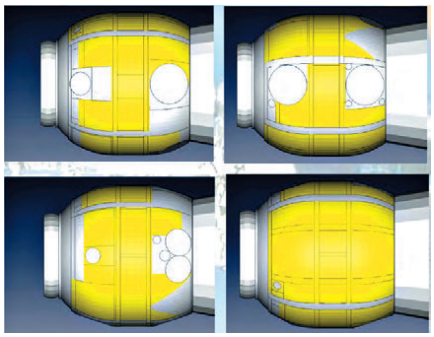
Для связи с аппаратами «Луч-5» корабль оснащен активной фазированной антенной решеткой (АФАР) S-диапазона, расположенной на приборно-агрегатном отсеке. Антенна изготовлена в московской компании «Меркурий». На сайте фирмы сообщается, что расчетная масса антенны составляет приблизительно 17 кг, габаритные размеры – 400×400×200 мм, электропотребление – не более 120 Вт.

Отметим, что элементы и контуры управления ЕКТС, а также АФАР тестировались на российском сегменте МКС. Так, в январе 2012 г. на станцию доставили моноблок ЮА309 системы ЕКТС для проверки наземного контура, а в апреле 2014 г. – антенну АФАР для испытания спутникового контура (*НК* № 6, 2014, с.15-16). В июне 2014 г. во время выхода в открытый космос антенна была смонтирована на внешней поверхности Служебного модуля «Звезда».

Новая аппаратура спутниковой навигации АСН-К принимает сигналы систем ГЛОНАСС и GPS и определяет так называемый вектор состояния корабля, то есть его координаты и скорость в текущий момент времени (*НК* № 12, 2014, с.20). После этого вектор состояния сбрасывается на Землю напрямую в зоне радиовидимости с территории России или «в обход» через спутники-ретрансляторы «Луч-5» вне зоны радиовидимости. Полученный вектор состояния используется баллистиками подмосковного ЦУПа для вычисления параметров орбиты корабля и его маневров. (Разумеется, наличие АСН-К позволяет при необходимости рассчитывать все коррекции орбиты «Прогресса МС» прямо на борту, то есть без задействования «Земли».) Аппаратура АСН-К ранее испытывалась на грузовиках, начиная с полета «Прогресса М-25М». Приемные антенны АСН-К расположены на поверхности грузового отсека в виде треугольника.

Цифровая телевизионная система не только улучшит качество изображения, передаваемого с телекамеры «Прогресса МС», но





▲ **Расположение новой противометеоритной защиты на грузовом отсеке «Прогресса МС»**

и позволит обеспечить связь между кораблем и станцией через антенны межбортовой цифровой радиолинии, находящиеся снаружи модуля «Звезда» и ранее использовавшиеся при стыковке европейских грузовых кораблей ATV. Элементы новой телевизионной системы тестировались на «Прогрессе М-14М».

Отметим одну особенность применения цифрового телевидения: в случае использования космонавтами телеоператорного режима управления для обеспечения стыковки грузовика к МКС изображение станции на видеоконтрольном устройстве в модуле «Звезда», передаваемое с корабельной телекамеры, будет формироваться с дополнительной задержкой до 0.5 сек вследствие необходимости упаковки и распаковки форматированной информации.

На отсеке компонентов дозаправки корабля «Прогресс МС-03» (№433) планируется установить пусковые контейнеры для запуска малых спутников стандарта CubeSat (*НК* №12, 2014, с.13).

ТОРУ бы не помогла...

Полет «Прогресса МС» к станции был рассчитан на два дня ввиду необходимости испытания модернизированных систем.

После выведения «Прогресса МС» на орбиту впервые в истории эксплуатации кораблей «Прогресс» был проведен сеанс связи с ним через спутник-ретранслятор. «Мы задействовали спутник на первом витке полета, – рассказал заместитель руководителя научно-технического центра РКК «Энергия» Игорь Бродский. – Примерно через десять минут после отделения от третьей ступени ракеты-носителя корабль выполнил разворот для построения ориентации на космический аппарат «Луч-5Б», находящийся на геостационарной орбите в точке 16° з.д.». (Сам сеанс состоялся примерно через полвитка после этого после входа корабля в зону видимости со спутника.)

По словам И.Э. Бродского, спутниковый контур управления значительно расширяет зоны радиовидимости и позволяет обмениваться информацией с грузовиком в течение 83% суточного времени при условии использования всех трех «Лучей-5».

21 декабря на 3-м и 4-м витках полета при помощи сближающе-корректирующего двигателя «Прогресса МС» был выполнен двухимпульсный маневр. Двигатель включился в 15:19:56 ДМВ (длительность работы – 56.5 сек, величина импульса – 22.38 м/с) и 15:55:56 (46.2 сек, 18.33 м/с). В результате корабль оказался на орбите наклонением 51.66°, высотой 275.67×288.30 км и периодом обращения 89.95 мин.

22 декабря было осуществлено тестирование цифровой телевизионной системы. На 14-м витке в 08:09:40 специалисты зафиксировали отказ навигационного модуля НМ1 в аппаратуре спутниковой навигации АСН-К. Система автоматически перешла на резервный модуль НМ2, который работал без замечаний.

На 18-м витке в 12:58:47 с использованием двигателей причаливания и ориентации был проведен корректирующий маневр (21.3 сек, 1.46 м/с), после чего грузовик поднялся на орбиту наклонением 51.66°, высотой 274.71×290.24 км и периодом обращения 89.99 мин.

Двухимпульсный маневр для выхода в точку прицеливания был проведен на 33-м витке с включением двигателей в 11:31:49 и 12:15:40 и приращениями скорости 24.78 и 35.59 м/с.

Ситуация была осложнена тем, что на 18–19-м витках не прошли тесты телеоператорного режима управления (ТОРУ) на основных и резервных комплектах передатчиков и приемников УКВ-диапазона из-за неисполнения команд на борту. Тесты были повторены 23 декабря – результат тот же. Когда «Прогресс МС» уже выполнял автономное сближение с МКС, еще одну попытку «разбудить» корабельную часть ТОРУ предпринял Сергей Волков с помощью станционной части, находящейся в модуле «Звезда».

Волков: Приступаем к работе по странице 21 [бортовой документации]. Так, все клавиши отжаты на ПУ БПС (пульт управления блоком преобразования сигналов. – *А.К.*). Включаю «Сеть». Сеть включена, есть загорание светодиодов «Сеть» и «Питание ручек [управления ориентацией и движением]». Включаю «ПУ БПС исходное» – есть загорание двух [центральных] светодиодов. Включаю «БПС исходное» – загорелись [только] два крайних [светодиода].

ЦУП-М (огорченно вздыхая): Приняли, экипаж...

Волков: Приступаю к тесту РУО по всем каналам. Крен вправо, крен влево. Так, у меня нет загорания светодиодов. Как приняли?

ЦУП-М: Вас понял, принял. Продолжайте по всем каналам. По возможности, также доклад, если что-то не загорается.

Волков: Яков, ты принял, что когда я «БПС исходное» выдал, то у меня загораются только два крайних [светодиода]?

ЦУП-М: Да, я принял. Мы все слышали. Но нам дали подтверждение, что было прохождение команды [на борт корабля].

Волков: Хорошо, продолжаю тест РУО.

ЦУП-М: Поправка-поправка! У нас в «БПС исходное» нет подтверждения [прохождения команды], но продолжаем тест ТОРУ.

Волков: Выдаю РУО тангаж вверх до упора, светодиоды не загораются. Нейтраль. Вниз – светодиоды не горят. По рысканью вправо – не горят, влево – не горят. Приступаю к тесту РУД. Выполняю по всем осям. РУД вверх – есть загорание двух крайних светодиодов, центральных нет. Нейтраль – погасли. РУД вниз – есть загорание двух крайних светодиодов, два центральных не горят. Нейтраль – погасли. РУД вправо – есть загорание двух крайних светодиодов, центральных нет. Нейтраль – погасли. РУД влево – есть загорание двух крайних светодиодов, в центре не горят. Нейтраль – погасла. Выдаю РУД на торможение – есть два крайних светодиода, центральные не горят. Нейтраль – погасли. И на разгон – есть загорание двух крайних светодиодов, центральные не горят. Нейтраль – погасли. Тест РУО и РУД закончил. Выдаю «ПУ БПС исходное» – есть загорание двух центральных светодиодов. И выдаю «БПС исходное» – есть загорание двух крайних светодиодов, центральные не горели. Как приняли?

ЦУП-М: Вас понял... Экипаж МКС, у нас тест не прошел. Больше по тесту мы никаких команд не выдаем и переходим на страницу 22, ведем контроль [сближения корабля]... Экипаж МКС, так как у нас тест ТОРУ не прошел, то контроль ведем без выдачи каких-либо команд. У нас нет резерва.

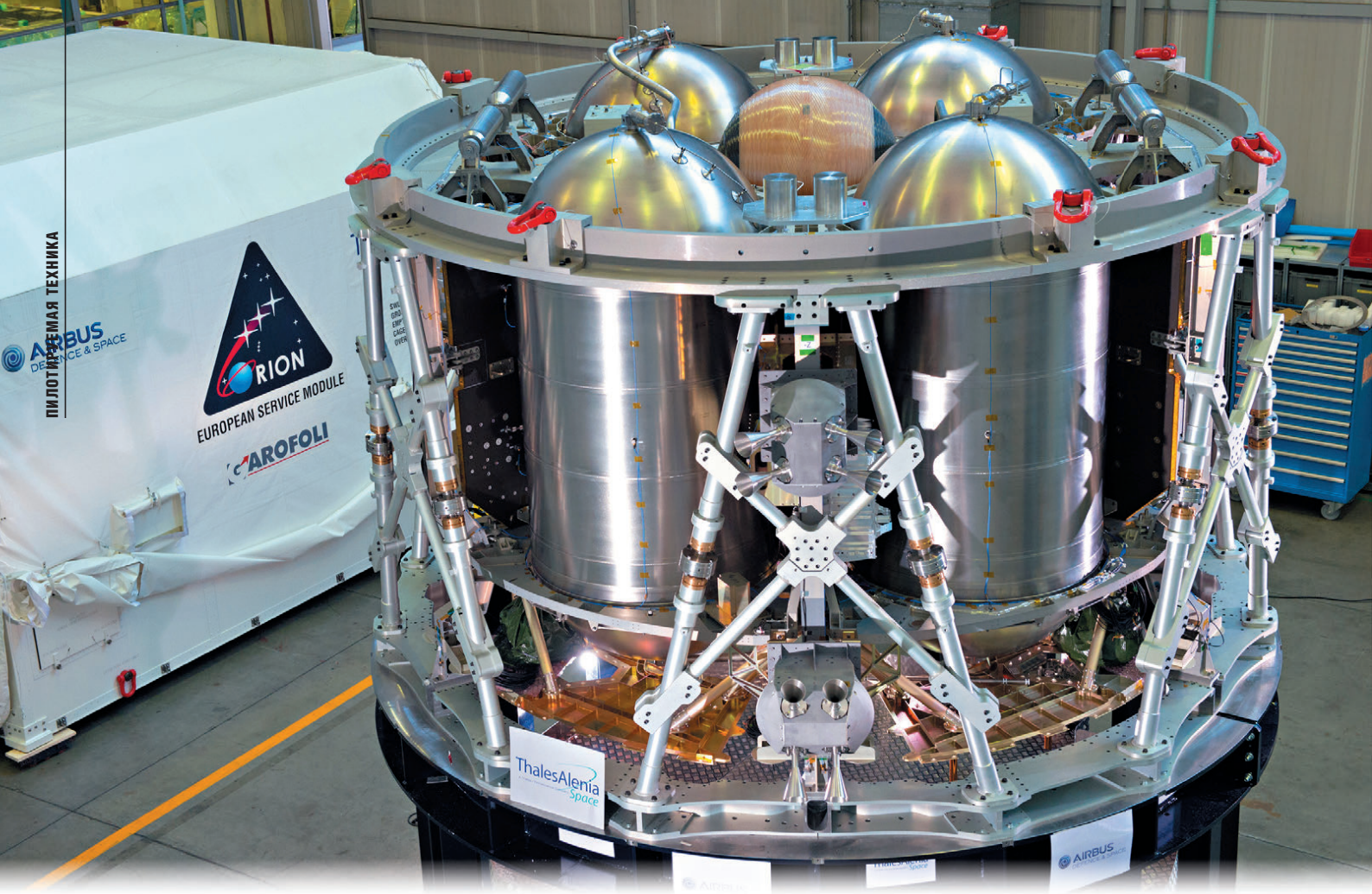
Иными словами, корабельная часть ТОРУ не реагировала на посылаемые команды и не могла использоваться в случае необходимости. Теперь оставалось уповать на штатную работу автоматики грузовика... И, в отличие от ТОРУ, она не подвела – облет станции, разворот по крену, зависание и причаливание прошли безукоризненно!

«Прогресс МС» пристыковался к модулю «Пирс» 23 декабря в 13:27:01. В этот момент станция находилась на орбите наклонением 51.66°, высотой 398.79×415.91 км и периодом обращения 92.54 мин.

По материалам ЦУПа, РКК «Энергия» и NASA

Перечень грузов корабля «Прогресс МС»

Наименование	Масса, кг
В грузовом отсеке:	***1252***
Средства обеспечения газового состава (укладки с пробозаборниками АК-1М, датчик окиси углерода, блок фильтров)	5
Средства водообеспечения (мембранный фильтр-отделитель, блок колонок очистки, емкость для воды, принадлежности для систем «Родник-1» и «Родник-2»)	196
Средства санитарно-гигиенического обеспечения (салфетки и принадлежности для ассенизационно-санитарного устройства, емкости с консервантом, контейнеры для твердых отходов, емкости для воды, мочеприемник, насос-сепаратор)	199
Средства медицинского обеспечения (одежда, средства личной гигиены, медицинского контроля и обследования, профилактики неблагоприятного действия невесомости, оказания медицинской помощи, контроля чистоты атмосферы и уборки станции)	60
Средства обеспечения питанием (контейнеры с рационами питания, наборы свежих продуктов, салфетки для средств приема пищи)	379
Средства индивидуальной защиты (аккумуляторные батареи 825М3)	17
Средства противопожарной защиты (ручной космический огнетушитель ОКР-1, средства защиты после пожара)	7
Система обеспечения теплового режима (сменные кассеты пылефильтров)	6
Система электропитания (аккумуляторная батарея)	162
Средства технического обслуживания и ремонта (мешки для контейнеров, укладка бандажей, мягкие поручни)	8
Комплекс средств поддержки экипажа (бортовая документация, посылки для экипажа, элементы питания, жесткие диски)	35
Комплекс целевых нагрузок (расходные материалы и комплектующие для научных экспериментов)	19
Оборудование для модуля «Заря» (пылесборники, санитарные салфетки для поверхностей)	8
Оборудование для модуля «Пирс» (ручной космический огнетушитель ОКР-1)	4
Оборудование для модуля «Поиск» (расходные материалы и комплектующие для научных экспериментов, укладки для системы контроля загрязнений, средства противопожарной защиты)	24
Американские грузы для российского сегмента (контейнеры с рационами питания, одежда, средства гигиены, предметы предпочтения экипажа)	85
Американские и российские грузы для американского сегмента (средства контроля среды обитания, оборудование для внекорабельной деятельности)	38
В отсеке компонентов дозаправки:	***1184***
Топливо в баках системы дозаправки	718
Газ в баллонах средств подачи кислорода (воздух – 22 кг, кислород – 24 кг)	46
Питьевая вода в баках системы «Родник»	420
Всего:	***2436***



Европейский отсек для американского корабля

NASA продолжает испытания основных компонентов комплекса для выполнения миссии EM-1 (Exploration Mission 1), запланированной на 2018 год в рамках летно–конструкторских испытаний (ЛКИ) перспективного пилотируемого корабля Orion (НК №11, 2015, с.22-23). Корабль предназначен для дальних космических миссий, таких как встреча с астероидами и полеты астронавтов к Луне и Марсу.

И. Чёрный.
«Новости космонавтики»

10 ноября 2015 г. в комплекс для испытаний космических двигательных установок SPF (Space Power Facility) в Плам-Брук, штат Огайо*, прибыло изделие для прочностных испытаний приборно-агрегатного отсека корабля. Созданный в Европе сервисный модуль ESM (European Service Module) служит для проверки готовности систем путем тестирования на стенде с имитацией условий полета.

Модуль, построенный компанией Airbus Defence and Space на основе соглашения между NASA и ЕКА, несет двигательные установки, системы маневрирования и ориентации, а также емкости для воды и кислорода, систему выработки электроэнергии и обеспечения теплового режима модуля экипажа CM (Crew Module), построенного компанией Lockheed Martin. Нервным центром корабля является модуль CM, бортовые компьютеры которого будут отправлять команды системам ESM.

«ЕКА со своим генеральным подрядчиком Airbus поставляет существенную часть корабля Orion, которая поможет нам провести следующую миссию на «лунном полигоне», – говорит Марк Кирасич (Mark Kirasich), менеджер программы Orion. – Сервисный модуль – это энергетический узел «Ориона». Наши рабочие отношения с европейцами становятся все более плотными по мере того, как мы продвигаемся в разработке корабля, предназначенного для дальних путешествий».

ESM создан на основе автоматического транспортного корабля Automated Transfer Vehicle (ATV), совершившего пять успешных миссий снабжения МКС в период с 2008 по 2014 г. Образец, доставленный на стендовый комплекс SPF, не будет использоваться в полете, но является важным заделом на пути к первому полету полноценного корабля Orion.

* *Является филиалом Исследовательского центра имени Гленна в Кливленде, шт. Огайо.*

«Мы были рады прибытию европейского тестового изделия в Кливленд, – говорит Джеймс Фри (James M. Free), директор Исследовательского центра имени Гленна. – И с нетерпением ждем работы на станции Плам-Брук. Испытательная кампания – важный шаг в обеспечении успеха первой миссии корабля Orion».

ESM покинул субподрядчика Airbus – компанию Thales Alenia Space в Италии – 5 ноября и 9 ноября на борту транспортного самолета Ан-124-100 прибыл в соседний с Центром Гленна аэропорт Кливленд-Хопкинс. Затем он совершил поездку длиной 50 миль на борту грузовика-трейлера в специальном термостатированном кожухе-контейнере. Медленный и извилистый 4-часовой маршрут проходил через сельские дороги – мимо любопытных автолюбителей и десятков удивленных зевак.

В рамках подготовки к тестированию корабля Orion комплекс космических двигательных установок в Плам-Брук претерпел реконструкцию стоимостью 130 млн $. По словам Джерри Карека (Jerry Carek), руководителя комплекса SPF, «в последние несколько лет были добавлены новые возможности для испытаний, чтобы удовлетворить требования проверки систем корабля Orion в условиях запуска».

Тестовое изделие ESM пройдет на комплексе SPF ряд испытаний, направленных на оценку прочностных возможностей конструкции и поиск любых возможных «слабых мест», чтобы внести своевременные изменения в летный образец модуля.

В феврале 2016 г. в крупнейшей в мире вакуумной камере высотой 37 м состоится серия тестов по отработке раскрытия панелей солнечных батарей, имеющих в полностью развернутом состоянии размах 18.9 м и обеспечивающих электроэнергией системы как сервисного модуля ESM, так и модуля экипажа CM. Будет также проверена пиротехника систем отделения модуля от сверхтяжелого носителя SLS (Space Launch System).

После этих испытаний в марте–апреле 2016 г. изделие ESM будет перемещено на реверберационный стенд для акустических испытаний RATF (Reverberant Acoustic Test Facility): 36 излучателей стенда способны генерировать акустическую нагрузку мощностью около 4 млн Вт, создавая в камере шум мощностью до 163 дБ в частотном диапазоне от 20 до 10 000 Гц. Для испытаний в RATF каждый компонент ESM еще до полной интеграции в сервисный модуль будет протестирован отдельно на устойчивость к шуму, эквивалентному реву 20 реактивных двигателей, а также к вибрациям во время запуска.

После этой проверки тестовое изделие ESM будет перемещено на новый механический вибрационный стенд MVF (Mechanical Vibration Facility). Он имеет шесть степеней свободы и трясет испытываемую технику по трем осям с частотами от 0 до 150 Гц и переменной нагрузкой (до 1.25 единиц – или g) по вертикальной оси. Тестовые образцы устанавливаются на алюминиевый рабочий стол диаметром 6.7 м с четырьмя горизонтальными и шестнадцатью вертикальными гидравлическими приводами. Часть MVF – большая стальная плита толщиной 8 дюймов (202 мм), прикрепленная к бетонному основанию массой 2100 тонн, называемому «сейсмической массой», которая рассеивает энергию колебаний в скальном грунте с помощью 106 напряженных тросов. Эта часть объекта используется для выполнения модального тестирования, чтобы определить собственные частоты колебаний испытательного изделия.

В настоящее время MVF занимает массогабаритный имитатор корабля Orion – изделие для виброиспытаний VTA-1 (Vibration Test Article 1), позволяющее оценить эффективность стенда и откалибровать систему измерений. После того, как VTA-1 будет демонтирован, его место займет изделие для прочностных испытаний сервисного модуля. «Мы хотим потрясти ESM при экстремальных условиях под всеми возможными углами», – говорит Роберт Овери (Robet Overy), главный инженер отдела интеграции ESM в Исследовательском центре имени Гленна.

После испытаний на стенде MVF, в августе 2016 г. будет выполнен еще один важный тест: отделение трех защитных створок обтекателя ESM, изготовленных фирмой Lockheed Martin. Они защищают сервисный модуль во время полета в атмосфере и позже сбрасываются с помощью пиротехнических устройств.

Работоспособность пиротехники и взрывное воздействие будет оцениваться инженерами SPF до того, как тестовое изделие ESM перейдет к заключительным испытаниям, имитирующим воздействие процесса разделения отсеков на сервисный модуль.

В настоящее время на комплексе SPF проходит испытания адаптер сервисного модуля, который будет соединять ESM и CM. В ближайшие месяцы сюда прибудет также тестовый образец модуля экипажа CM. Полностью собранный корабль пройдет цикл испытаний в RATF и MVF. Тщательное тестирование необходимо, чтобы убедиться в благополучном исходе миссий в дальний космос.

Наблюдатели отмечают, что в программе тестов отсутствуют термовакуумные испытания. Они будут сделаны уже на летном образце EM-1 в 2017 г. Во время этих проверок полностью собранный космический корабль будет помещен в самую крупную в мире вакуумную камеру на SPF и окружен тепловым кожухом диаметром 40 футов (12.2 м). Внутри кожуха будет циркулировать газообразный азот, с помощью которого температура может регулироваться от -160° C до +60° C (-256° F до +140° F) для проверки системы обеспечения теплового режима аппарата – ведь корабль Orion может испытывать и низкие, и высокие температуры в различные моменты своей миссии.

Существующий график предусматривает прибытие летного модуля ESM в Космический центр имени Кеннеди в январе 2017 г., за полтора года до предполагаемой даты начала миссии EM-1. Там служебный модуль будет соединен с командным, и на грузовом самолете Super Guppy, принадлежащем NASA, отправлен в SPF для предполетных испытаний, которые начнутся весной 2017 г.

После окончательного тестирования в конце 2017 г. летные образцы CM и ESM будут возвращены в Центр Кеннеди для окончательной подготовки корабля в конце 2017 г. перед запланированным началом миссии EM-1 во второй половине 2018 г.

По материалам nasaspaceflight.com и spaceflightinsider.com

▲ **Реверберационный стенд для акустических испытаний NASA располагается на объекте Плам-Брук в г. Сандаски, шт. Огайо**

▼ **Тем временем в Мичуде продолжаются работы по сборке командного модуля EM-1 «Ориона»**

На подступах к гравитационным волнам

И. Афанасьев.
«Новости космонавтики»

3 декабря в 01:04:00 местного времени (04:04:00 UTC) со стартового комплекса ELV (Ensemble de Lancement Vega) европейского космодрома в Куру (Французская Гвиана) стартовые команды компании Arianespace выполнили пуск РН Vega (миссия VV06) с научным аппаратом LISA Pathfinder, построенным европейскими компаниями и предназначенным для отработки аппаратуры поиска гравитационных волн в космосе.

Изначально пуск планировался на 2 декабря в 04:15 UTC, но был перенесен по техническим причинам.

Еще не LISA

Проект LISA Pathfinder родился как прототип сложной и дорогой разработки, названной «Космическая антенна с лазерными интерферометрами» (Laser Interferometer Space Antenna – LISA) и предназначенной для поиска гравитационных волн – тонкого явления, предсказанного Альбертом Эйнштейном при построении общей теории относительности. Речь идет о возмущении метрики пространства-времени, которое возникает при движении гравитирующих тел с переменным ускорением и распространяется со скоростью света. Гравитационная волна как бы растягивает пространство в одном направлении и сжимает в другом, ортогональном первому. Видимым проявлением этого должно быть периодическое изменение расстояния между двумя пробными массами, не испытывающими влияния никаких сил помимо гравитации.

Амплитуда гравитационных волн от обычных процессов столь мала, что зарегистрировать их на фоне разнообразных помех невозможно. Существенную амплитуду дают лишь события астрономического масштаба, в которых взаимодействуют массивные объекты, движущиеся с огромным ускорением, – например, слияние сверхмассивных черных дыр или нейтронных звезд. В первом случае генерируются низкочастотные волны (от 0.1 до 0.0001 Гц), во втором – высокочастотные (1 Гц и более).

Эйнштейн открыл гравитационные волны, что называется, «на кончике пера», но сомневался, что они когда-либо будут измерены, потому что, как он выразился, «для всех практических целей эффект настолько слаб, что мы никогда не сможем увидеть их». «Очевидно, даже великие умы могут ошибаться, – говорит Оливер Йеннрих (Oliver Jennrich), заместитель научного руководителя миссии LISA Pathfinder. – Если вы посмотрите на очень массивные объекты, гравитационные волны могут быть измерены».

В земных условиях регистрация гравитационных волн очень сложна из-за сейсмических шумов Земли (землетрясений, толчков), движения транспорта и даже из-за погоды, и тем не менее сейчас реализуются два крупных проекта для их поиска. В космосе источников возмущений меньше, но «отстроиться» от них тоже непросто. Тем не менее расчеты показывают, что в близких к идеальным условиях гравитационные волны можно зарегистрировать путем точных измерений возмущений во взаимных положениях нескольких КА на значительном удалении друг от друга. Прохождение гравитационной волны искажает метрику пространства-времени, из-за чего претерпевает изменение частота проходящего от источника к приемнику фотона. В конечном итоге предстоит регистрировать именно эти изменения.

Существующие модели говорят, что низкочастотные гравитационные волны от астрофизических событий могут изменить длину метрового стержня на 10^{-21}–10^{-24} м, что на несколько порядков меньше характерных размеров ядра атома (10^{-15} м). Следовательно, обнаружить их способен лишь интерферометр с измерительной базой в миллионы километров.

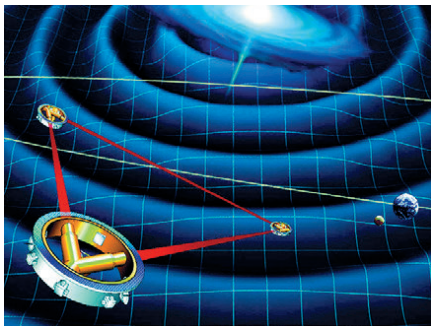
Первоначальный проект LISA был задуман еще в 1990-е годы и предполагал запуск трех аппаратов на орбиту, аналогичную орбите Земли вокруг Солнца, но в позиции в 20° позади нашей планеты. Три КА должны были составлять равносторонний треугольник со стороной 5 млн км, наклоненный на 60° к эклиптике. Каждый аппарат имел в своем составе два пробных тела – кубы со стороной 46 мм и массой 1.96 кг из немагнитного сплава 73 % золота и 27 % платины, – положение которых относительно реперных точек поддерживалось и измерялось с высочайшей точностью так называемым местным интерферометром. Далее организовывались высокоточные лазерные измерения расстояний уже между реперными точками в каждой паре КА с использованием двунаправленного длиннобазного интерферометра. В результате текущие расстояния порядка 5 млн км между тремя пробными массами должны были определяться с погрешностью в 10^{-12} м, то есть один пикометр (пм).

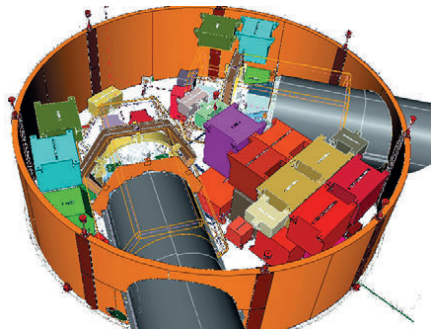
На уровне одного КА наибольшую сложность представляла тщательная компенсация всех внешних и внутренних возмущений свободного движения в гравитационном поле. Это влечет за собой ряд технических проблем в отношении магнитной чистоты, тепловой и электрической стабилизации, управления зарядом и гравитационного баланса внутри аппарата.

Внешними возмущениями в межпланетном полете являются удары микрометеоритов, поток частиц солнечного ветра и давле-

ние света. Система уменьшения возмущений, включающая пробную массу в вакуумированном объеме, датчики ее положения и микродвигатели для удержания «кубика» в центре камеры, должна обеспечить контроль положения аппарата с точностью порядка 1 нм, или 10^{-9} м. Некоторый опыт по этой части уже был: аналогичные системы устанавливались на некоторых специализированных ИСЗ, начиная от запущенного в 1972 г. американского аппарата Triad с системой компенсации DISCOS и заканчивая обсерваторией Gravity Probe B (*НК* №6, 2004) и европейским аппаратом для картирования гравитационного поля Земли и исследования океанских течений GOCE (*НК* №5, 2009).

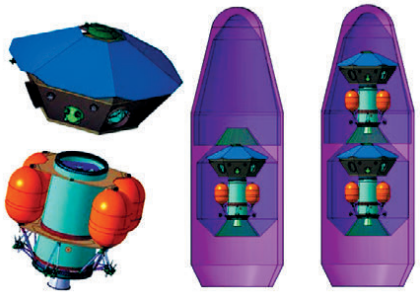
Среди внутренних возмущений можно назвать тепловые воздействия от нагрева Солнцем и со стороны бортовых приборов, накопление электрического заряда со скоростью до 50 электронов в секунду, а также собственное гравитационное поле КА. Тепловые воздействия минимизируются с размещением пробных масс в вакуумных камерах, а облучение ультрафиолетом позволяет поддерживать в них нейтральную статическую среду, невзирая на «бомбардировку» аппарата космическими лучами. Минимизация гравитационного воздействия КА достигается размещением чувствительных элементов в центре масс и тщательной балансировкой.





▲ **Первоначальный проект LISA был наиболее сложным с точки зрения науки и технических решений**

Целью проекта LISA являлось не только детектирование, но и измерение поляризации гравитационных волн, а также определение направлений на их источники. В конечном итоге путем исследования низкочастотного гравитационного излучения можно построить карту неба с нанесенными гравитационными волнами и указать направление на источник с погрешностью порядка несколько градусов. В течение нескольких лет разрешение для источников высокочастотных гравитационных волн (с периодами менее 100 секунд) можно было улучшить до нескольких угловых минут.



▲ **Проект New Gravitational wave Observatory (NGO), подготовленный взамен LISA, предполагал использование двух ракет Ariane 5**

С 2000 г. проект рассматривался как совместное начинание ЕКА и NASA, которое должно было предоставить ракету-носитель и часть системы уменьшения возмущений. Сложность задачи и неотработанность ряда технологий обусловили большую длительность подготовительного периода и заставили сразу же предусмотреть этап летных испытаний на тестовом аппарате LISA Pathfinder.

В 2005 г. компании Astrium GmbH был выдан контракт на определение облика трех основных КА. Проект был одним из трех кандидатов на финансирование в рамках программы ЕКА Cosmic Vision 2015–2025 по классу L «флагманских» проектов и, вероятно, был бы утвержден, если бы в апреле 2011 г. администрация Обамы не объявила об отказе США от дальнейшего участия в нем под предлогом отсутствия средств.

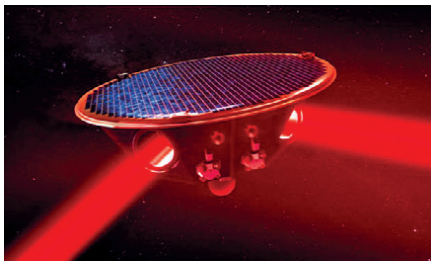
Европейские разработчики быстро «перегруппировались» и предложили проект NGO – урезанный вариант LISA с четырьмя пробными массами и двумя двунаправленными длиннобазными интерферометрами – под запуск на Ariane 5. Однако в мае 2012 г. Комитет научных программ ЕКА выбрал в качестве миссии L1 проект JUICE для исследования системы Юпитера.

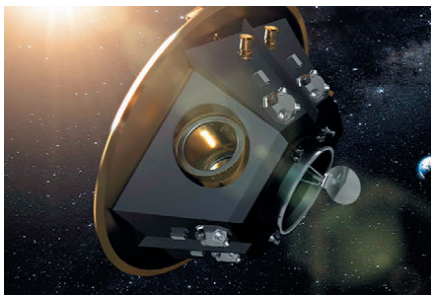
В марте 2013 г. ЕКА объявило конкурс на научные темы миссий L2 и L3 и в ноябре объявило, что темой для L3 выбрана «Гравитационная Вселенная» с задачей поиска гравитационных волн. В третьей своей инкарнации проект носит название eLISA и предусматривает запуск трех аппаратов с четырьмя лазерными связями и с сокращенной до 1 млн км дистанцией. Расстояния между тестовыми массами будут измеряться интерферометрически с погрешностью до 10 пм.

«Эта миссия позволит нам изучить Вселенную с совершенно иного ракурса, – говорит профессор физики Тимоти Самнер (Timothy Sumner), руководитель работ по проекту eLISA в Имперском колледже Лондона. – Мы можем наблюдать Вселенную… в видимом, инфракрасном, рентгеновском или субмиллиметровом диапазоне. Но в случае с гравитационными волнами нам необходим метод совершенно иного способа сбора информации. Это то же самое, как если бы мы смотрели телевизор без звука и вдруг звук неожиданно включился, тем самым дав нам возможность гораздо лучше воспринимать поступающую информацию.

Открывающиеся перед нами перспективы нельзя описать обычным восхищением. Они намного выше. Только представьте, что эта миссия позволит нам наиболее отчетливо понять, почему Вселенная выглядит именно так, как она выглядит, обладает ли гравитация скоростью света*, когда и как образовались первые черные дыры, какие силы стоят за формированием галактик, как расширяются звездные скопления и галактики, как появляются компактные двойные системы звезд, и, вероятно, даже даст возможность увидеть первые секунды после Большого взрыва».

Миссия eLISA для реального обнаружения и измерения гравитационных волн должна стать одним из наиболее амбициозных экспериментов в области астрофизики. Однако датой запуска по проекту L3 уже сейчас называется 2034 год, его стоимость оценена в 1 млрд евро, причем полноценное финансирование не начнется ранее второй половины 2020-х годов. Далеко не факт, что до практического использования результатов экспериментального аппарата вообще дойдут руки…





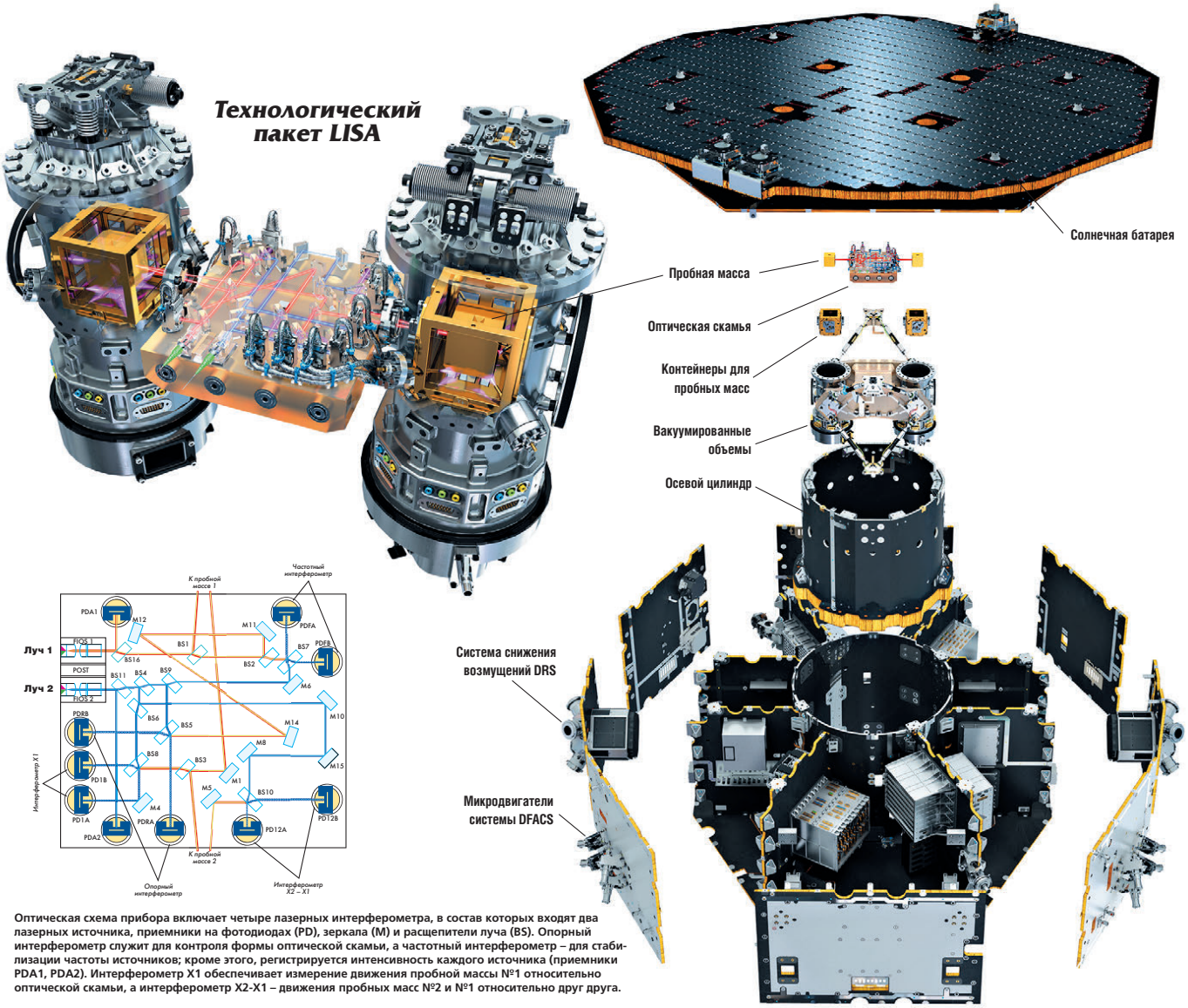
▲ **Проект eLISA состоит из «материнского» аппарата и двух «дочек» с лазерными связями на расстоянии 1 млн км**

Аппарат-первопроходец

Итак, LISA Pathfinder (LPF) – это технологический демонстратор для отработки технологии «свободного» полета КА в соответствии с «пожеланиями» пробной массы с одной стороны и высокоточного (до 10^{-12} м) измерения текущего расстояния между пробными массами с другой. Цель эксперимента – продемонстрировать, что когда два несвязанных материальных тела находятся в состоянии свободного полета в пространстве, возможно снизить внешние и внутренние возмущения до уровня, при котором относительное положение двух тел может быть измерено с необходимой точностью. Очень точное отслеживание двух пробных тел внутри одного КА с помощью оптической интерферометрии позволит ученым вычислить их относительное ускорение.

Экспериментальный аппарат для теста метрологических характеристик, необходимых для обнаружения низкочастотных гравитационных волн, был предложен в 1998 г.

** Некоторые варианты теории гравитации, отличные от эйнштейновского, постулируют, что скорость гравитационных волн может быть больше скорости света, вплоть до бесконечной.*



Оптическая схема прибора включает четыре лазерных интерферометра, в состав которых входят два лазерных источника, приемники на фотодиодах (PD), зеркала (M) и расщепители луча (BS). Опорный интерферометр служит для контроля формы оптической скамьи, а частотный интерферометр – для стабилизации частоты источников; кроме этого, регистрируется интенсивность каждого источника (приемники PDA1, PDA2). Интерферометр X1 обеспечивает измерение движения пробной массы №1 относительно оптической скамьи, а интерферометр X2-X1 – движения пробных масс №2 и №1 относительно друг друга.

Тогда он назывался ELITE (European LISA Technology Experiment) и должен был работать на геостационарной орбите. В 2000 г. проект существенно дополнили и подали на конкурс ЕКА в качестве второй «малой миссии в области перспективных исследовательских технологий» (Small Missions for Advanced Research in Technology, SMART)*. На двух КА в совместном полете предполагалось отработать технологии сразу для двух больших миссий – LISA и Darwin (поиск землеподобных экзопланет).

В ноябре 2000 г. Комитет научных программ ЕКА одобрил это предложение, однако после проработки его силами промышленности второй КА в интересах проекта Darwin отпал, а первый получил современное имя LISA Pathfinder. Тогда на него предполагалось установить две эквивалентные по возможностям полезные нагрузки – LTP (LISA Technology Package) от ЕКА и DRS (Disturbance Reduction System) от NASA. Каждая из них должна была включать два инерциальных датчика, лазерную метрологическую систему, двигатели микроньютонового класса и программное обеспечение для свободного полета. Впоследствии часть элементов LTP перекочевала в состав служебных систем, а DRS был сокращен до набора микродвигателей и процессора управления с получением датчиковой информации от LTP.

Создание аппарата стартовало после защиты системных требований в ноябре 2004 г. Запуск первоначально планировался на 2006 г., однако технологические трудности оказались велики, задержав готовность к эксперименту на много лет. В итоге он оказался приурочен к юбилею – столетию публикации пионерской работы Эйнштейна по общей теории относительности.

Итак, основным полезным грузом демонстратора LPF является LTP, так называемый «технологический пакет LISA», который собрали различные научные учреждения со всей Европы и интегрировали в германском филиале компании Airbus Defence and Space (бывший Astrium). По сути это длиннобазный интерферометр основного проекта, только сжатый в длину с 5 млн км до 38 см. Конечно, с таким коротким плечом LISA Pathfinder не сможет регистрировать гравитационные волны – задача эксперимента состоит прежде всего в определении уровня измерительных шумов.

LTP содержит две тестовые массы, «передатчик» и «приемник», с допплеровской связью между ними. Это означает, что для определения изменения взаимного положения кубиков с точностью порядка пикометров используется лазерный интерферометр с многократным переотражением. Концепция эксперимента заключается в создании экспериментально обоснованной физической модели всех возмущающих эффектов, таких как случайные внешние воздействия и влияние самих оптических измерений, которые ограничивают возможности изучения пробных тел в условиях идеального свободного падения.

Исследователей интересуют уровни конкретных помех – это фазовый шум ускорений, вызванный относительным движением источника и приемника под действием негравитационных сил, шум считывания и шум, связанный с отличием допплеровской линии от идеальной схемы, в которой бы непосредственно измерялось относительное ускорение двух точечных частиц.

«[Наша] конечная цель – убедиться, что мы можем добиться движения строго по геодезической линии и измерить его, – пояснил Сезар Гарсиа Мариррodрига (Cesar Garcia Marirrodriga), менеджер проекта LPF. – Пришлось поработать над источниками шумов, узнать их и подавить. То, что останется, будет движением по прямой линии».

«Мы хотим узнать все возможное о физике свободного тела, – сказал научный руководитель проекта LPF Пол МакНамара (Paul McNamara), – и все, что мы узнаем, послужит разработке будущей миссии».

** На SMART-1 в ходе полета к Луне в период с 2004 по 2006 г. отрабатывались межорбитальные перелеты с малой тягой.*

В итоге LISA Pathfinder позволит отработать почти все проектные решения основного проекта eLISA, за исключением специфической аппаратуры длиннобазисного канала: высокостабильные телескопы, высокоточная фазометрия и стабилизация частоты. Более того, аппарат разрабатывался с таким расчетом, чтобы его компоненты могли использоваться в «большом» проекте LISA (ныне eLISA) с небольшими изменениями или совсем без них.

На LISA Pathfinder будут испытаны:

◆ комплект инерциальных датчиков, известный как GRS (Gravitational Reference Sensor);

◆ интерферометрия между свободно плавающими пробными массами;

◆ система парирования возмущений и управления ориентацией DFACS (Drag-Free and Attitude Control System);

◆ двигательная установка микроньютонового уровня тяги.

В ходе эксперимента предстоит проверить:

❖ возможность точного дистанционного управления КА с двумя тестовыми массами;

❖ осуществимость лазерной интерферометрии в желаемом диапазоне частот;

❖ работу устройства фиксации тестовых масс при запуске и освобождении в полете;

❖ принцип удаления электростатического заряда с тестовых масс;

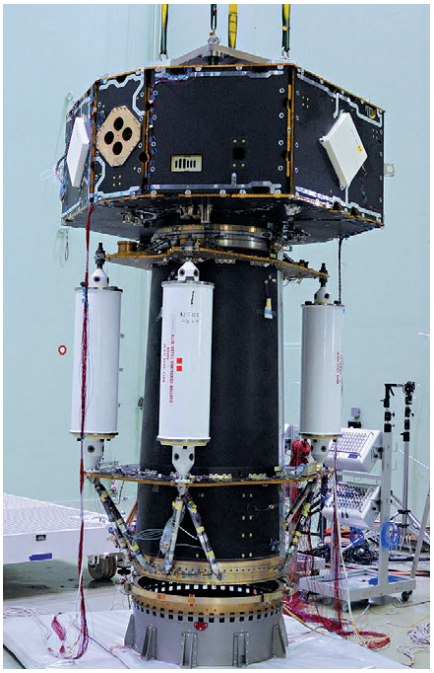
❖ надежность и долговечность различных компонентов – сенсоров, микродвигателей, лазеров и оптики.

Для LISA Pathfinder изготовлен набор детекторов, способных измерять температуру и магнитные поля как пробных масс, так и оптического инструментария. Аппарат оборудован даже аппаратурой для искусственной «стимуляции» системы: она содержит нагревательные элементы, которые могут неравномерно распространять тепло внутри зонда, тем самым вызывая искажение данных оптической аппаратуры и давая ученым возможность увидеть, как меняются результаты измерений при вариации температур.

Итак, аппарат будет надежно защищать расположенные внутри него пробные тела от внешнего воздействия. По словам разработчиков, «это будет самое спокойное место в Солнечной системе». Однако чтобы еще лучше укрыться от гравитационных помех со стороны небесных тел, таких как ближайшие планеты и их спутники, LISA Pathfinder запускается на орбиту вокруг точки Лагранжа L1 системы Солнце–Земля, расположенной между нами и светилом на удалении около 1.5 млн км.

Точка Лагранжа L1 предлагает квазиустойчивую гравитационную среду: притяжение обоих небесных тел позволяет находящемуся в ней объекту обращаться вокруг Солнца с той же угловой скоростью, что и Земля. Тело вблизи L1 описывает сложную траекторию, близкую к геометрическим фигурам Лиссажу. К сожалению, L1 динамически неустойчива – это так называемая седловая точка. Поэтому отклонения от идеальной траектории имеют тенденцию нарастать и требуют регулярных коррекций.

Характер изменения орбиты Лиссажу в значительной степени зависит от ее начальных параметров, а именно от фазового угла



▲ **Конструкция двигательного модуля проста – силовой цилиндр, баки и двигатель (на фото отсутствует)**

и расстояния до L1. Аппарат LISA Pathfinder будет обращаться на расстоянии от 500 до 800 тыс км от L1 с периодом 180 суток.

Движение вблизи точки L1 обеспечивает не только равновесие по отношению к гравитационной и магнитной среде, но и стабильные тепловые условия, поскольку аппарат будет постоянно освещен Солнцем. Еще одно достоинство – возможность постоянной связи при относительно низкой задержке на время распространения сигнала, порядка 10 секунд в обе стороны.

Подготовкой и реализацией миссии LISA Pathfinder с бюджетом 430 млн евро (не включая вклад США и отдельных стран Европы) занимается ЕКА. В процессе участвуют европейские аэрокосмические компании и исследовательские институты из Британии, Германии, Испании, Италии, Нидерландов, Франции, Швейцарии, а также представители NASA.

Управление миссией LISA Pathfinder осуществляется из Европейского центра космических операций ESOC в Дармштадте, тогда как контроль над научными и технологическими операциями будет производиться из Европейского центра космической астрономии ESAC (European Space Astronomy Centre) в Вильяфранка (Испания). Связь с аппаратом в рабочей области будет осуществляться с помощью станций дальней связи ЕКА в Испании, Аргентине (основные) и Австралии.

Волшебная коробка с лазерными лучами

LISA Pathfinder был построен компанией EADS Astrium (в настоящее время – Airbus Defence and Space Ltd.). КА массой 1906 кг имеет при старте высоту 3.137 м при диаметре 2.429 м и состоит из двух разделяющихся компонентов – экспериментального модуля (ЭМ) и двигательного модуля (ДМ), который используется для перевода КА с низкой околоземной орбиты выведения на траекторию полета к точке L1 с последующим выходом на орбиту вокруг нее. Электроэнергия во время перелета и при работе после прибытия обеспечивается панелями солнечных батарей, установленными на ЭМ.

ДМ имеет массу около 1420 кг, из которых примерно 1200 кг приходится на топливо и газ наддува. Модуль, созданный на базе спутниковой платформы Eurostar 2000, имеет высоту около 1.9 м и диаметр около 2.1 м и состоит из силового цилиндра, вокруг которого установлены четыре топливных бака. Компоненты топлива – четырехокись азота (окислитель) и несимметричный диметилгидразин (горючее) – вытесняются из баков сжатым гелием.

Маршевый двигатель ДМ развивает среднюю тягу около 400 Н при удельном импульсе 321 сек. Он применяется для последовательных маневров перевода КА с низкой околоземной орбиты на траекторию межпланетного полета и выхода на орбиту вокруг L1. Двигатель работает при соотношении компонентов 1.65:1 и среднем давлении в камере 9.87 атм.

Для управления ориентацией в полете к L1 служат четыре пары двухкомпонентных микродвигателей тягой 10 Н. Их камеры и сопла изготовлены из сплава платины, выдерживающего рабочую температуру 1500°C. Для достижения удельного импульса 291 сек двигатель работает при соотношении компонентов 1.65:1 и среднем давлении в камере 8.88 атм. Он сертифицирован на продолжительность функционирования 70 часов при миллионе импульсных циклов включения.

После выхода на орбиту вокруг точки L1 аппарат разделяется и далее работает только ЭМ, выполненный в виде восьмиугольной призмы высотой 0.96 м и диаметром 2.31 м с сухой массой 435 кг и запасом рабочего тела

57 кг. Кроме служебных систем, он несет полезную нагрузку массой 141 кг, включающую два основных инструмента:

◆ от ЕКА – «технологический комплект» LTP (LISA Technology Package; исполнитель – Airbus Defence & Space GmbH);

◆ от NASA – систему снижения возмущений DRS (Disturbance Reduction System, исполнитель – JPL).

В данном случае разделение на платформу и полезную нагрузку неинформативно, поскольку все системы аппарата непосредственно обеспечивают эксперимент. Более того, формально в число служебных систем входят европейская двигательная установка с микродвигателями на холодном газе и система управления движением DFACS, обеспечивающая компенсацию возмущений и свободный полет в поле гравитации.

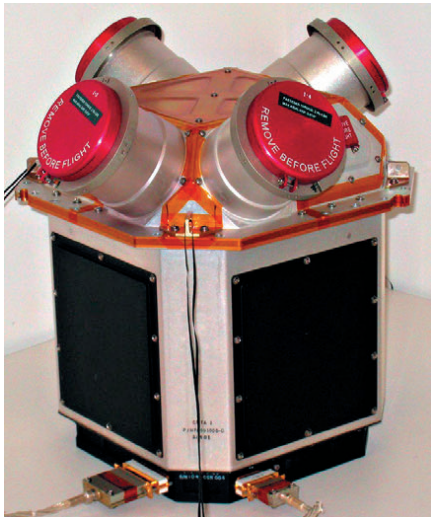
Первоначально проектом предусматривалось использование электрореактивных микродвигателей FEEP (Field Emission Electric Propulsion), однако в июне 2012 г. был выбран альтернативный вариант с двигателями на холодном газе тягой от 1 до 500 мкН, ранее опробованными на КА Gaia. Рабочим телом является 57 кг азота, хранящегося в двух баках под давлением 310 атм.

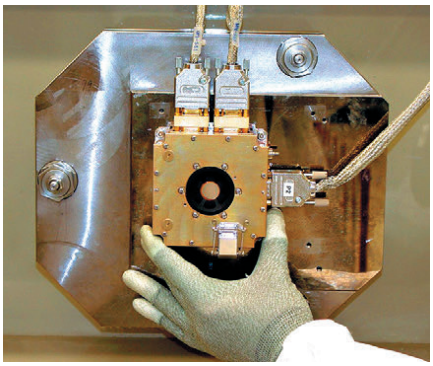
Созданием ЭМ занималось британское отделение компании Airbus Defence and Space в Стивенидже. Основной инструмент – LTP – встроен в центральную силовую трубу аппарата. Все остальные системы платформы и полезной нагрузки смонтированы как можно дальше от LTP, на поперечных элементах, соединяющих трубу и внешние панели корпуса.

Конструкция для установки подсистем выполнена из пластика, армированного углеродным волокном. Панели состоят из сэндвичевых структур и оболочек. Силовое кольцо, соединяющее ЭМ и ДМ, изготовлено из алюминиевого сплава.

Зенитная панель КА закрыта солнцезащитным «козырьком», на котором смонтирована единственная панель солнечных батарей из фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) на основе арсенида галлия с тройным переходом. Панель имеет площадь 2.8 м^2 и должна вырабатывать около 650 Вт к концу срока активного существования. На панели установлены 39 последовательных линеек ФЭП по 24 элемента в каждой. Электроэнергия накапливается в литий-ионном аккумуляторе емкостью 33 А·ч. Бортовая сеть использует напряжение 28 В.

▼ Американская система снижения возмущений





▲ Цифровой солнечный датчик

В составе LTP остались инерциальные датчики, лазерный интерферометр и связанная с ними аппаратура считывания информации. Американская система DRS использует комплект электроракетных коллоидных двигателей CMNT (Colloid Micro-Newton Thruster), сконструированных компанией Busek, и специализированное программное обеспечение. Она была разработана в рамках проекта Space Technology 7 программы New Millennium.

Система управления КА включает два автономных звездных датчика, два цифровых солнечных датчика и два блока волоконно-оптических гироскопов. Кольцевые лазерные гироскопы GG1320 фирмы Honeywell обеспечивают определение угловых скоростей, если они слишком велики для звездных датчиков (более 2°/с). Органами управления в перелетной конфигурации служат четыре пары двухкомпонентных микродвигателей на ДМ, а после разделения – шесть блоков микродвигателей на холодном газе (три основных и три резервных, по два двигателя в каждом), установленных по бокам ЭМ. Система обладает избыточностью и обеспечивает резервирование.

Система команд и обработки данных LISA Pathfinder образует основной интерфейс приема и исполнения команд, обеспечивая операции с системами полезной нагрузки и с «бортом» КА. Сердцем системы является центральный бортовой компьютер, который взаимодействует со всеми служебными подсистемами, а также с двумя европейскими полезными нагрузками через блок управления данными. Компьютер включает два процессорных модуля: каждый основан на одночипном центральном процессоре ERC32, работающем на частоте 22.5 МГц, с 6 Мбайт оперативной памяти, 1.5 Мбайт постоянной стираемой памяти типа EEPROM и 64 кбайт – типа PROM. Два блока хранения информации позволяют LISA Pathfinder накапливать 12.5 Гбит данных. Компьютер использует архитектуру шины данных 1553 для связи с внешними системами, а внутренние системы работают через стандарт SpaceWire.

Система связи КА функционирует в X-диапазоне. Основной канал работает через антенну с высоким коэффициентом усиления (прием на частоте 7230 МГц, передача на частоте 8495 МГц), используя новый транспондер X2PND разработки Thales Alenia Space с пропускной способностью 8 Мбит/с с орбиты вокруг L1. Связь может также вестись через две полусферические всенаправленные антенны с низкой скоростью передачи данных (60 кбит/с на околоземной орбите и 1 кбит/с в районе L1), а при построении грубой ориентации – через средненаправленную рупорную антенну, обеспечивающую скорость передачи данных 120 кбит/с.

Долгое путешествие в точку абсолютного покоя

LISA Pathfinder ушел в полет на шестом экземпляре легкой европейской ракеты Vega, которая вместе с европейской Ariane и российским «Союзом» обеспечивает миссии ЕКА. Этот пуск ознаменовал готовность европейского провайдера Arianespace к рабочей эксплуатации нового носителя, который состоит из трех ступеней на твердом топливе (на гидроксил-полибутадиеновой основе) и верхней ступени AVUM с жидкостным двигателем для обеспечения более точного выведения на орбиту.

Двигатель P80FW первой ступени проработал 110 сек; через 3 сек последовало разделение, а еще через секунду включился двигатель Zefiro-23 второй ступени. Он функционировал примерно 77 сек, прежде чем началась короткая баллистическая пауза.

Отработавшая вторая ступень отделилась на 217-й секунде полета. Через 12 сек после этого включился двигатель Zefiro-9 третьей ступени и проработал 119 сек. Головной обтекатель отделился от носителя в T+243 сек, или через 14 сек после включения третьей ступени.

По окончании работы Zefiro-9 ракета летела по баллистической траектории 42 сек,

после чего прошло разделение ступеней и включился модуль ориентации ступени AVUM (Attitude Vernier Upper Module). Первый импульс, выданный двигателем РД-869 на топливной паре «четырехокись азота и несимметричный диметилгидразин», продолжался с 449-й по 983-ю секунду полета и сформировал начальную орбиту. Последовал долгий пассивный участок траектории продолжительностью 84 мин 56 сек, за которые головной блок совершил почти полный оборот вокруг Земли. Второе включение блока AVUM имело небольшую продолжительность, всего 94 сек, и сформировало орбиту, на которой через 105 мин 33 сек после старта отделился LISA Pathfinder. Еще через 10 минут AVUM выдал семисекундный импульс увода.

Расчетная орбита LPF имела высоту 207×1540 км. Параметры фактических орбит выведенных объектов, а также их номера и международные обозначения в каталоге Стратегического командования США, представлены в таблице.

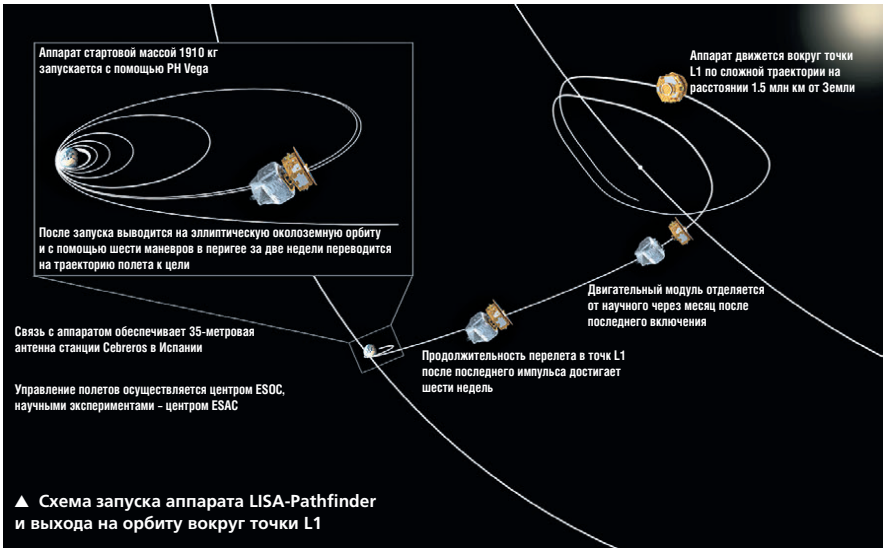
Объект	Номер	Межд. обозн.	Параметры орбиты			
			i	Hp, км	Ha, км	P, мин
LISA Pathfinder	41043	2015-070A	5.97°	206	1520	102.03
AVUM	41044	2015-070B	5.97°	211	1474	101.60

Запуск VV06 был одиннадцатой миссией Arianespace в 2015 г. и третьим полетом ракеты Vega за год; из ГКЦ были также выполнены два пуска российского «Союза» и шесть европейских Ariane 5. В следующий раз Vega полетит в июле 2016 г. – со спутником PeruSat-1 в качестве основной полезной нагрузки. До конца года планируется осуществить также запуск турецкого аппарата Göktürk 1.

Сразу после отделения от носителя группа управления в Дармштадте приняла сигнал с борта и убедилась, что пуск и отделение прошли успешно. Первые сутки ушли на проверку правильности функционирования систем аппарата и точное определение орбиты для коррекции графика ухода к точке L1. После того, как операторы сочли, что LISA Pathfinder жив-здоров, на третьи сутки была построена необходимая ориентация и проведено тестовое включение ДМ с подъемом апогея на 37 км. Оно позволило специалистам определить реальные параметры двигателя для планирования всех последующих активных маневров.

Только после этого начались операции по уходу с околоземной орбиты, требовавшие суммарного приращения скорости около 3100 м/с. Учитывая низкую тяговооруженность аппарата (0.023 в начале полета), в период с 7 по 12 декабря было запланировано пять последовательных включений маршевого двигателя ДМ для увеличения высоты апогея геоцентрической орбиты и шестое – для отлета в направлении L1.

Первый маневр ARM-1 состоялся 7 декабря около 05:30 UTC: включение двигателя на 28 минут подняло апогей примерно до 3400 км, но погрешность в выдаче заданной скорости достигла 1%. Второй и третий были проведены 7 декабря в 17:21 и 8 декабря в 07:31 UTC более удачно, с погрешностью в 0.3%, и довели апогей примерно до 14 100 км. Четвертый, самый продолжительный импульс (34 мин с расчетным приращением скорости 806 м/с) был выполнен 8 декабря в 21:02, апогей достиг 44000 км.



▲ Схема запуска аппарата LISA-Pathfinder и выхода на орбиту вокруг точки L1

15-минутный пятый импульс выдали 9 декабря в 23:55 UTC и получили орбиту с апогеем свыше 120 000 км. Сделав по этой орбите полный виток, LPF включил маршевый двигатель в шестой раз 12 декабря в 06:18 UTC и освободился наконец от уз земного притяжения. Небольшую недоработку отлетного импульса компенсировали 13 декабря, выдав дополнительно еще 7 м/с.

Путь к рабочей позиции в 1.5 млн км от нашей планеты был рассчитан на шесть недель. Однако уже 11 января 2016 г. началось тестирование полезной нагрузки: в этот день был включен блок управления данными, а 13 января – лазерная система. Были протестированы емкостной датчик, необходимый для грубого измерения положения пробных масс, и УФ-лампы, используемые для снятия электризации «кубиков».

Последнее длительное включение ДМ состоялось 20 января 2016 г. и сформировало подлетную траекторию. Еще через двое суток LISA Pathfinder прибыл в окрестности цели и перешел на Лиссажу-орбиту. 22 января в соответствии с планом прошло разделение ДМ и ЭМ. Теперь в течение 15 суток с помощью микродвигателей на холодном газе необходимо остановить вращение, убрать нутацию и достигнуть стабильности ЭМ.

В период с 3 по 16 февраля планируется раскрыть замки, удерживающие пробные тела; до конца февраля будет проходить тестирование всей аппаратуры, а с начала марта LISA Pathfinder приступит к измерениям. Основная миссия в L1 продлится шесть месяцев и будет поделена так: три месяца отведено на тестирование «технологического комплекта» LTP и европейских двигателей на холодном газе, два месяца – американской системы DRS, а еще месяц будет проверяться совместная работа европейской системы управления движением с американскими микродвигателями. Для того чтобы парировать внешние возмущения, запланированы еженедельные коррекции, которые, как ожидается, потребует суммарного приращения скорости всего в 1.8 м/с за год.

В случае успеха работа аппарата будет продолжена еще на полгода для набора статистики и повышения точности измерений, а возможно, даже дольше. Помимо выполнения основной задачи – практической проверки принципа высокоточных измерений с лазерным интерферометром – ученые рассчитывают получить и некоторые научные данные.

Так, LISA Pathfinder может использоваться для уточнения значения гравитационной постоянной G, которая известна лишь с точностью в три знака (с действительно высокой точностью измерено произведение G на массу Солнца). Кроме того, аппарат может быть направлен точно в седловую точку, где гравитационные возмущения минимальны, чтобы проверить, остается ли теория Эйнштейна в силе при этих условиях. Положительный ответ создаст проблемы для конкурирующих теорий, таких как модифицированная ньютоновская динамика и тензорно-векторно-скалярная гравитация, а отрицательный будет означать необходимость детальных исследований совершенно новой реальности.

В случае успеха LISA Pathfinder откроется совершенно новая отрасль астрономии, опирающаяся не на электромагнитные излучения – радио, инфракрасный, оптический и рентгеновский свет, – а на волны, вплетенные в ткань пространства и самого времени. В отличие от света, электромагнетизма или любых других сил, они распространяются без интерференции, и ничто не в силах их остановить. Благодаря гравитационным волнам ученые в будущем смогут заглянуть во время намного глубже, чем возможно сейчас.

Команда будущего эксперимента eLISA уверена, что возможность найти и изучить гравитационные волны откроет для ученых новый взгляд на темную энергию, древнейший остаток ранних дней – космические струны, позволит исследовать компактные двойные звездные системы, квазары, структуру Млечного Пути, полностью изучить всю историю, связанную с черными дырами. А это особенно важно, так как астрономы верят, что все яркие галактики во Вселенной имеют в своих центрах сверхмассивные черные дыры. Поэтому абсолютно точное понимание черных дыр является критически важным параметром для представления о самих галактиках в целом. Знание гравитационных волн поможет лучше изучить процессы расширения Вселенной и в какой-то момент провести новые тесты на проверку общей теории относительности.

П. Павельцев.
«Новости космонавтики»
Фото А. Моргунова

Плесецкая фантасмагория

5 декабря в 17:08:33.251 ДМВ (14:08:33 UTC) с пусковой установки №4 площадки №43 космодрома Плесецк боевым расчетом Космических войск Воздушно-космических сил Российской Федерации был осуществлен второй пуск легкого носителя «Союз-2.1В» с двумя космическими аппаратами в интересах Министерства обороны России.

Пуск проводился под общим руководством заместителя главнокомандующего Воздушно-космическими силами – командующего Космическими войсками генерал-лейтенанта Александра Головко.

Согласно официальному сообщению Управления пресс-службы и информации Минобороны РФ, выпущенному через два часа после старта [1], пуск ракеты-носителя и выведение КА на расчетную орбиту прошли в штатном режиме. Через две минуты после старта «Союз-2.1В» был взят на сопровождение средствами наземного автоматизированного комплекса управления Главного испытательного космического центра имени Г. С. Титова. Обе ступени ракеты и блок выведения (БВ) «Волга» отработали штатно, обеспечив доставку КА на целевую орбиту.

В материале далее говорилось, что спутники приняты на управление наземными средствами Воздушно-космических сил, с ними установлена и поддерживается устойчивая телеметрическая связь. Бортовые системы космических аппаратов функционируют нормально. Космическим аппаратам присвоены наименования «Космос-2511» и «Космос-2512».

По состоянию на 24 января 2016 г. это сообщение не аннулировано и не отредактировано, однако в действительности пуск не был успешным: один из двух КА не отделился от БВ «Волга» и вследствие этого погиб.

Средствами Стратегического командования (СК) США 5 декабря были зафиксированы три объекта от этого пуска, из которых только один через сутки после старта оставался на околокруговой солнечно-синхронной орбите (ССО) с параметрами:

- *наклонение – 97.18°;*
- *минимальная высота – 689.9 км;*
- *максимальная высота – 713.4 км;*
- *период обращения – 98.60 мин;*
- *местное время прохождения нисходящего узла орбиты – 06:00.*

Указанный объект получил в каталоге СК США номер **41099**, международное обозначение **2015-071B** и наименование «Космос-2512».

Год перед стартом

Первый «Союз-2.1В», разработанный и изготовленный в РКЦ «Прогресс» (Самара), был успешно запущен с космодрома Плесецк 28 декабря 2013 г. с экспериментальным малым спутником «Аист» и двумя калибровочными сферами СКРЛ-756. Для второй ракеты был выбран полезный груз более ценный и тяжелый.

8 декабря 2014 г. информационное агентство РИА «Новости» сообщило, что старт планируется на 1 февраля 2015 г. в интересах Минобороны РФ. Дата выглядела достаточно странно – ведь на первой ступени легкого «Союза» установлен ЖРД НК-33, наследие советской лунной ракеты Н-1, а именно он взорвался 28 октября 2014 г. при пятом пуске американского носителя Antares, и на момент публикации расследование американской аварии не было завершено.

Действительно, уже 30 января 2015 г. «Интерфакс-АВН» передал, что второй пуск по программе летных испытаний РН «Союз-2.1В» может состояться лишь во втором квартале 2015 г., ближе к лету. Именно в нем полезный груз впервые был охарактеризован как «спутник военного назначения «Канопус», построенный на производственном объединении «Полет» (Омск)».

17 июля 2015 г. заместитель министра обороны России Юрий Борисов посетил производственные площадки РКЦ «Прогресс» в Самаре. На один из снимков, опубликованных по случаю этого визита, попал плакат, представляющий внешний вид и состав головной части второго «Союза-2.1В». На БВ «Волга» располагался цилиндрический адаптер, на верхнюю плоскость которого был установлен КА «Канопус-СТ», а в одном из двух боковых «гнезд» размещался второй спутник сферической формы с обозначением КЮА-1. В качестве даты старта фигурировало 4 сентября.

18 августа 2015 г. в интервью РИА «Новости» генеральный директор РКЦ «Прогресс» Александр Кирилин сообщил, что второй пуск РН «Союз-2.1В» «запланирован на третий-четвертый квартал текущего года, по готовности полезной нагрузки».

30 ноября были опубликованы предупреждения для летчиков и моряков, закрывающие районы падения отделяющихся частей «Союза» – в Баренцевом море напротив выхода из Мурманского залива и на подлете к Шпицбергену. Опасные зоны закрывались на период с 17:00 ДМВ 4 декабря по 06:00 ДМВ 5 декабря и на такое же время на следующие сутки. На это же время, но вплоть до 7 декабря, был закрыт и расчетный район затопления БВ «Волга» в южной части Тихого океана.

Реконструкция событий

Пуск состоялся в резервную дату, 5 декабря. Время старта, очевидно, подбиралось с расчетом получения солнечно-синхронной орбиты с заданным положением плоскости и временем прохождения нисходящего узла. Американские данные по объекту 41099 показывают, что эта новая для «Союза-2.1В» задача была выполнена с высокой точностью. Спутник, названный в каталоге СК США «Космос-2512», был выведен на орбиту с местным временем нисходящего узла 06:00 – такой подтип ССО называется терминаторной орбитой, так как она примерно перпендикулярна к направлению на Солнце и спутник летает по ней, будучи постоянно освещенным с одной стороны.

О полном успехе пуска отчитались пресс-служба Минобороны и снимавший старт телеканал «Звезда». СК США показало орбитальные данные на три объекта, что было вполне логично: вторая ступень носителя на переходной орбите и два спутника на целевой. Вот какими были их параметры по состоянию на вечер 5 декабря:

Наименование	Номер	Межд. обозн.	Параметры орбиты			
			i	Hp, км	Ha, км	P, мин
Космос-2511?	41098	2015-071A	98.18°	691.6	713.6	98.62
Космос-2512	41099	2015-071B	98.18°	689.9	713.4	98.60
2-я ступень	41100	2015-071C	98.19°	220.3	707.8	93.53

Для первого из указанных в таблице объектов было выдано пять комплектов двухстрочных элементов с эпохой (временной привязкой) 5–6 декабря от 20:26 до 04:23 ДМВ. Ближе к вечеру 6 декабря внезапно появился шестой набор с временной привязкой 12:38 ДМВ, описывающий принципиально иную орбиту с перигеем 128 км и апогеем 666 км. Сначала он был ошибочно приписан объекту 41100, однако с вечера 6 декабря и до конца баллистического существования подобные параметры выдавались именно для объекта 41098. На месте «старого» объекта 41098 на круговой орбите не осталось ничего.

Тем временем 6 декабря в 13:18 ДМВ РИА «Новости» со ссылкой на информированный источник в космической отрасли сообщило, что с одним из двух запущенных КА возникли проблемы. «С одним все нормально, а со вторым – нет», – сказал источник. Через шесть минут агентство выдало дополнительные подробности: «По предварительным данным, один не отделился от… блока «Волга», другой выведен штатно. В настоящее время обсуждается вопрос о сведении с орбиты и последующем затоплении связки из разгонного блока «Волга» и одного из спутников».

Оставалась надежда, что не отделилась калибровочная сфера КЮА-1, но ее развеял поздним вечером 6 декабря Иван Сафронов-младший из «Коммерсанта»: как оказалось, утрачен именно «Канопус». Один из членов Межведомственной комиссии, которая была сформирована и приступила к работе 6 декабря, сообщил ему, что претензий к работе «Союза» нет, а приоритетной считается «версия с неполадками креплений разгонного блока и космического аппарата, которые не раскрылись вовремя».

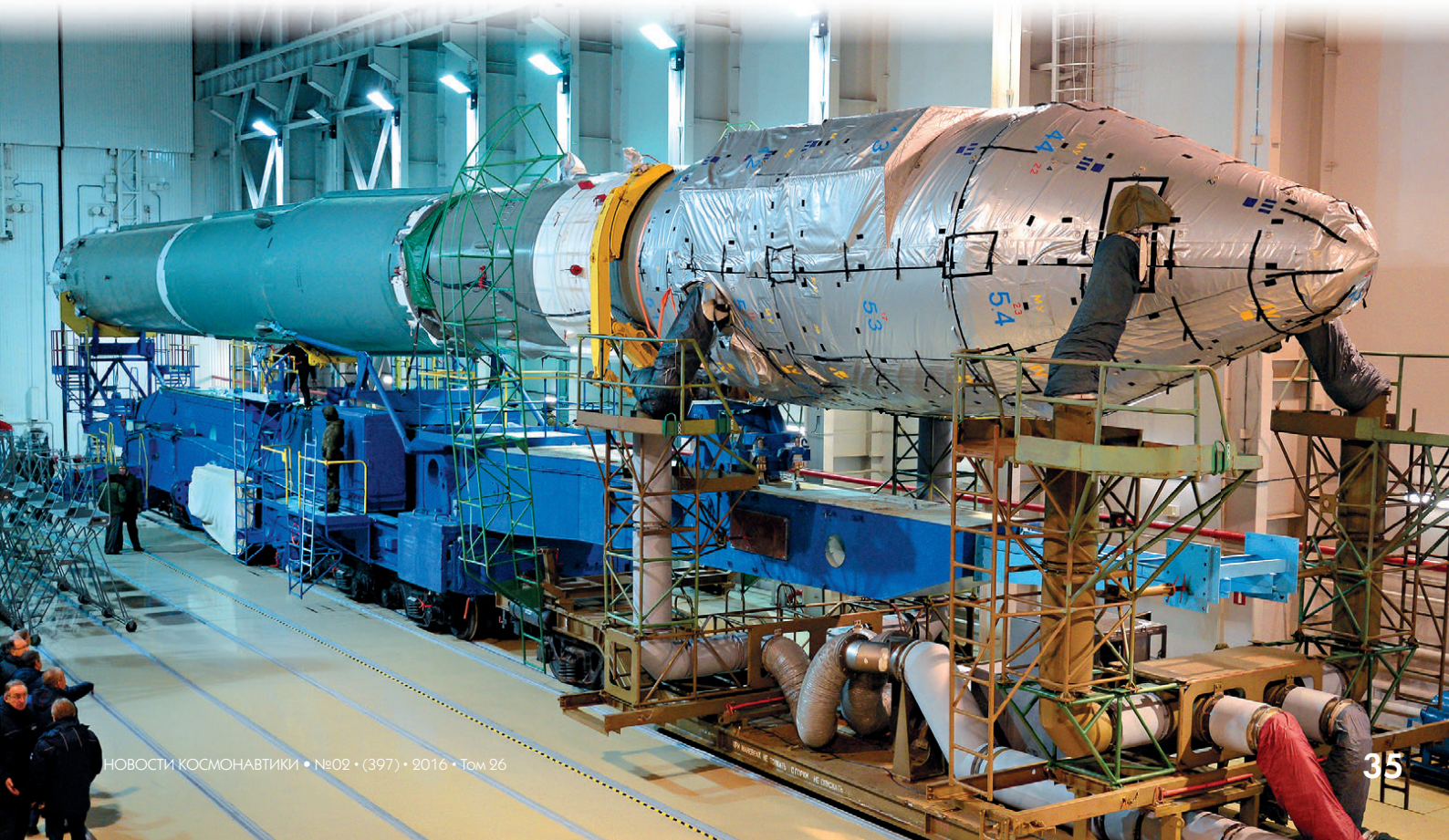
Информационное агентство «Рамблер» 7 декабря подтвердило эту информацию со ссылкой на источник в РКЦ «Прогресс». «Команда на разделение на разгонном блоке прошла, датчик разделения сработал, значит спутник начал расстыковку. А дальше что-то произошло в системе отделения», – пояснил источник.

Систему отделения С2.1В-К.0615-000, как и сам спутник, изготовил филиал ГКНПЦ имени М. В. Хруничева – омское ПО «Полет». По словам источника, она состоит из двух частей: одна жестко крепится к спутнику, другая – к адаптеру разгонного блока. В момент отделения спутника две части системы размыкаются и отталкиваются друг от друга.

«Либо произошел сбой в пирочеке, которая приводит в движение замок, либо механическое повреждение в самом замке, которое не позволило разжать зажимы. В результате спутник зацепился за разгонный блок», – пояснил источник.

В ответ на эту публикацию директор ПО «Полет» Михаил Остроушенко сообщил «Рамблеру», что, по данным предприятия, отделение спутника произошло, однако никаких подробностей или доказательств не привел.

В тот же день ТАСС со ссылкой на источник в штабе Воздушно-космических сил России сообщил, что Межведомственная



комиссия признала космический аппарат «Канопус-СТ» потерянным «в связи с невозможностью его использования по целевому назначению». Собеседник агентства отметил, что специалисты пытались установить связь со связкой «спутник – блок выведения», чтобы выдать повторные команды на разделение, но безуспешно. Источник в ракетно-космической отрасли пояснил, что причина нештатной ситуации уже предварительно установлена – не сработал один из четырех замков, удерживавших «Канопус».

ТАСС также сообщил, что комиссия «запросила у производственного объединения «Полет» информацию о произведенных пирозамках, использовавшихся для удержания КА в связке с БВ «Волга». Планируется выяснить, было ли несрабатывание одного из них единичным случаем или произведена бракованная партия продукции».

Реконструкция событий на основании фактически известных орбит, логики баллистического проектирования и процитированной выше информации об обстоятельствах аварии выглядит так. «Союз-2.1В» стартовал 5 декабря в 17:09 и завершил свою работу в 17:18 ДМВ с отделением головного блока на переходной орбите 220×708 км, очень близкой к расчетной; на ней в результате осталась вторая ступень. В первом апогее, примерно в 18:04 ДМВ, БВ «Волга» выдал импульс довыведения и сформировал целевую круговую орбиту, где должен был отделить оба спутника. Команды на отделение были выданы около 18:40 со входом объекта в зону радиовидимости российских средств управления на втором витке. Калибровочная сфера из бокового «гнезда» вышла, а основной аппарат из-за отказа пирозамка остался соединенным с БВ.

В то же время телеметрическая информация от «Канопуса» была принята, и в результате первого сеанса был сделан преждевременный вывод о благополучном исходе пуска. Своевременно уточнить ситуацию не удалось из-за отсутствия очередных зон радиовидимости КА с территории Российской Федерации до прохождения над Камчаткой в 22:20 ДМВ. Тем временем спутник, имея «за спиной» «мертвый груз» массой в сотни килограммов, как минимум испытывал большие трудности в построении начальной ориентации, а вероятнее – оказался в аварийном режиме работы.

Никакого резерва времени для работы с ним не было, так как БВ «Волга» должен был выдать тормозной импульс по жесткой циклограмме примерно через 10 часов после отделения спутников. Данный блок не оснащен аппаратурой командной радиолинии, и отсрочить это событие было невозможно.

БВ «Волга» выдал запланированный тормозной импульс, но из-за того, что масса связки была на 440 кг выше расчетной, а динамика отличалась от ожидаемой, приращение скорости оказалось недостаточным для сведения объекта. Он остался на орбите с очень низким перигеем, задевающим плотные слои атмосферы, и в последующие часы быстро терял высоту. Названные особенности орбиты не позволяют надежно рассчитать момент выдачи импульса, но, по-видимому, это произошло 6 декабря около 05:00 ДМВ в зоне радиовидимости российских НИПов в Западной Сибири и Казахстане.

Вынужденные пролеты через верхнюю атмосферу на высоте 128 км и ниже не могли не вывести из строя аппаратуру спутника и БВ. Многократное динамическое воздействие от таких пролетов в итоге все-таки привело к их разделению, но было уже поздно.

7 декабря в 20:11–20:15 ДМВ были проведены первые известные наблюдения связки 41098 как двойного объекта. На тот момент две его части следовали с интервалом 12 секунд. Уже после этого СК США зарегистрировало четвертый объект с номером 41102 (2015-071D) и 8 декабря выдало на него три набора орбитальных элементов с эпохами 01:58, 03:26 и 04:55 ДМВ.

Утром 8 декабря объекты 41098 и 41102 сошли с орбиты в результате естественного торможения, и ТАСС со ссылкой на высокопоставленный источник в штабе Воздушно-космических сил России сообщил: «Сегодня утром космический аппарат вместе с блоком выведения «Волга» вошли в атмосферу над южной частью Атлантики. Они полностью сгорели в плотных слоях атмосферы».

По данным ГИАЦ АСПОС ОКП, спутник «Космос-2511» прекратил свое существование 8 декабря в интервале от 08:20 до 08:40 ДМВ при пролете от Кольского полуострова через Западную Европу и западную часть Африки (центральная точка «окна падения» – 08:25 ДМВ, координаты 54.2° с. ш., 21.3° в. д.). Обстоятельства схода с орбиты БВ «Волга» российскими специалистами не оценивались.

Согласно открытым данным СК США, объект 41098, по-прежнему идентифицируемый как «Космос-2511», вошел в плотные слои атмосферы в 08:43 ДМВ в точке 35.0° ю. ш., 1.0° з. д. Объект 41102, который был признан американцами БВ «Волга», – соответственно в 07:47 ДМВ в точке 67.7° ю. ш., 137.5° з. д.

С формальной точки зрения, пуск, в результате которого основной полезный груз не был доставлен на расчетную орбиту в исправном состоянии, должен классифицироваться как аварийный орбитальный пуск.

В то же время имеющаяся информация говорит в пользу версии о том, что носитель «Союз-2.1В» и блок выведения «Волга» отработали полностью успешно, а неотделение спутника является результатом ошибки его разработчиков. Во всяком случае в программе летных испытаний «Союза-2.1В» этот пуск будет засчитан как успех, а ее объем увеличивать не придется.

В уже упомянутом августовском интервью А. Н. Кирилин говорил, что планируется провести еще четыре испытательных пуска РН «Союз-2.1В», после чего изделие пойдет в серийное производство с ожидаемым темпом пусков один-два в год по готовности космических аппаратов.

Все время, пока в СМИ кипели страсти о судьбе «Канопуса», Министерство обороны и другие российские ведомства и официальные лица воздерживались от комментариев. Первое официальное подтверждение самого факта аварии было сделано лишь 20 января!

«Сейчас Межведомственная комиссия по нештатной ситуации с выведением ракетой-носителем «Союз-2.1В» космического аппарата «Канопус-СТ» продолжается, – заявил в этот день временно исполняющий обязанности главы Федерального космического агентства Александр Иванов. – Окончательных выводов мы не имеем, но, по предварительным оценкам, к самой ракете эта ситуация вообще не имеет никакого отношения: ситуация произошла уже после отделения разгонного блока, свою задачу «Союз» отработал».

▲ **Во время визита заместителя министра обороны России Юрия Борисова 17 июля 2015 г. в РКЦ «Прогресс» на один из снимков попал плакат, представляющий внешний вид и состав головной части второго «Союза-2.1В»**

Заблуждения и ложные следы

Отсутствие оперативной официальной информации заставило репортеров «сесть на диету» из сообщений и намеков анонимных источников и параллельно учиться на ходу ремеслу определения орбитальных параметров по данным СК США. Получилось не очень…

В вышедшем утром 7 декабря сообщении «Интерфакса» автор со ссылкой на СК США убедительно, с указанием идентификационных номеров и параметров орбит, доказывал, что оба спутника отделились от БВ «Волга» и находятся на расчетной орбите. Он не подозревал, что если приводимым в американском каталоге орбитам можно верить, хотя и с определенными оговорками, то нужно в обязательном порядке проверять, какому в реальности объекту соответствует та или иная орбита.

В тот момент, когда автор заметки изучал американский каталог, объект с номером 41100 действительно фигурировал в нем под именем Volga R/B и с параметрами, соответствующими фактической орбите увода блока «Волга». Рядом стояли объекты 41098 и 41099 с названиями «Космос-2511» и «Космос-2512» и вполне разумными круговыми орбитами. И лишь изучение данных СК США в динамике могло показать, что сопровождение объекта 41098 на целевой круговой орбите уже прекратилось и что впредь именно этот номер будет использоваться американцами для обозначения уведенной связки.

После одного сбоя СК США вернулось к выдаче под номером 41100 элементов на вторую ступень «Союза», но сменило ошибочное название Volga R/B на SL-4 R/B лишь 10 декабря. Как следствие, 8 декабря «Интерфакс-АВН» заявил, что блок «Волга» («который по версии некоторых СМИ не разделился с «Канопусом» и также сгорел в атмосфере») продолжает находиться на орбите, и привел новые параметры из американского каталога: наклонение 98.2°, высота 208×680 км. Внезапный «скачок» заведомо пассивного объекта с предыдущей орбиты высотой 106×655 км автора не смутил…

Но это по крайней мере было честное заблуждение, в отличие от публикации в «Известиях» за 9 декабря. «Первые итоги расследования причины аварии спутника «Канопус-СТ» выявили неправильные действия боевого расчета Воздушно-космических сил, осуществлявшего запуск с космодрома Плесецк, – провозгласил автор и продолжил: – Боевой расчет не отследил отделение спутника от разгонного блока, точнее, они подумали, что спутник отделился и заработал… Когда поняли, что разгонный блок в соответствии с выданной командой увел спутник с расчетной орбиты, сделать ничего уже было нельзя».

Проще всего, конечно, спросить, какое вообще отношение имеет запускающий боевой расчет в Плесецке к специалистам по управлению КА в Краснознаменске, кроме принадлежности к Космическим войскам. Но даже если отнести претензии «по принадлежности» к офицерам Главного испытательного космического центра имени Г. С. Титова, остается очень много вопросов. Почему вдруг автор и его источник решили, что боевой расчет в первом сеансе связи должен действовать не по инструкции, подготовленной разработчиком КА? Какие нештатные ситуации были прописаны в документации и была ли среди них столь странная и редкая ситуация, когда спутник не отделился – но работает? По каким критериям ее можно было опознать? Кто и на каком юридическом основании должен был вопреки программе требовать «передать на борт дополнительные команды на отделение» и делать это? Была ли техническая возможность сделать это, и если да, то на каком конкретно витке и с использованием каких средств? Из чего следует, что борт мог принять и исполнить такие команды и что это могло принести успех? Без внятных ответов на эти вопросы заявление собеседника «Известий» о «вопиющей некомпетентности» боевого расчета выглядит как минимум очень некрасиво.

Еще более феерический текст выдал 10 декабря «Интерфакс-АВН». Со ссылкой на источник, близкий к комиссии по расследованию ЧП, агентство сообщило, что в аварии «Канопуса-СТ», скорее всего, виновата его система управления. «Такое поведение на орбите спутника, отстыковавшегося от блока выведения «Волга», с большой долей вероятности могло быть связано со сбоем в работе одного из элементов системы управления, – уточнил собеседник агентства и добавил: – Точные данные о составе системы управления аварийного спутника сейчас выясняются».

Одной последней фразы достаточно, чтобы увидеть некомпетентность источника: в распоряжение аварийной комиссии всегда передается документация на погибший объект и вызываются специалисты-разработчики, так что напряженно «выяснять», что именно стояло на запущенном борту, не приходится. Но источнику этого было мало: он назвал предшественником «Канопуса-СТ» спутник дистанционного зондирования «Канопус-Б» – который в действительности называется «Канопус-В» и который делало совершенно другое предприятие. А дальше – бурный полет фантазии об импортозамещении британских компонентов «Канопуса-В» и, в частности, о замене британских гиродинов на отечественные, «с очень плохой летной историей», которые «погубили космические аппараты «Стерх» вскоре после их выведения на орбиту». Единственная доля правды в сказанном – это скоропостижная кончина в 2009 г. двух омских «Стерхов», на которых, однако, никаких гиродинов не было вообще…

И уж тем более никто из участников беседы даже не задумался, отчего вдруг «отстыковавшийся» от БВ «Волга» спутник внезапно «упал». Для этого все-таки нужно построить ориентацию и выдать тормозной импульс, а сделать это с дефектной – по версии авторов – системой управления невозможно.

«Канопус-СТ»

Разработчиком ракетно-космического комплекса «Канопус-СТ» является Научно-технологический центр «Космонит» ОАО «Российские космические системы». Комплекс входит в состав космической системы-демонстратора освещения подводной и гидрометеорологической обстановки на базе МКА.

▲ **Фотография с подписью «МИРАМ-К КА "Канопус-СТ"» была опубликована в журнале «Аэрокосмический курьер» №6, 2007 год**

Как следует из постановления Арбитражного суда Московского округа от 3 февраля 2015 г. по делу № А40-4400/14 [2], основанием для создания системы является государственный контракт от 20 марта 2008 г. № К-11-02-08 на выполнение ОКР, выданный генеральным заказчиком – Минобороны России.

В свою очередь, указанный контракт явился основанием для заключения договора от 20 марта 2008 г. № Д1-08-11 на выполнение составной части опытно-конструкторской работы «Создание ракетно-космического комплекса «Канопус-СТ» космической системы-демонстратора освещения подводной и гидрометеорологической обстановки на базе МКА», сторонами которого являлись РНИИ КП в лице его филиала – НТЦ космического мониторинга Земли (ныне НТЦ «Космонит») и ГКНПЦ имени М. В. Хруничева в лице его филиала – ПО «Полет» (Омск). Запуск планировался тогда на 2011 г.

Спутник «Канопус-СТ» разработан и изготовлен в Омске на ПО «Полет», а его целевая аппаратура создана НТЦ «Космонит». В декабре 2014 г. в «новогодней» статье в многотиражке «Заводская жизнь» генеральный директор объединения Н. Н. Иванов сообщил: «До конца года должны передать заказчику космический аппарат «Канопус». Работы с ним были связаны с немалыми трудностями, но новое никогда просто так не дается. Хорошо сработали по «Канопусу» 4-й цех и КБ».

В рекламном проспекте по КА «Канопус-СТ», размещенном на сайте НТЦ «Космонит», его назначение сформулировано несколько иначе: «освещение океанической и гидрометеорологической обстановки». Перечень решаемых задач включает дистанционное зондирование океана, атмосферы и суши в оптическом и в СВЧ-диапазонах в интересах обеспечения спутниковой информацией морской деятельности Российской Федерации (мониторинг акватории мирового океана, гидрометеорологическое обеспечение).

Стартовая масса аппарата около 440 кг. Служебный модуль близок по форме к кубу с ребром 0.8 м. Высота аппарата с полезной нагрузкой – 2.6 м, ширина с развернутой панелью солнечной батареи – 4.4 м.

Заявленная целевая аппаратура включает СВЧ-радиометр МИРАМ-К с полосой обзора 2200 км и пространственным разрешением 12–160 км и многоспектральную камеру видимого диапазона КМВД-Э с полосой обзора 1000 км и пространственным разрешением 30–50 м для оптико-электронной съемки земной и водной поверхностей. Для последней в ИТМО (С.-Петербург) была создана линзовая оптическая система «Руссар-Метео-100/8 ПАН» с фокусным расстоянием 100 мм.

Прототипом СВЧ-радиометра МИРАМ-К является прибор МТВЗА метеоспутника «Метеор-3М». По публикации 2007 г. разрабатывавшийся для «Канопуса» вариант должен был использовать частотные диапазоны 6.9, 10.6, 18.7, 23.8, 31, 36.5, 42, 48, 52–57, 91.6, 183.31 и 220 ГГц. Среди прикладных задач называются: определение температуры поверхности океана; определение интегральной влажности атмосферы, водозапаса облаков, интенсивности осадков; диагностика процессов деятельного слоя океана (определение течений, мониторинг рыбных ресурсов океана и т. д.); ранняя диагностика тайфунов.

В апреле 2010 г. деловое издание «Взгляд» привело интересный комментарий представителя научно-технологического центра «Космонит» Владимира Болдырева [3]: «В нашем НТЦ разработан целевой модуль «Канопус-СТ», который после выведения на околоземную орбиту сможет осуществлять дистанционное зондирование океана, освещать надводную и подводную обстановку и обнаруживать подводные лодки в погруженном состоянии».

По словам В. В. Болдырева, разработка модуля началась более десяти лет назад, то есть еще в конце XX века. «Мы участвовали в открытом конкурсе и выиграли его. К настоящему моменту изготовлен опытный образец, и мы надеемся, что уже в 2011 г. состоится его пробное выведение в космос», – отметил Болдырев и добавил, что, кроме выполнения задач в интересах Министерства обороны, модуль сможет обрабатывать метеорологическую информацию.

Как сообщил 7 декабря «Коммерсантъ», калибровочно-юстировочный аппарат КЮА-1 должен использоваться для радиолокационных испытаний изделий концерна «Алмаз-Антей», где разрабатываются и производятся системы ПВО и ПРО. Масса его составляет 15.8 кг.

Источники:

1. Воздушно-космические силы провели успешный пуск новой ракеты-носителя «Союз-2.1В» с космодрома Плесецк. 05.12.2015, 19:13 // http://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12071009@egNews

2. Постановление Арбитражного суда Московского округа от 3 февраля 2015 г. по делу №А40-4400/14 // http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=AMS;n=216573

3. Минобороны получит на вооружение способный обнаруживать подлодки спутник // Взгляд, 15.04.2010 // http://www.vz.ru/news/2010/4/15/393415.html

▼ **Начальник космодрома Плесецк генерал-майор Николай Нестечук поздравляет стартовый расчет с успешным пуском**

Заранее обещано: «Чжунсин-1С»

И. Лисов.
«Новости космонавтики»

10 декабря в 00:46:04.330 по пекинскому времени (9 декабря в 16:46:04 UTC) со стартового комплекса № 3 Центра космических запусков Сичан был выполнен пуск РН «Чанчжэн-3В» (CZ-3B/GIII № Y31) с китайским телекоммуникационным спутником, получившим официальное наименование «Чжунсин-1С». Аппарат предназначен для тактической связи в интересах Народно-освободительной армии Китая (НОАК).

Внутреннее обозначение пуска было «операция 07-68». Выведение прошло успешно, и через 1540 сек после старта аппарат был отделен на геопереходной орбите с параметрами:

- *наклонение – 27.08°;*
- *минимальная высота – 195 км;*
- *максимальная высота – 35793 км;*
- *период обращения – 629.1 мин.*

В каталоге Стратегического командования (СК) США «Чжунсин-1С» получил номер **41103** и международное обозначение **2015-073A**.

Согласно официальному сообщению, аппарат разработан и изготовлен Китайской исследовательской академией космической техники CAST и запущен носителем Китайской исследовательской академии ракет-носителей CALT; обе организации входят в состав Китайской корпорации космической науки и техники CASC.

Контроль за подготовкой и проведением пуска на космодроме и в Пекинском центре управления осуществляли высшие руководители соответствующих ведомств, председатель Совета директоров CASC Лэй Фаньпэй, ее президент У Яньшэн и вице-президент Ян Баохуа.

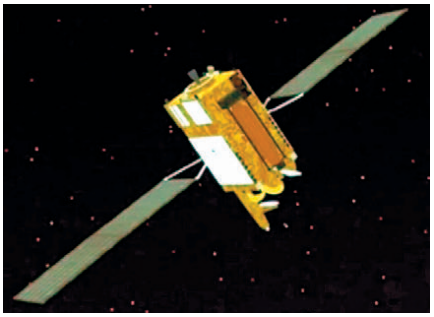
О пуске было известно заблаговременно; более того, точная информация о наименовании полезного груза появилась на форуме 9ifly.cn еще 19 октября. Предположительный срок запуска – 8 декабря – был назван 9 ноября. Точная дата старта стала известна 3 декабря, когда появились предупреждения для летчиков о закрытии районов падения отделяющихся частей носителя.

«Чжунсин-1С» (中星1C卫星) – восьмой в семействе специализированных китайских КА военной связи и четвертый в списке спутников второго поколения. Спутники первого поколения были основаны на платформе DFH-3, а аппараты второго выполнены на базе DFH-4 и запускаются модернизированным носителем CZ-3B типа GIII под обтекателем диаметром 4.2 м.

Краткая история аппаратов «Фэнхо» (FH) и «Шэньтун» (ST) была изложена – в связи с запуском 3/4 ноября спутника стратегической связи «Шэньтун-2» №02 (神通二号02星) – в *НК* № 1, 2016, где можно найти и таблицу запусков. Прошло лишь пять недель – и на орбиту выведен спутник тактической связи «Фэнхо-2» №02 (烽火二号02星), официально объявленный как «Чжунсин-1С».

Следует признать, что мы пока не располагаем подтверждением такой идентификации названных спутников из официальных источников, – в отличие от двух предыдущих, стартовавших в 2011 и 2012 г., для которых такие публикации найдены. Отнесение аппаратов 2015 г. к подгруппам «Шэньтун» и «Фэнхо» сделано, во-первых, в соответствии с их официальными наименованиями, во-вторых, по заявленному назначению и, в-третьих, по фактическим точкам стояния.

С первым критерием все просто: по прецеденту мы считаем, что названия «Чжунсин-1» относятся к спутникам «Фэнхо», а под именем «Чжунсин-2» запускаются аппараты «Шэньтун». Загадкой, однако, остается пропуск в системе обозначений: четыре последовательно запущенных спутника второго поколения имеют номера 1A, 2A, 2C и 1C, в то время как 1B и 2B отсутствуют.



Все четыре спутника заявлены как гражданские КА Китайской компании спутниковой связи China Satcom («Чжунго вэйтун цзитуань юсянь гунсы»), однако на сайте этой фирмы в числе эксплуатируемых аппаратов не значатся. При этом для 2A и 2C назначение сформулировано как «спутник связи, телевизионного вещания и широкополосной связи для передачи мультимедийных продуктов», а 1A и 1C описаны как «спутники, обеспечивающие высококачественную голосовую связь, передачу данных, радио- и телевизионное вещание».

Наконец, мы полагаем, что обязательным признаком спутников тактической связи «Фэнхо» является их расположение в точках, где Китай зарегистрировал ретрансляторы УКВ-диапазона (от 235 до 322 и от 335.4 до 399.9 МГц). В настоящее время таких позиций известно шесть: традиционные 98°, 103° и 130°в.д. и вновь полученные 81.5° в. д., 101.4° в. д. и 125.7° в. д.

В период с октября 2011 по ноябрь 2012 г. три традиционные точки были заняты спутниками «Фэнхо-1» и первым «Фэнхо-2». Последний продолжает работать в позиции 130° в. д., в то время как старейший в группировке «Фэнхо-1» № 01 был выведен из эксплуатации в ноябре 2012 г., а «Фэнхо-1» №02 переместился из 103° в. д. в новую точку 101.4° в. д.

17 декабря в 18:31 пекинского времени после пяти подъемов орбиты и четырех коррекций в ходе дрейфа спутник с официальным наименованием «Чжунсин-1С» прибыл в точку стояния 81.5° в. д., входящую во «второй список». Пресс-служба CAST сообщила, что все антенны КА развернуты в рабочее положение, что позволило начать его испытания и приемку на орбите.

Спутник спроектирован на базе тяжелой геостационарной платформы DFH-4 и имеет стартовую массу около 5300 кг*. Форма корпуса – прямоугольный параллелепипед размерами 2.36×2.10×3.70 м. Электропитание обеспечивают две солнечные батареи с одностепенным приводом. На компьютерной анимации в репортаже о запуске угадывается сложенная зонтичная антенна, диаметр которой в раскрытом состоянии должен быть близок к 4.6 м, и несколько параболических антенн меньшего диаметра. Хотя платформа обеспечивает работу КА в течение 15 лет, для первого «Фэнхо-2» назывался меньший расчетный срок службы – «более 11 лет».

Главным конструктором и административным руководителем «Чжунсин-1С» является 60-летний Чжан Чжунъя (张中亚), имя которого до сих пор встречалось в прессе весьма редко. Кто занимал аналогичные должности в проекте «Чжунсин-1А», достоверно не известно, однако следует заметить, что в январе 2012 г., через четыре месяца после его запуска, глава отделения телекоммуникационных спутников CAST Чжан Чжунъя получил приз «За космические инновации». Заместителем главного конструктора является Ли Яцю (李亚秋).

Сообщается также, что разработка КА «Чжунсин-1С» заняла четыре года, в то время как предыдущему спутнику для этого потребовалось девять лет. Вероятно, речь идет о КА «Чжунсин-1А», поскольку спутник первого поколения был создан за пять лет – с августа 1998 г. по ноябрь 2003 г.

Подводя итоги 2015 г., CAST отметила, что на протяжении всего лишь трех месяцев на геостационарную орбиту было доставлено пять ее спутников: экспериментальный аппарат TJS-1 с большой антенной, коммерческий спутник Laosat-1 на новой платформе, еще один коммерческий аппарат APStar-9 и спутники «Чжунсин-2С» и «Чжунсин-1С» для собственных нужд Китая.

* *Стартовые массы спутников «Чжунсин-1А» и -2А известны – 5320 кг.*

Фото С. Сергеева

А. Краснянский специально
для «Новостей космонавтики»

«Электро-Л» №2: наш новый метеоролог

11 декабря 2015 г. в 16:45:32.036 по московскому времени (13:45:32 UTC) ракета космического назначения «Зенит-3SLБФ» в составе РН «Зенит-2SБ80», разгонного блока «Фрегат-СБ» и космической головной части с космическим аппаратом «Электро-Л» №2 под головным обтекателем оторвалась от пускового устройства №1 стартового комплекса площадки №45 космического центра «Южный» (космодром Байконур) в Казахстане. Запуск совместно обеспечивали специалисты Роскосмоса, предприятий ракетно-космической отрасли России и Украины.

Первая ступень РН в соответствии с циклограммой полета отделилась спустя 2 мин 25 сек от контакта подъема, головной обтекатель был сброшен в момент 05:17 «от нуля». В 16:54:07, через 8 мин 34 сек от контакта подъема, двигатель второй ступени РН отключился – и на опорной орбите наклонением 51.38° и высотой 170×552 км состоялось отделение от нее головного блока.

Первое включение маршевой двигательной установки (МДУ) длительностью 8 мин 25 сек «Фрегат-СБ» №222-02 выполнил спустя 74 мин 34 сек после старта вблизи восходящего узла второго витка. Была достигнута промежуточная орбита наклонением 50.39° и высотой 271×4278 км (расчетная – 280×4306 км). На этой орбите был сброшен дополнительный топливный бак РБ, а также другие вспомогательные элементы конструкции.

Второе включение ДУ РБ состоялось через виток, в 20:11:50 ДМВ, с номинальной длительностью 10 мин 58 сек. В результате «Фрегат-СБ» с «Электро-Л» вышли на геопереходную орбиту с периодом 635.9 мин. Когда спустя еще 5 часов 20 минут связка приблизилась к ее апогею, третьим включением МДУ длительностью 8 мин 52 сек «Фрегат-СБ» уменьшил наклонение до 0.45° и скруглил орбиту.

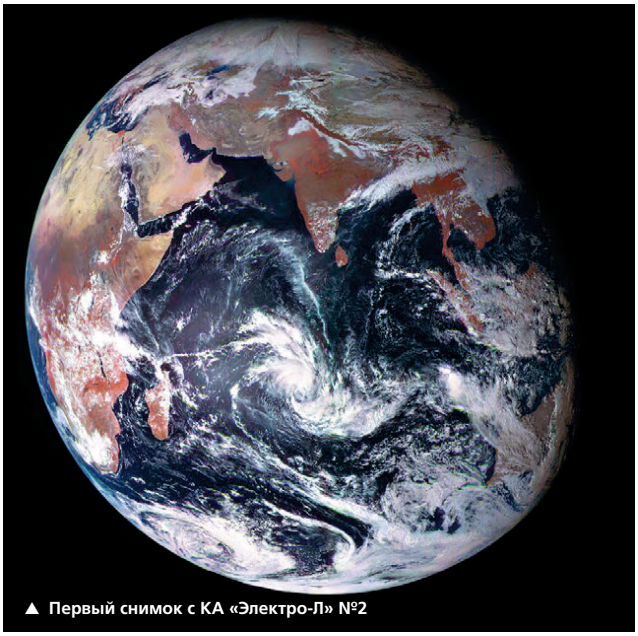
12 декабря в 01:43:26 ДМВ новый российский геостационарный метеоролог отделился от РБ на целевой орбите с параметрами (расчетные – в скобках):

- *наклонение – 0.49° (0.50°);*
- *высота в перигее – 35535 км (35425);*
- *высота в апогее – 35861 км (35793);*
- *период обращения – 1431.6 мин (1426.7).*

В каталог Стратегического командования США спутник «Электро-Л» №2 был внесен под номером **41105** и международным обозначением **2015-074A**, однако первый набор элементов на него появился лишь 20 декабря. Разгонный блок, совершивший увод на орбиту захоронения, значится в каталоге под номером 41106 и обозначением 2015-074B.

После отделения от «Фрегата» КА произвел раскрытие панели солнечной батареи, начал готовить к работе собственную ДУ, расчековал и раскрыл штанги магнитометра и остронаправленнных антенн. В течение часа он стабилизировался и построил режим солнечной ориентации. Специалисты главной группы оперативного управления НПО имени С. А. Лавочкина и персонал ЦУП ЦНИИмаш, на который возложено управление аппаратом, начали подготовку к летным испытаниям.

Единственным существенным замечанием на этом этапе оказалась пониженная скорость передачи телеметрии с борта КА – 8 кбит/с вместо штатной 32 кбит/с. В то же время ее было достаточно для своевременного получения необходимой информации о состоянии борта, а команды на спутник



▲ Первый снимок с КА «Электро-Л» №2

Яркий болид заметили жители Таиланда утром 2 января 2016 г., что засвидетельствовала публикация газеты Bangkok Post. В тот же день во вьетнамских провинциях Йенбай и Туенкуанг были найдены три упавших с неба объекта. Два наиболее крупных, по докладам военных и полиции, представляли собой металлические сферы 40 и 100 см в диаметре с надписями кириллицей. Еще один кусок металла около 200 г весом упал на жилой дом, однако в результате никто не пострадал.

Профессор Нгуен Кхоа Сон из научной организации по развитию космических технологий заявил 5 января, что упавшие объекты могут быть топливными баками сошедшего с орбиты спутника, и днем позже заместитель начальника Генштаба Вьетнамской народной армии генерал-лейтенант Во Ван Туан сделал заявление, что объекты – космический «мусор», не представляющий угрозы для населения. Генерал-лейтенант призвал государства, ведущие собственные космические программы, более ответственно подходить к проблеме уничтожения отработавших частей космических аппаратов, чтобы снизить угрозу для гражданской авиации и жителей Вьетнама.

По известным орбитальным элементам объекта 41107, который идентифицировался как вторая ступень носителя «Зенит-2SБ80» от запуска «Электро-Л» №2, отслеживается прекращение его баллистического существования над Таиландом 1 января в 23:55 UTC, то есть 2 января утром по местному времени, что позволяет заключить, что найденные далее по трассе полета обломки являются шар-баллонами второй ступени РН.

проходили без замечаний. Каналы ретрансляции и передачи целевой информации, которые будут использоваться во время эксплуатации, не связаны с бортовой аппаратурой командно-измерительной системы, и их данная проблема не касается.

По словам заместителя генерального конструктора по электрическим системам НПО имени С. А. Лавочкина А. Е. Ширшакова и технического руководителя полета М. И. Артюхова, 15 декабря аппарат был переведен из солнечной ориентации в орбитальную. После этого была проведена первая коррекция: орбиту КА приподняли примерно на 55 км, снизив скорость дрейфа с 1.1 до 0.4° в сутки, чтобы отсрочить прибытие в точку до окончания новогодних каникул. Следующую коррекцию провели уже 12 января на подходе к ней, а 15 января «Электро-Л» №2 завершил переход из начальной точки 55° в. д. в рабочую позицию 77.8° в. д.

Параллельно с дрейфом шли испытания бортовых систем и проверки целевой аппаратуры. Наконец, 21 января на сайте НПО имени С. А. Лавочкина появилось сообщение: в 12:30 ДМВ космическим аппаратом «Электро-Л» №2 получены и переданы первые снимки Земли в видимом и ИК-диапазоне.

Космический аппарат

Не будет преувеличением сказать, что и ракета-носитель, и космический аппарат проделали по отдельности сложный путь к старту.

Космический аппарат «Электро-Л» №2 создан в Научно-производственном объединении имени С. А. Лавочкина (г. Химки, Московская область). Спутник массой 1890 кг предназначен для работы в течение 10 лет на геостационарной орбите с выполнением наблюдений Земли в видимом и инфракрасном диапазонах для нужд гидрометеорологии, в частности, с целью составления синоптических прогнозов в глобальном масштабе, а также для регистрации параметров солнечного излучения и космической среды. Кроме того, аппарат будет работать как ретранслятор в системе сбора и обработки данных сети погодных станций Росгидромета.

Основой аппарата служит созданный в НПО Лавочкина базовый модуль служебных систем (БМСС, или платформа) «Навигатор» сухой массой 850–980 кг в зависимости от модификации. БМСС имеет корпус в виде восьмигранной призмы, на гранях которого закреплены элементы двигательной установки, одна панель СБ с приводом поворота, радиаторы СОТР. К нижнему торцу корпуса крепится тепловая сотопанель, на которой установлена аппаратура базового модуля, этим же торцом аппараты на базе платформы «Навигатор» крепятся к разгонному блоку через адаптер. Полезная нагрузка устанавливается на противоположном торце. Топливные баки платформы могут содержать до 570 кг гидразина, солнечная батарея обеспечивает от 600 до 1150 Вт электрической мощности для полезной нагрузки. Бортовой радиокомплекс работает в Х-диапазоне.

«Навигатор» использовался для создания аппаратов серии «Электро-Л» (в варианте «Навигатор-Э»), а также космического радиотелескопа «Спектр-Р» («Навигатор-Р»), запущенного 18 июля 2011 г. На его же основе будут созданы другие обсерватории серии «Спектр» и аппараты серии «Арктика-М» на вытянутых эллиптических орбитах типа «Молния».

«Электро-Л» №2 несет следующую целевую аппаратуру:

- многозональное сканирующее устройство МСУ-ГС для съемки облачности и подстилающей поверхности в 10 спектральных каналах;
- гелиогеофизический аппаратурный комплекс ГГАК-Э для регистрации гелиогеофизических параметров;
- бортовая система сбора данных БССД для сбора и накопления данных от МСУ-ГС и ГГАК-Э;
- бортовой радиотехнический комплекс БРТК для сбора и ретрансляции метеорологических данных наземных станций и сигналов системы КОСПАС/SARSAT.

«Электро-Л» №2 – это всего лишь третий отечественный геостационарный метеоспутник, хотя их история насчитывает уже почти 40 лет. В 1972 г. США, Япония и Европейское космическое агентство объявили о создании системы совместимых по параметрам полезной нагрузки геостационарных метеорологических спутников и распределили между собой зоны ответственности. Позднее к этим странам присоединился СССР, заявив намерение запустить аналогичный аппарат с условным обозначением GOMS/ГОМС (геостационарный оперативный метеорологический спутник) в позицию 76° в. д. над Индийским океаном.

Работы по первому спутнику с именем «Электро» были поручены ВНИИЭМ и начались в 1977 г. с выбора концепции. Заказчиком советской системы выступили военные в

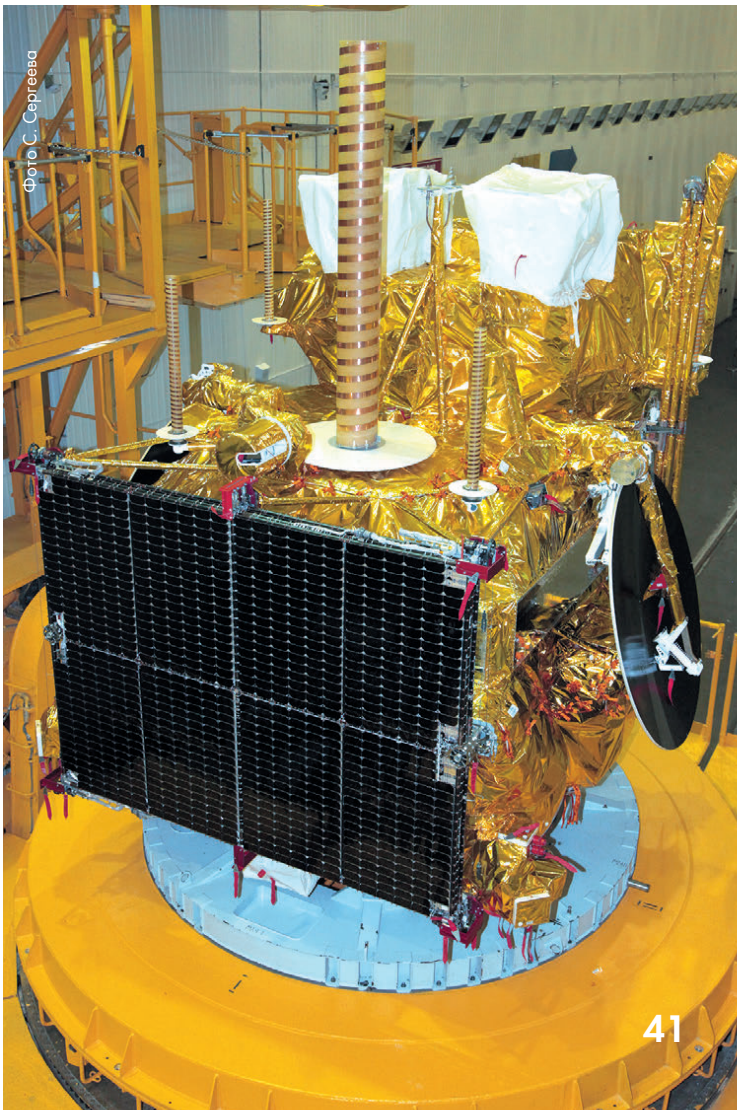


Фото С. Сергеева

лице ЦУКОС. Она должна была включать три КА в точках 14.5° з. д., 76° в. д. и 166° в. д. Реальная разработка КА стартовала в начале 1981 г., но шла медленно. После 1986 г. военные расходы начали урезать, а с 1988 г. финансирование прекратилось вследствие отказа Министерства обороны от роли заказчика. В 1992 г. Российское космическое агентство взяло проект на себя, что позволило завершить наземные испытания и выполнить запуск 31 октября 1994 г. (*НК* № 22 и № 23, 1994).

После старта выяснилось, что на КА отказал привод вращающегося зеркала датчика вертикали, без которого невозможно перейти из солнечной ориентации в штатную орбитальную. Однако разработчики нашли альтернативный вариант перехода с использованием солнечного координатора и датчика Полярной звезды, и 1 февраля 1995 г. требуемая ориентация осью –Z к Земле была построена. Аппарат проработал до сентября 1998 г. и погиб вследствие отказа бортовой вычислительной машины: потеря ориентации в период теней повлекла разряд аккумуляторных батарей.

Планы создания аппаратов второго поколения «Электро-Л» были сформированы в 2001 г. Разработка КА была поручена НПО имени С. А. Лавочкина, главным конструктором по направлению был Владимир Евгеньевич Бабышкин. Реальные работы начались в 2005–2007 гг., когда пошло регулярное финансирование. Первый летный экземпляр «Электро-Л» № 1 был успешно запущен 20 января 2011 г. (*НК* № 3, 2011) и доставлен в рабочую точку 76° в. д., но в эксплуатации показал себя неоднозначно.

Наиболее важным результатом связанных с ним работ, пожалуй, было создание в ФГБУ «НИЦ „Планета“» наземного сегмента НКПОР-Э – для приема, обработки, архивирования и распространения всех видов целевой информации, передаваемой с КА данной серии, а в перспективе также с метеорологических КА серии «Арктика-М», планирования и контроля работы целевой аппаратуры. Наземный сегмент состоит из трех центров связи (Европейский в г. Долгопрудный, Сибирский в г. Новосибирск и Дальневосточный в г. Хабаровск), единого комплекса приема, обработки архивации и распространения данных в центральном филиале ФГБУ «НИЦ „Планета“», сети платформ сбора данных (ПСД) и автономных пунктов приема информации (АППИ) в территориальных подразделениях Росгидромета. Была успешно выполнена задача по подготовке и ретрансляции данных МСУ-ГС на сеть пользовательских станций в международных форматах HRIT/LRIT.

Изображения метеорологической обстановки, полученные со спутника, оперативно обновляются на сайте ФГБУ «Планета», за годы эксплуатации накоплен значительный и публично доступный архив наблюдений. Аппарат регистрировал редкие и уникальные явления: зарождение тайфунов, след падения болида близ Челябинска в 2013 г., солнечное затмение в том же году. Красивые, регулярно обновляемые изображения Земли с геостационара, полученные благодаря «Электро-Л», создали положительный медийный образ проекта и в России, и за рубежом и служили одним из популярных индикаторов сегодняшних успехов страны в прикладной космонавтике.

В то же время работа МСУ-ГС вызывала нарекания у метеорологов: в 2011 г. глава Росгидромета Александр Фролов заявил, что информация со спутника не позволяет привязать данные о температуре и других параметрах атмосферы по высоте и, таким образом, практически бесполезна для работы метеорологов. По данным сайта Всемирной метеорологической организации (ВМО), МСУ-ГС испытывал «проблемы с калибрацией, избыточный шум в некоторых инфракрасных каналах». Особенно проблемными оказались 4-й, 5-й и 10-й каналы, причем состояние 5-го характеризовалось словами «канал в спектральной линии водяного пара не работал». Кроме того, имелись «существенные ограничения работоспособности системы ГГАК». Со стороны Росгидромета были претензии к реализации механизма сбора и распространения данных со спутника (*НК* № 3, 2014).

В марте 2014 г. на «Электро-Л» № 1 возникли проблемы с комплексом управляющих двигателей-маховиков (КУДМ), обеспечивающих постоянную ориентацию КА на Землю и стабилизацию. Пришлось задействовать реактивную систему ориентации с большим расходом рабочего тела; параллельно специалисты НПО Лавочкина искали возможность «обмануть» электронику КУДМ и не давать ей «уйти в отказ». В ноябре разработчикам удалось добиться стабилизации аппарата на КУДМ и с декабря 2014 г. вновь задействовать аппаратуру МСУ-ГС с ограничениями по использованию (только в рабочее время, под постоянным контролем операторов и с вынужденными перерывами). Одновременно «Электро-Л» № 1 продолжал функционировать в качестве ретранслятора метеоинформации, а также сигналов передатчиков глобальной системы поиска и спасания КОСПАС/SARSAT.

Федеральная космическая программа предусматривала запуск «Электро-Л» № 2 с небольшой задержкой относительно первого, но сомнения в характеристиках целевой аппаратуры (а они были еще до запуска) заставили задержать изготовление второго КА. Как оказалось, это было правильное решение, потому что по итогам летных испытаний первого потребовались значительные доработки: в основном по МСУ-ГС, но отчасти и по приборам служебного модуля. Был доработан бортовой комплекс управления (БКУ), поставлена система автономной спутниковой навигации, которую не успевали сделать для первого аппарата, закуплены звездные датчики французской фирмы SODERN.

Проблемы с МСУ-ГС заставили разработчика (АО «Российские космические системы», РКС) совместно с Росгидрометом и ФГБУ «НИЦ „Планета“» пересмотреть требования к нему и заняться созданием модернизированного образца многозонального сканирующего комплекса, который будет проводить не параллельно-последовательную съемку в различных каналах, а одновременно во всех десяти спектральных диапазонах. Результаты модернизации главный конструктор

Фото О. Урусова

МСУ-ГС Юрий Гектин описал так: «В шесть раз увеличено количество чувствительных элементов в инфракрасных фотоприемниках, оптимизирована их спектральная чувствительность, повышена пропускная способность оптической системы, значительно выросла радиометрическая точность измерений температуры».

По словам Виктора Хартова (тогда – генеральный директор предприятия), в НПО имени С. А. Лавочкина основная часть работ по второму спутнику была завершена еще в 2013 г., и на тот момент в планах на запуск фигурировал апрель 2015 г. Однако объем работ, выполняемых АО РКС по новому сканеру, оказался непредвиденно велик, и «Электро-Л» №2 пришлось тестировать со штатными образцами всех бортовых систем, но с технологическим экземпляром МСУ-ГС.

Комплексные электрические испытания аппарата в термовакуумной камере НИЦ РКП в г. Пересвет Московской области завершились 9 декабря 2014 г. Поставка штатного образца МСУ-ГС химкинскому предприятию состоялась 15 марта 2015 г., после чего был назван новый срок запуска – 21 июля. В мае «Интерфакс-АВН» сообщил о переносе на октябрь «в связи с неготовностью ряда систем КА». В августе прошла сдвижка на конец ноября, а в сентябре было объявлено, что запуск должен состояться 11 декабря. Этот срок оказался реальным.

Космический аппарат «Электро-Л» №2 и разгонный блок «Фрегат-СБ» были доставлены на космодром Байконур рейсом транспортного самолета Ан-124 16 октября 2015 г.

Заправка спутника компонентами топлива была завершена 6 ноября. Шедшие параллельно автономные испытания разгонного блока закончились 16 ноября, после чего космический буксир также был направлен на заправочную станцию, где его в период с 18 по 24 ноября наполняли долгохранимыми НДМГ и АТ.

Сборка космической головной части выполнялась специалистами Роскосмоса с 26 ноября по 1 декабря в Монтажно-испытательном корпусе №40 площадки 31 космодрома и завершилась заключением сборки из спутника и разгонного блока в головной обтекатель.

4 декабря КГЧ осторожно перевезли в МИК на площадке 42, где в последующие дни осуществлялся ее монтаж на вторую ступень РН «Зенит-2SБ80». Вывоз ракеты космического назначения и установка на стартовый комплекс площадки 45 космодрома Байконур состоялся за двое суток до назначенной даты пуска, в 13 часов местного времени 9 декабря 2015 г.

Ракета

Ракета-носитель среднего класса «Зенит-2SБ80», использованная для запуска КА «Электро-Л» №2, является предпоследней ракетой этого типа, приобретенной Роскосмосом у ГП «Южный машиностроительный завод»» (Днепропетровск, Украина) для пусков с Байконура по программе «Наземный старт» (Land Launch). Договор о поставке двух ракет-носителей был заключен в 2011 г., и сообщение о прибытии по железной дороге на станцию Тюратам появилось в прессе в январе 2013 г. с указанием, что ракеты предназначены для запуска космических аппаратов «Электро-Л» и израильского телекоммуникационного КА Amos-4.

Очевидно, Amos-4 вывели на орбиту с использованием другого, ранее поставленного носителя, поскольку в Извещении о проведении открытого конкурса от 10.11.2014 №0173100007014000202 на сайте zakupki.gov.ru значится объект закупки «Проведение регламентных работ на двух ракетах-носителях «Зенит-М» для запуска КА «Электро-Л» №2 и "Спектр-РГ"». Таким образом, последний хранящийся на Байконуре «Зенит» предназначен для запуска астрофизической обсерватории «Спектр-РГ» в 2017 г.

Не секрет, что в данный момент имеет место экономико-политический кризис, в особенности в отношениях между Россией и Украиной, в результате которого налаженные хозяйственные отношения качаются под натиском политических веяний. Этим объясняется появление в сетевых СМИ информации о возможном прекращении сотрудничества Роскосмоса и работающих под эгидой Государственного космического агентства Украины (ГКАУ) предприятий ПО «Южмаш» и КБ «Южное» имени М. К. Янгеля. Становятся невозможными как поставка на «Южмаш» комплектующих российского производства (в частности, ЖРД первой и второй ступени «Зенита»), так и закупки и эксплуатация ракет-носителей производства «Южмаша» в России.

Так, 2 февраля 2015 г. на портале газеты «Известия» появился материал, где со ссылкой на официального представителя Роскосмоса Игоря Буренкова сообщалось: «Больше «Зениты» заказываться не будут, а те спутники, которые планировалось запустить с их помощью, будут доставлены на орбиту с помощью новейших носителей семейства „Ангара"». Позже «Известия» указали без ссылок на конкретный источник в руководстве Роскосмоса, что у Центра эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры (ЦЭНКИ) были проблемы с обслуживанием и подготовкой «Зенитов», поскольку «украинские партнеры не отвечали на запросы относительно технической поддержки запусков».

В апреле 2015 г. вновь назначенный генеральный директор «Южмаша» Сергей Войт подтвердил готовность предприятия командировать на Байконур специалистов для обслуживания двух предстоящих стартов ракет «Зенит» и намерение запустить украинский спутник вещания «Либідь» также с Байконура по завершении изготовления еще одного экземпляра РН «Зенит». Однако документальное оформление разрешения со стороны Службы безопасности Украины (СБУ) специалистам предприятия выехать на Байконур затянулось как минимум до 10 октября, и не исключено, что именно этот фактор послужил причиной последовательных переносов срока запуска «Электро-Л» №2 на октябрь, на ноябрь и, наконец, на 11 декабря 2015 г.

Пока сложно сказать, какая схема взаимодействия при работе с ракетами украинского производства будет использоваться Госкорпорацией «Роскосмос» впредь, но надежду на лучшее внушает успешное завершение кампании по подготовке и пуску «Электро-Л» №2 с совместным участием российских и украинских специалистов, а также слова благодарности от А. В. Дегтярева, генерального конструктора ГП «КБ "Южное"», направленные в адрес коллектива НПО имени С. А. Лавочкина.

> «От имени коллектива ГП «КБ "Южное"» имени М. К. Янгеля и от себя лично выражаю искреннюю благодарность за отличную организацию результативной командной работы и выполнение всего комплекса работ по подготовке и проведению пуска РКН «Зенит-3SLБФ», что стало залогом успешного осуществления миссии в целом. Этот пуск в очередной раз подтвердил надежность КРК «Зенит-М» и его высокие эксплуатационные характеристики. Все это является прочным фундаментом для эффективного применения «Зенита» в будущих космических миссиях. Желаю всему коллективу НПО имени С. А. Лавочкина доброго здоровья, стабильности и дальнейших творческих успехов».
>
> *Генеральный конструктор – генеральный директор ГП «КБ Южное» А. В. Дегтярев. 16 декабря 2015*

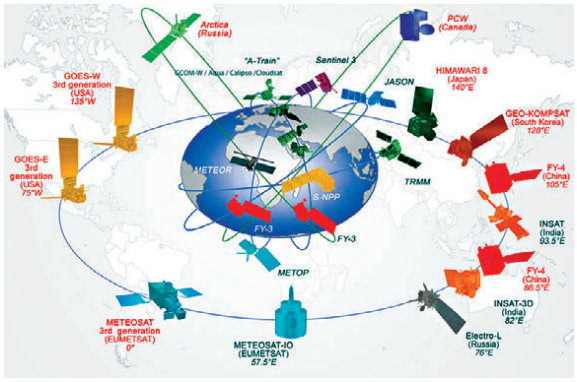
Фото С. Сергеева

Погода земная

Мировая система метеорологических спутников включает низкоорбитальные и геостационарные аппараты с разнообразными гидрометеорологическими приборами, взаимно дополняющие друг друга. Уникальность геостационарных метеорологических ИСЗ заключается в том, что они дают возможность:

◆ проводить наблюдения одновременно в глобальном масштабе в непрерывном режиме (эффективно в границах от 70° ю. ш. до 70° с. ш.);

◆ наблюдать крупно- и мезомасштабные системы погоды с одной и той же точки обзора;



▲ **Размещение существующих и перспективных метеоспутников на высоких орбитах**

◆ проводить мониторинг и своевременное оповещение о зарождении и приближении короткоживущих опасных циклонов макро- и мезомасштаба, создающих штормовые условия;

◆ практически мгновенно проводить измерения, сканирование, частичную обработку больших объемов информации.

По состоянию на январь 2015 г. в мире работало 19 геостационарных метеоспутников, и практически все они в качестве основного инструмента наблюдений имели многозональный мультиспектральный радиометр. Запущенный NASA еще в 1966 г. и проработавший два десятка лет экспериментальный геостационарный спутник ATS-1 был оснащен камерой для съемки облачного покрова Земли, которая имела разрешение 3 км в подспутниковой точке и работала по принципу посекторного синтеза изображения во время съемки в радиальной полосе по мере поворота корпуса стабилизированного вращением спутника. Аналогичную схему синтеза уже мультиспектрального изображения вплоть до настоящего времени используют работающие под эгидой ВМО аппараты – европейские Meteosat-7, -8, -9, -10, -11 и китайские «Фэнъюнь-2D», -2E, -2F и -2G.

Эксплуатируемые США (GOES 13, 14, 15), Японией (Himawari 6, 7, 8), Индией (Kalpana-1, Insat 3A, 3D) и Республикой Кореей (COMS-1) аппараты того же назначения работают уже в постоянной орбитальной трехосной ориентации и поэтому используют зеркальные электромеханические системы для синтеза изображения мультиспектрального радиометра. К этому же классу относятся и российские спутники «Электро» и «Электро-Л» и аппаратура МСУ-ГС.

Мультиспектральные радиометры геостационарных КА предназначены для получения информации о многочисленных параметрах среды: температура поверхности океана и суши, состояние снежного и ледяного покрова, альбедо поверхности Земли, состояние облачного покрова и температура его верхней границы, оценка тропосферных ветров и динамики на основе замеров движения деталей облачного покрова (облаков-трассеров). Съемки в определенных полосах спектра позволяют изучать процессы в биосфере в океане и на суше, регистрируя сезонные и локальные изменения растительного покрова и областей распространения фитопланктона. Такая информация чрезвычайно важна для прогнозирования и мониторинга засухи и угрозы голода в тех или иных регионах земного шара.

Все такого рода современные приборы работают в трех основных частях электромагнитного спектра:

❖ В видимом и ближнем ИК-диапазоне (длина волны от 0.4 до 1.1 мкм) фиксируется солнечный свет, отраженный от земной поверхности или верхней границы облаков в дневное время суток. В этом диапазоне подстилающая поверхность Земли (особенно покрытая лесами) и океанов имеет низкое альбедо и выглядит темной, так что на ее фоне выделяются детали с большой отражательной способностью – кучевые облака, снег, лед.

❖ В инфракрасном диапазоне имеются несколько «окон прозрачности» земной атмосферы. В частности, в диапазоне длин волн 10–12 мкм измеряется и составляется карта температуры верхней границы облаков, поверхности суши и океанов, что позволяет круглосуточно отслеживать изменения облачности и оценивать температуру поверхности Земли под облаками. В практике метеорологии принято оперировать негативными ИК-изображениями, где наиболее нагретые области темного цвета.

❖ Диапазон излучения водяного пара на длине волны 6.7 мкм не отвечает «окну прозрачности», и излучение от поверхности полностью поглощается на уровне давления 600 гПа (что в среднем соответствует высоте около 4 км над Землей). Водяной пар становится излучающим слоем и испускает радиацию в соответствии с законом Кирхгоффа. Получаемые в этом диапазоне изображения содержат трассеры вертикальных движений в тропосфере.

❖ Длина волны 3.7 мкм в ближнем ИК-диапазоне удобна для отслеживания развития низкой облачности и тумана.

«Электро-Л» №2 оснащен двумя идентичными комплектами сканера МСУ-ГС – основным и резервным.

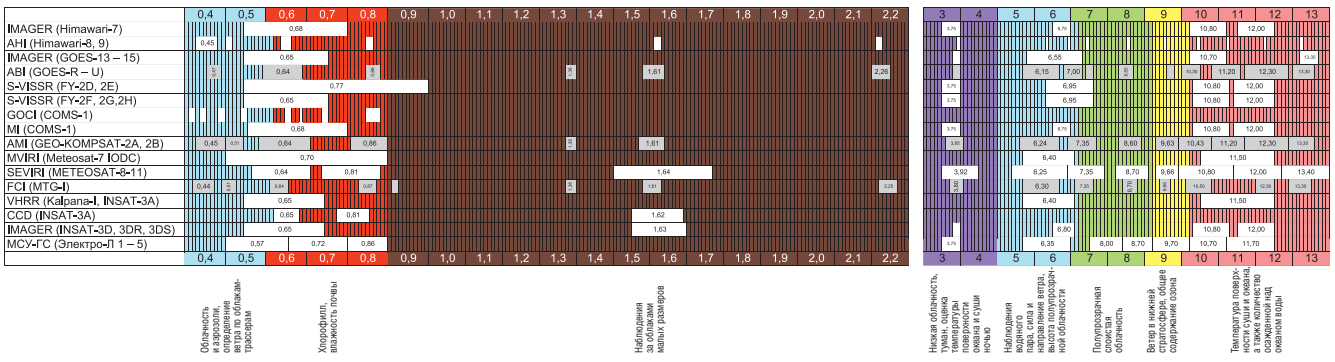
Аппаратура МСУ-ГС состоит из двух блоков для раздельной съемки в видимом и ближнем ИК-диапазоне (с полем зрения 19×26.1°) и в средне- и длинноволновом ИК (20×20°). Блок видимого диапазона обеспечивает съемку с разрешением 1 км в трех спектральных каналах (0.50–0.65, 0.65–0.80, 0.80–0.90 мкм). Блок ИК-диапазона позволяет снимать с разрешением 4 км в семи спектральных каналах (3.5–4.0, 5.7–7.0, 7.5–8.5, 8.2–9.2, 9.2–10.2, 10.2–11.2, 11.2–12.5 мкм).

Модули объединены общим корпусом. Каждый модуль включает в себя объектив, приемники излучения, устройство фотометрической калибровки, блок обработки видеосигнала, блок питания, систему терморегулирования (СТР), блок защитной крышки и бленду. В модуле ИК-диапазона для захолаживания фотоприемных устройств до 80 К используется пассивный радиационный холодильник с технологической съемной защитной крышкой.

По сравнению с прибором МСУ-ГС на «Электро-Л» №1 внесены следующие изменения:

◆ В блоке ИК-сканера фотоприемники, состоявшие из двух линеек по 96 элементов каждая, были заменены фотоприемником второго поколения, имеющим четыре линейки по 288 элементов. При работе на длине волны 8–11 мкм суммирование последовательных отсчетов на интервале времени формирования выходного сигнала уменьшает дисперсию шумов примерно в 2–3 раза по сравнению со сканером прежнего образца. Кроме того, для всего ИК-диапазона большая размерность приемника позволяет перекрывать соседние сканы на 50 % (покрытие поля 20×20° требует 35 сканов). Ожидается, что при наземной обработке полученных данных такая избыточность может улучшить температурное разрешение и отношение сигнал/шум в 1.4 раза.

▼ **Диапазоны длин волн, используемые бортовой аппаратурой геостационарных метеоспутников**



Аппаратура российских геостационарных метеорологических спутников в сравнении с зарубежными аналогами

	Годы эксплуатации	Орбитальные позиции	Мульти-спектральный сканер	Микроволновый радар-радиометр	Измерения частиц солнечного ветра и космических лучей	Солнечная активность, солнечные сканеры	Радиометрия Земли	Измерения ионосферы и магнитосферы	Регистрация молний
Himawari-7	2006 – 2017	145° E	IMAGER						
Himawari-8, 9	2014 – 2031	140° E	AHI		SEDA				
GOES-13, 14, 15	2006 – 2020	75° W (13), 105° W (14), 135° W (15)	IMAGER	GOES Sounder	SEM/EPS, SEM/HEPAD	SXI, SEM/XRS-EUV		SEM/MAG	
GOES-R. S. T. U	2016 – 2035	137° W (R, T), 75° W (S, U)	ABI		SEISS/MPS, SEISS/EHIS, SEISS/SGPS	EXIS, SUVI		SEM/MAG	GLM
FY-2D, 2E	2006 – 2017	123.5° E (2D), 86.5° E (2E)	S-VISSR		SEM				
FY-2F, 2G, 2H	2012 – 2020	112.5° E (2F), 105° E (2G), 86.5° E (2H)	S-VISSR		SEM	SXM			
COMS-1	2010 – 2018	128.2° E	GOCI, MI						
GEO-KOMPSAT-2A, 2B	2018 – 2030	128.2° E	AMI		KSEM/MEPD			KSEM/MAG	
Meteosat-7 IODC	2006 – 2017	57.5° E	MVIRI						
Meteosat-8, 9, 10, 11	2002 – 2023	3.5° E (8), 9.5° E (9), 0° (10), 3.7° W (11)	SEVIRI				GERB		
MTG-I	2019 – 2039	9.5° E	FCI						LI
MTG-S	2021 – 2037	0°		IRS, Sentinel-4					
Kalpana-1	2002 – 2016	74° E	VHRR						
INSAT-3A	2003 – 2016	93.5° E	CCD, VHRR						
INSAT-3D, 3DR. 3DS	2013 – 2029	82° E (3D), 74° E (3DR, 3DS)	IMAGER	INSAT Sounder					
Электро-Л 1, 2, 3, 4, 5	2011 – 2031	76° E (1), 78° E (2), 14.5° W (3), 166° E (4)	МСУ-ГС		ГГАК-Э: СКИФ-6, СКЛ-Э, ГАЛС-Э	ГГАК-Э: ИСП-2М, ВУСС-Э, ДИР-Э	ГГАК-Э: ФМ-Э		
Электро-М	2023 – 2040	76° E, 14.5° W	МСУ-ГСМ	ИРФС-ГС	ГГАК-Э: СКИФ-6, СКЛ-Э, ГАЛС-Э	ГГАК-Э: ИСП-2М, ВУСС-Э, ДИР-Э	ЕРБР	ГГАК-Э: ФМ-Э	ЛМ

◆ Чтобы дополнительно повысить соотношение сигнал/шум, в каждом скане ИК-фотоприемника выполняется четыре цикла развертки. Это позволяет улучшить качество данных еще вдвое.

◆ Съемка во всех каналах МСУ-ГС теперь проводится одновременно, а не последовательно. Поэтому вместо механически переключаемых полосовых фильтров введена система интерференционных обрезающих фильтров. Спектральные каналы формируются путем последовательного выделения из совокупного энергетического потока коротковолновой составляющей. При этом коротковолновые границы спектральных диапазонов формируются фильтрами, работающими на пропускание, а длинноволновые – на отражение.

Кроме того, в целях улучшения привязки получаемых МСУ-ГС изображений будет рассчитываться отклонение и поправка фактического изображения от идеального для номинальной точки расположения КА. Расчет будет выполняться при обработке данных на основе математических моделей движения КА, формы линии горизонта, видимых земных ориентиров и звезд ярче 4–5-й величины.

По охвату различных спектральных диапазонов МСУ-ГС относится к поколению систем, разработанных на рубеже веков, и потенциально не уступает зарекомендовавшим себя зарубежным системам, таким как SEVIRI.

Погода космическая

«Электро-Л» оснащен гелиогеофизическим аппаратурным комплексом ГГАК-Э, который объединяет единой системой обработки и передачи данных ряд разнородных приборов наблюдения за Солнцем, радиационной и магнитной обстановкой.

Для контроля состояния земной магнитосферы:

◆ Цифровой *ферромагнитный магнитометр* ФМ-Э, 16 раз в секунду регистрирующий три компонента вектора магнитной индукции в диапазоне ±600 нТл. Состоит из блока датчиков и блока электроники; первый из них размещен на выносной немагнитной и неэлектропроводящей штанге длиной не менее 6 м, а второй размещается на термостабилизированном основании платформы.

Для регистрации флуктуаций солнечного ветра, космических лучей и других составляющих корпускулярной радиации:

❖ *Корпускулярный радиационный спектрометр* СКИФ-6 измеряет дифференциальные энергетические спектры частиц в диапазоне 0.05–20.0 кэВ, а также потоки энергии электронов (0.15–1.0 МэВ) и протонов (0.85–150 МэВ). Установлен на выносном кронштейне, имеет два режима построения спектров с длительностью замеров 10 и 40 секунд;

❖ *Спектрометр солнечных космических лучей* СКЛ-Э предназначен для измерения потоков энергии частиц: электронов в диапазоне энергии 0.2–20 МэВ и протонов в диапазоне 3.5–320 МэВ;

❖ *Детектор галактических космических лучей* ГАЛС-Э имеет три канала для измерения потока энергии протонов с минимальными значениями энергии на канал 600 МэВ, 800 МэВ и 1200 МэВ.

Для регистрации изменений в излучении Солнца в различных диапазонах электромагнитного спектра:

◆ Двухканальный *измеритель солнечной постоянной* ИСП-2М определяет интегральную солнечную постоянную в диапазоне волн 0.2–100 мкм. Прибор имеет собственную следящую систему, которая обеспечивает слежение за Солнцем по углу азимута в диапазоне ±175°, по углу места в диапазоне от –10 до +40° и обеспечивает точность наведения не хуже ±1°. Максимальная скорость слежения за Солнцем – 2°/с.

◆ *Измеритель ультрафиолетового излучения* ВУСС-Э, ежесекундно замеряющий интенсивность солнечного излучения на волне 121.6 нм – в линии Лайман-альфа;

◆ *Измеритель потока рентгеновского излучения* Солнца ДИР-Э, аналогично регистрирующий излучение в диапазоне энергий 3.0–10.0 кэВ.

Два последних датчика ориентируются в сторону Солнца «даром» за счет того, что смонтированы на панели солнечной батареи, ориентация которой поддерживается платформой КА.

В состав ГГАК-Э входит также *интерфейсный электронный блок формирования кадра информации* БНД-Э. Он отвечает за сбор информации с приборов комплекса, ее хранение и передачу в бортовую систему сбора данных БССД и радиотехнический комплекс БРТК.

Бортовой радиотехнический комплекс (БРТК), разработанный в АО РКС и НПО имени С. А. Лавочкина, обеспечивает:

❖ передачу целевой метеорологической и гелиогеофизической информации (в диапазоне 7.5 ГГц) по линии космос – Земля;

❖ распространение данных в международных форматах HRIT/LRIT (в диапазоне 1.7 ГГц);

❖ сбор в диапазоне 0.4 ГГц и ретрансляцию в диапазоне 1.7 ГГц данных с наземных наблюдательных платформ;

❖ ретрансляцию сигналов от аварийных радиобуев системы КОСПАС/SARSAT;

❖ обмен данными между центрами Росгидромета (скорость передачи данных – 15.36 Мбит/с).

В отношении разнообразия получаемых данных серия «Электро-Л» достойно смотрится уже сейчас. Еще большие перспективы сулит разработка КА «Электро-М» в 2020-х годах: они будут комплектоваться модернизированным 20-канальным мультиспектральным сканером МСУ-ГСМ, зондирующим радаром-радиометром ИРФС-ГС, позволяющим получать вертикальные профили температуры и влажности в атмосфере по отраженным от пограничных слоев эхо-сигналам, а также широкополосным радиометром земного диска и сканером-регистратором грозовой активности.

Следует отметить, что пока информация, получаемая с российских метеоспутников, либо рассматривается Росгидрометом как экспериментальная, либо используется монопольно. Возможно, что отработка технологий сбора и обработки данных в процессе эксплуатации «Электро-Л» № 2 даст России возможность присоединиться на правах поставщика информации к Международной сети сбора и распространения спутниковых метеоданных GEONETCast, в настоящее время объединяющей американское, европейское и китайское метеорологические агентства.

По планам Роскосмоса, космическая система «Электро-Л» должна пополниться еще тремя космическими аппаратами. На 2017 год намечен запуск «Электро-Л» № 3, а в 2019–2020 гг. на орбиту отправятся спутники № 4 и № 5, бортовая аппаратура которых продолжает сегодня совершенствоваться в РКС. Как и было задумано 40 лет назад, космические аппараты будут располагаться в точках стояния 14.5° з. д., 76° и 166° в. д., находящихся в зоне радиовидимости наземных станций приема Росгидромета в Долгопрудном, Новосибирске и Хабаровске.

П. Павельцев.
«Новости космонавтики»

Фото О. Мурыгина

«Космос-2513»: пополнение в позиции 80° восточной долготы

13 декабря в 03:19:00 ДМВ (00:19:00 UTC) со стартового комплекса №24 площадки №81 космодрома Байконур специалисты Космического центра «Южный» ЦЭНКИ и предприятий Роскосмоса произвели пуск РН «Протон-М» с разгонным блоком «Бриз-М» и космическим аппаратом в интересах Министерства обороны РФ.

По сообщениям Управления пресс-службы и информации Министерства обороны РФ [1, 2], старт и выведение КА прошли в штатном режиме. В расчетное время он был доставлен на целевую орбиту и принят на управление наземными средствами Главного испытательного космического центра (ГИКЦ) имени Г. С. Титова Космических войск Воздушно-космических сил, которые будут осуществлять управление им в процессе орбитального полета. Со спутником, которому присвоили наименование «Космос-2513», была установлена и поддерживалась устойчивая телеметрическая связь; его бортовые системы функционировали нормально.

После отделения КА специалисты ГИКЦ имени Г. С. Титова проконтролировали запланированный увод РБ «Бриз-М» с целевой орбиты КА на так называемую орбиту захоронения. Согласно официальному сообщению [2], он «был осуществлен за счет нескольких включений двигательной установки с целью придания разгонному блоку импульсов, необходимых для увода его на орбиту высотой около 35 000 км». Сообщается, что после увода специалисты внесли информацию о нем в Главный каталог космических объектов и приступили к анализу и обработке координатной и некоординатной информации о новом космическом объекте для сопровождения наземными средствами Главного центра разведки космической обстановки Космических войск ВКС.

В каталог Стратегического командования (СК) США было внесено три объекта от этого пуска. Первым, еще 13 декабря, был обнаружен блок дополнительных топливных баков «Бриза-М», сброшенный на геопереходной орбите перед последним импульсом в циклограмме выведения. Аппарат был найден американцами на околостационарной орбите лишь 20 декабря, а РБ «Бриз-М» на орбите увода они увидели 21 декабря.

Номера и международные обозначения, присвоенные перечисленным объектам в каталоге СК США, а также первые надежные параметры их орбит, рассчитанные по орбитальным элементам СК США, приведены в таблице.

Наименование	Номер	Межд. обозн.	Параметры орбиты			
			i	Hp, км	Ha, км	P, мин
Космос-2513	41121	2015-075A	0.06°	35512	35666	1426.0
Бриз-М	41122	2015-075B	0.14°	33490	35716	1376.1
Блок ДТБ	41123	2015-075C	48.58°	386	35600	631.0

Американские орбитальные элементы показывают, что по состоянию на 20 декабря «Космос-2513» дрейфовал на восток над 76.4° в. д., а 29 декабря стабилизировался в позиции 80.3° в. д.

Первая информация о подготовке этого пуска была опубликована агентством «Интерфакс-Казахстан» 25 ноября. В сообщении говорилось, что на Байконуре продолжаются работы по подготовке к пуску ракеты «Протон-М» со спутником «Космос», запускаемым по заказу Минобороны России. Авторы заметки утверждали, что пуск планировался в ночь с 1 на 2 декабря, для чего необходимо было 28 ноября вывезти ракету космического назначения на стартовый комплекс. Однако «из-за возникшей на ней неполадки» потребовалась разборка и ремонт носителя, и пуск был отложен на неделю с наиболее вероятной новой датой 10 декабря.

6 декабря Федеральное космическое агентство сообщило о вывозе носителя на старт. По традиции, он был начат в 06:30 по местному времени (03:30 ДМВ). Ракета была доставлена на стартовый комплекс площадки №81 с технологической заправочной площадки, где проходила заправка компонентами топлива баков низкого давления РБ «Бриз-М». Была названа и дата старта: 10 декабря в 03:17 ДМВ.

Однако уже 7 декабря «Интерфакс» передал, что принято решение перенести пуск ракеты «Протон-М» с космодрома Байконур в интересах Минобороны РФ с 10 на 13 декабря. Причина названа не была. 9 декабря РИА «Новости» со ссылкой на источник в космической отрасли сообщило, что «перенос потребовался для устранения ряда замечаний», причем он никак не был связан с потерей на орбите спутника «Космос-2511» после запуска 5 декабря из Плесецка (см. с. 34).

12 декабря стало известно, что пуск намечен на 13 декабря в 03:19 ДМВ, и на этот раз он состоялся по графику.

20 января СК США сообщило о возможном разрушении РБ «Бриз-М», с помощью которого был запущен «Космос-2513», с образованием не менее десяти фрагментов. По данным американской стороны, оно произошло 16 января около 03:50 UTC при движении РБ по орбите захоронения в районе 135° з. д.

Почему «Гарпун»?

Утром 13 декабря, пока «Бриз-М» еще отрабатывал девятичасовую циклограмму доставки полезного груза на целевую орбиту, казахстанское издание «Zakon.kz» со ссылкой на КазТАГ сообщило: «Космический аппарат серии «Космос» представляет собой второй спутник-ретранслятор нового поколения «Гарпун» (индекс 14Ф136) производства АО «Информационные спутниковые

системы» имени М.Ф. Решетнёва. Первый запуск КА «Гарпун» был осуществлен с космодрома Байконур 21 сентября 2011 г. Этот военный спутник предназначен для передачи больших объемов цифровой информации с космических аппаратов радиотехнической и оптико-электронной разведки наблюдения на наземный пункт приема информации. КА «Гарпун» является составной частью Глобальной космической командно-ретрансляционной системы России» [3].

Следует напомнить, что запущенный 21 сентября 2011 г. спутник имеет официальное наименование «Космос-2473» (*НК* №11, 2011). После запуска АО «Информационные спутниковые системы» имени М.Ф. Решетнёва в Железногорске признало этот аппарат своей разработкой. Тогда же на основании открыто опубликованной информации он был идентифицирован как изделие 14Ф136 №11. Предположение, что данный аппарат предназначен для ретрансляции данных с низкоорбитальных спутников, подтверждалось тем фактом, что спутник занял позицию 80° в.д. – одну из двух точек, в которую ранее выводились спутники-ретрансляторы «Гейзер». Американские орбитальные данные на объект 37806 показывают, что в течение четырех прошедших лет «Космос-2473» неотлучно находится в позиции 80.0° в.д.

В Сети размещено решение Арбитражного суда Красноярского края от 13 ноября 2014 г. по делу №А33-12513/2013 [4] о взыскании неустойки с ОАО ИСС за несвоевременное исполнение некоторых пунктов контракта на изготовление КА 14Ф136 №11. Из этого документа следует, что названный аппарат действительно был запущен на ракете «Протон-М» с РБ «Бриз-М» 21 сентября 2011 г.

В решении суда указано, что работы выполнялись в соответствии с договором между Минобороны РФ и ОАО ИСС от 22.03.1993 №12/93 и дополнительным соглашением от 25.11.2010 №23/2. Причиной срыва сроков названо проведение по инициативе заказчика в апреле–мае 2011 г. дополнительных стыковочных испытаний земных станций В-400 наземного специального комплекса и бортового ретрансляционного комплекса 14Р512. Испытания проводились на территории ОАО ИСС силами разработчика земных станций – НПЦ «Спурт».

В истории завода «Компонент» (Зеленоград) станции В-400 и аналогичные им описываются как малогабаритная (в том числе переносная) приемопередающая аппаратура для передачи зашифрованной информации на КА и приема с борта. По-видимому, в данном случае речь идет о решении при помощи КА 14Ф136 каких-то дополнительных задач, например в области спецсвязи.

Предположение о типе и назначении нового КА «Космос-2513», высказанное корреспондентом КазТАГ, выглядит вполне оправданным уже потому, что новый спутник занял фактически ту же точку, что и предшественник. Кроме того, после прекращения работы российских КА СПРН предыдущего поколения военные спутники-ретрансляторы остались единственным типом отечественных геостационарных аппаратов, которым дается название в серии «Космос».

К сказанному можно добавить информацию аналитика Анатолия Зака: правительственный запрос на доставку изделия 14Ф136 №12 самолетом Ил-76 из Железногорска на Байконур был опубликован еще в марте 2015 г. [5]. Действительно, запрос котировок от АО ИСС с датой 18 марта 2015 г. существует и легко находится на сайте госзакупок; указанная в нем начальная цена контракта – 9.4 млн руб, а срок доставки – с 8 по 10 апреля 2015 г. Для основного контейнера с изделием указаны масса нетто 2600 кг и масса брутто 9010 кг, причем масса пустого контейнера составляет 6500 кг, а его размеры – 9.80×3.20×3.24 м.

Существует также тендер на адаптацию СУ РБ «Бриз-М» в обеспечение запуска КА 14Ф136 №12Л, и этим, вероятно, перечень подобных открытых документов не исчерпывается.

Вероятными «клиентами» спутников «Гарпун» на низкой орбите являются аппараты оптико-электронного наблюдения «Персона» и спутники радиотехнического наблюдения типа «Лотос». Такого мнения, в частности, придерживаются эксперты Джонатан МакДауэлл [6], Уилльям Грэхем [7] и Гюнтер Кребс [8].

Не исключено, что «Космос-2513» будет не только использоваться для ретрансляции информации по радиоканалу, но и участвовать в экспериментах по передаче информации по оптическому каналу связи. В годовом отчете ОАО «Научно-производственная корпорация "Системы прецизионного приборостроения"» за 2013 год сообщалось, что в рамках ОКР «Ягуар» и ЛТ-150 создается лазерный канал передачи высокоскоростной информации с низкоорбитального КА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на геостационарный ретранслятор. В 2014 г. планируется начало летно-конструкторских испытаний (ЛКИ) этой системы [9].

Обозначение ЛТ-150, вероятно, означает «лазерный терминал на 150 Мбит/с». Представляется, что с учетом определенной сдвижки сроков «Космос-2513» вполне подходит на роль носителя этой аппаратуры. Ранее сообщалось, что низкоорбитальный компонент системы лазерной связи мог быть размещен на запущенном в июне 2015 г. КА «Космос-2506».

Источники:

1. Воздушно-космические силы приняли на управление космический аппарат военного назначения. 13.12.2015, 17:00 // http://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12071682@egNews

2. ВКС завершили операции по уводу разгонного блока «Бриз-М» с целевой орбиты космического аппарата «Космос-2513». 13.12.2015, 17:20 // http://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12071684@egNews

3. «Протон» с российским военным спутником серии «Космос» запущен с Байконура. 13.12.2015, 10:37 // www.zakon.kz/4762798-proton-s-rossijjskim-voennym-sputnikom.html

4. Решение Арбитражного суда Красноярского края от 13 ноября 2014 г. по делу №А33-12513/2013 // http://docs.cntd.ru/document/414663632

5. www.russianspaceweb.com/garpun.html

6. http://planet4589.org/space/jsr/back/news.720

7. www.nasaspaceflight.com/2015/12/proton-m-launches-garpun-satellite/

8. http://space.skyrocket.de/doc_sdat/garpun.htm

9. Годовой отчет открытого акционерного общества «Научно-производственная корпорация "Системы прецизионного приборостроения"» по итогам работы за 2013 год. – М., 2014. // http://disclosure.skrin.ru/docs/8EAA0E42A17E4D05932940CF7D6700C6/

Фото С. Сергеева

Индия и Сингапур: два юбилея и шесть спутников над экватором

Д. Бецис специально для «Новостей космонавтики»

16 декабря 2015 г. в 18:00:00 по местному времени (12:30:00 UTC) с первой стартовой площадки Космического центра имени Сатиша Дхавана в Шрихарикоте стартовыми командами Индийской организации космических исследований (ISRO) был осуществлен пуск ракеты-носителя PSLV-C29, которая успешно вывела на околоземную орбиту шесть сингапурских спутников: TeLEOS-1, Kent Ridge-1, VELOX C1, VELOX II, Galassia и Athenoxat 1.

Номера и международные обозначения запущенных объектов, присвоенные им в каталоге Стратегического командования (СК) США, и начальные параметры орбит приведены в таблице.

Основная полезная нагрузка – аппарат дистанционного зондирования TeLEOS-1. Он будет предоставлять с большой оперативностью снимки экваториальных районов с высоким пространственным разрешением и станет полезным не только для Сингапура, но и для других стран. Кроме него, на круговую орбиту вышли два микроспутника (VELOX C1 и Kent Ridge-1) и три наноспутника (Athenoxat 1, VELOX II и Galassia).

Для запуска использовалась ракета версии PSLV-CA, крайние две буквы названия которой расшифровываются как «core-alone», то есть без использования твердотопливных боковых ускорителей. Для такого облегченного варианта это был 11-й полет («тяжелый» вариант, PSLV-XL, тоже летал 11 раз, и в феврале 2016 г. планируется 12-й). В целом для ракет семейства PSLV пуск стал 32-м по счету и 31-м успешным.

Особенность и торжественность этого дня состояла в том, что для IRSO запуск 16 декабря стал юбилейным, 50-м, стартом из Космического центра имени Сатиша Дхавана. Он также состоялся именно в тот год, когда Сингапур праздновал 50-летие государственной независимости и начало дружеских отношений с Индией. Премьер-министр Индии Нарендра Моди (Narendra Modi) поздравил ученых ISRO, назвав их успех «важным достижением», и отметил в своем твиттере, что «очень дорожит прочными отношениями с Сингапуром».

Международное сотрудничество в ISRO действительно активно развивается: только в этом году Индия запустила 17 спутников по заказу других стран, а за все время – 57. Так, в двух предыдущих пусках это были пять спутников Великобритании на борту PSLV-C28 (*НК* № 9, 2015), а также четыре спутника США, один Канады и один Индонезии на борту PSLV-C30 (*НК* № 11, 2015). Большую роль в этом сыграли активность организации Antrix Corporation Limited (ACL), которая является коммерческим подразделением ISRO и отвечает за продвижение ее услуг на международном рынке, и продемонстрированная надежность ракеты PSLV.

Контракт на запуск между ACL и сингапурской компанией ST Electronics был подписан в феврале 2014 г. В начале 2015 г. в графике запусков миссия PSLV-C29 намечалась на март 2016 г., но, как видим, состоялась раньше. В августе и сентябре в индийских СМИ появилась информация о старте в декабре, но тогда назывались лишь два наноспутника из трех, а в интервью, данном «The Times of India», председатель IRSO Киран Кумар (A.S. Kiran Kumar) назвал ракету-носитель PSLV-XL. Лишь 4 декабря, когда официально были объявлены районы падения отработавших ступеней и список спутников, стало определенно известно, что полетит все-таки «core-alone».

PSLV-CA имеет четыре ступени: первая и третья – твердотопливные, вторая и четвертая – жидкостные. На стартовой позиции она имеет высоту 44.5 м и массу 229 000 кг. Суммарная масса шести КА – 624 кг – значительно ниже ее реальной грузоподъемности.

Параметры орбит запущенных аппаратов

Наименование	Номер	Обозначение	Параметры орбиты			
			i	Hp, км	Ha, км	P, мин
TeLEOS-1	41169	2015-077D	14.98°	531.8	548.0	95.257
Kent Ridge-1	41167	2015-077B	14.98°	530.9	547.7	95.245
VELOX C1	41166	2015-077A	14.98°	530.2	547.9	95.240
VELOX II	41171	2015-077F	14.99°	533.9	547.7	95.276
Galassia	41170	2015-077E	14.99°	525.6	547.2	95.185
Athenoxat 1	41168	2015-077C	14.99°	528.5	548.0	95.223
4-я ступень PSLV	41172	2015-077G	14.69°	399.0	568.5	94.100

Циклограмма пуска PSLV-C29 16 декабря 2015 г.

Событие	Время от старта		Высота, км	Скорость, м/с
	расчетное, мин:сек	фактическое, сек		
Зажигание 1-й ступени	00.00.0	0.0	0.0	451.9
Отделение 1-й ступени	01:53.1	111.8	55.9	1649.8
Зажигание 2-й ступени	01:53.3	113.6	56.1	1648.7
Сброс обтекателя	02:53.3	172.0	117.1	2251.8
Отделение 2-й ступени	04:20.0	257.8	199.7	4326.3
Зажигание 3-й ступени	04:21.2	258.8	200.6	4324.4
Отделение 3-й ступени	09:41.1	581.8	379.9	7518.1
Зажигание 4-й ступени	15:07.5	903.3	527.3	7348.9
Выключение 4-й ступени	17:25.0	1042.1	550.2	7581.5
Отделение TeLEOS-1	18:12.0	1089.1	550.2	7585.3
Отделение Kent Ridge-1	18:42.0	1119.1	550.2	7585.3
Отделение VELOX CI	18:42.4	1119.4	550.2	7585.3
Отделение VELOX II	19:12.0	1149.7	550.2	7585.3
Отделение Galassia	20:07.0	1204.2	550.1	7585.4
Отделение Athenoxat 1	21:02.0	1259.2	550.1	7585.6
Повторное включение 4-й ступени	67:25.5		523.9	7610.0
Выключение 4-й ступени	67:29.5		524.0	7607.4

Примечание. Скорость приведена в инерциальной системе отсчета.

59-часовой обратный отсчет начался в понедельник 14 декабря в 07:00 по местному времени и прошел отлично. Погода тоже оказалась прекрасной, и ровно в назначенное время в среду ракета устремилась в ясное вечернее небо над восточным побережьем Индии. Первая ступень, необычайно мощная – тяговооруженностью больше 2, – позволила быстро преодолеть звуковой барьер. Разделение и работа последующих ступеней прошли согласно циклограмме, приведенной в таблице, фактическое время не сильно отличалось от расчетного.

В качестве дополнительной задачи через 46 мин после отделения всех спутников и через 67 мин после старта четвертая ступень РН выполнила короткий повторный запуск двигателей. Этот тест предназначался для оценки возможности использования четвертой ступени в мульти-орбитальных миссиях, где нужно запускать несколько спутников на разные орбиты и между отделениями выполнять включения двигателя.

В ходе четырех проверочных импульсов по 2.6 м/с были получены данные для оценки эффективности работы двигателя и динамики в повторных запусках, чтобы убедиться в надежности такого режима работы. Как сообщают в ISRO, эксперимент дал очень хорошие результаты, и в дальнейших миссиях многократные включения разгонного блока будут использоваться. Хотя раньше на PSLV также запускали по несколько спутников, но, как и шесть сингапурских, они выходили на одну орбиту; теперь же появилась возможность обеспечить разные.

Полезная нагрузка

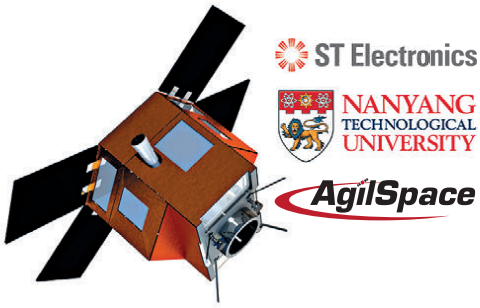
Выведенные аппараты будут очень полезны приэкваториальному городу-государству в мониторинге стихийных бедствий, в городском планировании. Находясь на орбите с

малым наклонением (15°), они смогут наблюдать только экваториальные районы, но зато довольно быстро и оперативно: частота просмотра одного и того же участка может достигать шести раз в сутки. По той же причине КА будут проходить над многими наземными станциями по несколько раз за день, что ускорит обмен данными.

TeLEOS-1 – первый коммерческий спутник для сингапурской сети на околоэкваториальной орбите NEqO (Near Equatorial Orbit), разработанный компанией Singapore Technologies Electronics Ltd. (ST Electronics) при участии Наньянского технологического университета и Национальной лаборатории Организации оборонной науки и управляемый оператором AgilSpace. Снимки с разрешением до 1 м будут поступать с охваченных участков поверхности каждые 12–16 часов, что обеспечит быстрое информирование о происходящих событиях.

Аппарат на платформе SS-400 имеет стартовую массу 400 кг при габаритах 1.9×2.0×1.6 м и выполнен в виде шестиугольной призмы, что довольно распространено среди небольших спутников ДЗЗ. Компоненты различных подсистем смонтированы на внешних панелях, в то время как по оси корпуса установлен оптический телескоп. Четыре откидные солнечные батареи, сложенные во время запуска по бокам, дают до 680 Вт мощности. На внешних панелях также стоят радиаторы и другие компоненты системы терморегулирования.

Система навигации включает звездный датчик в качестве основного чувствительного элемента системы ориентации, кроме того, есть инерциальная измерительная система и солнечные датчики. Исполнительные элементы – маховики и система управления – способны поддерживать ориентацию с высокой точностью и обеспечивать программные развороты со скоростью до 2.5° в секунду.



Данные хранятся в 64-гигабитном твердотельном накопителе и передаются на наземные станции в X-диапазоне со скоростью 150 Мбит/с. Для телеметрии и командной линии используется S-диапазон.

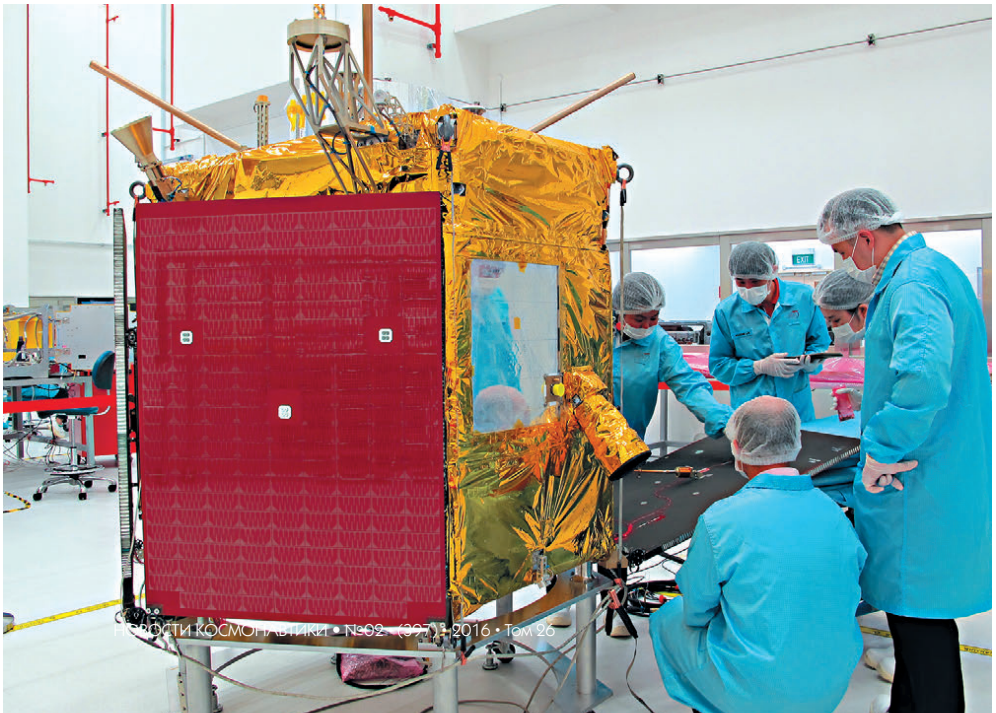
Полезная нагрузка включает в себя электрооптический изображающий прибор, описание которого в открытых источниках отсутствует. Аппарат снимает полосу шириной 12 км в надире с пространственным разрешением 1 м при 10-битном кодировании яркости. TeLEOS-1 может отклоняться на 45° от надира в каждую сторону и работать в трех режимах. Полосовое покрытие предполагает непрерывное изображение полосы шириной 12 км и длиной до 200 км. В режиме площадной съемки система управления ориентацией поворачивает КА так, чтобы за один проход над данной целью отснять три полосы суммарной шириной 36 км. Наконец, в режиме многоточечного изображения по ходу движения аппарат наводится на отдельные объекты в надире и в стороне от трассы и снимает «кадры» площадью 12×12 км.

Основная наземная станция системы построена в Центре дистанционного зондирования и обработки сигналов Сингапура. Сеть наземных станций позволяет значительно увеличить объем передаваемых данных, и оператор AgilSpace уже подписал контракты на распространение изображений с компаниями Satrec Initiative в Южной Корее и SPOT Asia (подразделение Airbus Defence и Space). Маркетинг в США, Европе и на Ближнем Востоке взял на себя партнер ST Electronics – американская ATK Space Systems Inc.

Изображения будут предложены на коммерческом рынке для различных приложений и программ, включая вопросы национальной безопасности и пограничного контроля, мониторинга ситуаций на морских трассах и борьбы с пиратством, стихийных бедствий.

Запланированный срок службы не менее пяти лет.

Kent Ridge-1 (KR-1) – микроспутник, разработанный и управляемый Национальным университетом Сингапура и оснащенный



видовой и гиперспектральной аппаратурой дистанционного зондирования. Основной целью миссии является демонстрация работы прибора со сложным названием VNIR, SWIR Fourier Transform Recovery Instrument, который будет снимать Фурье-спектры в видимом и ближнем инфракрасном (VNIR) и коротковолновом ИК (SWIR) диапазонах. Задачи наблюдения: мониторинг земной поверхности, воды и растительности, а также отслеживание стихийных бедствий и управление различными службами. Название КА получил по району, в котором находится главный кампус университета.

Этот проект – плод сотрудничества Национального университета Сингапура и Технического университета Берлина в соответствии с соглашением, заключенным в мае 2013 г. Немецкая сторона – компания Berlin Space Technology – предоставила спутниковую платформу LEOS-50. Она имеет массу 78 кг, габариты 57.5×57.2×38.4 см. Конструктивно аппарат выполнен в виде «коробки» из алюминия. Система теплового контроля пассивная. Питание обеспечивается арсенид-галлиевыми фотоэлементами на четырех панелях, фиксированных на сторонах «коробки»; энергия хранится в литий-железо-фосфатных аккумуляторах. Система обеспечивает пиковую потребляемую мощность 120 Вт, средняя на орбите составляет 20 Вт. Распределительный блок выдает напряжение 3.3, 5.0, 12 и 24 В на различные подсистемы.

Система ориентации и стабилизации состоит из двух солнечных, двух звездных датчиков и трех гироскопов, исполнительные элементы – три маховика и три магнитные катушки. Обеспечивается точность наведения в 1′, достаточная для записи изображений.

KR-1 использует блок GPS-навигации для пространственной и временной привязки и определения параметров орбиты. Командно-телеметрическая линия работает в УКВ-диапазоне, сброс целевой информации – в X-диапазоне.

Научная аппаратура включает в себя два Фурье-гиперспектрометра среднего разрешения на диапазоны VNIR и SWIR и видеокамеру высокого разрешения.

Гиперспектральный инструмент – это изображающая система, исследующая объект одновременно в десятках и сотнях различных спектральных интервалов. В отличие от обычных спектрометров или интерферометров, которые используют дифракционные элементы (решетки или призмы) для разделения света по длинам волн, в технологии FTR (Fourier Transform Recovery) такую роль выполняет каскад специально ориентированных двойных лучепреломля-

ющих кристаллов. Большим преимуществом этого метода является ее надежность и стабильность (нет подвижных частей), а также универсальность в широком диапазоне длин волн. Кроме того, система очень компактна: комплект из двух гиперспектральных приборов имеет размеры 13.1×22.1×26.2 см при массе 5.96 кг.

VNIR-гиперспектрометр охватывает диапазон длин волн от 500 до 900 нм и обеспечивает разрешение на поверхности до 44 м в полосе шириной 47.5 км. Он поддерживает от 20 до 30 считывающих каналов с переменной битовой глубиной 8, 10 и 12. Скорость генерирования данных при этом составляет 1.41 Гбит/с при частоте кадров 100 Гц.

SWIR-гиперспектрометр работает с 900 до 1500 нм, имея разрешение 110 метров в полосе шириной 56.3 км. Он также поддерживает до 30 каналов, делает 100 кадров в секунду, битовая глубина от 12 до 16. Скорость генерации данных – 525 Мбит/с.

Третья полезная нагрузка – видеокамера с рабочим диапазоном от 450 до 630 нм – достигает пространственного разрешения 6 м в поле зрения 5.75×4.75 км. Она может делать до 30 кадров в секунду, создавая поток сырых данных 340 Мбит/с. Основная задача этого прибора заключается в предоставлении «фоновых» изображений для работы со спектральными данными, собранными гиперспектрометрами.

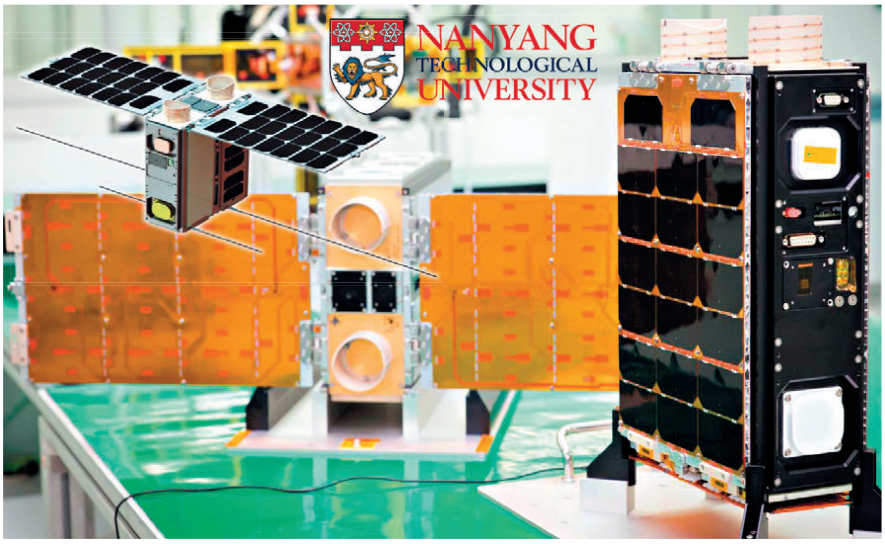
Каждый инструмент имеет собственный блок обработки и хранения данных, 248 Гбайт флэш-памяти и 4 Гбайт оперативной.

VELOX C1 – это 123-килограммовый спутник, созданный и управляемый Наньянским технологическим университетом NTU в Сингапуре. Он должен обеспечить контроль сигналов навигационной системы GPS на околоэкваториальной орбите, исследовать свойства атмосферы и погоду тропических зон.

Спутник размером 61.5×60.8×84.8 см питается от трех солнечных панелей, из которых одна установлена на корпусе, а две другие шарнирно закреплены на боковых гранях. Аккумулятор имеет емкость 20 А·ч на конец срока службы. Система терморегуляции состоит из обогревателей и внешних радиаторов.

Элементами гибридной системы ориентации и стабилизации являются два звездных датчика, солнечные датчики и инерциальная измерительная система на гироскопах. Исполнительные элементы – маховики и магнитные катушки – удерживают наведение спутника в пределах 2°.

Экспериментальная система определения ориентации использует приемную аппаратуру GPS (часть полезной нагрузки), которая включает три антенны. Каждая пара принимает сигнал со спутника GPS, причем приемники расположены так, что не лежат на одной прямой. Зная их координаты и ускорения в базовой системе координат, можно вычислить угловое положение аппарата с точностью около 1°. Проблема заключается, однако, в том, что набор спутников в общей зоне видимости двух антенн быстро меняются, и это сбивает систему. Кроме того, типичная скорость обновления данных в GPS-приемниках, равная 1 Гц, недостаточна для оперативного использования. Но в сочетании с трехосевым блоком оптоволонных гироскопов система определения ориентации по GPS преодолевает обе проблемы, и точность оказывается лучше 0.2°.



▲ Сингапурский VELOX II

Связь осуществляется в S-диапазоне для телеметрии и команд со скоростью 32 кбит/с, а данные полезной нагрузки сбрасываются по высокоскоростной линии X-диапазона (160 Мбит/с).

Научная программа миссии также связана с сигналами GPS, а именно с фиксацией их искажений при прохождении различных слоев атмосферы. Полученные данные позволяют восстановить трехмерные профили температуры, давления и влажности для оперативной метеорологии и климатических исследований. Аппаратура состоит из GPS-приемников, которые отслеживают сигналы нескольких спутников, и блока обработки, в котором определяются допплеровский сдвиг и угол рефракции сигналов.

Кроме того, VELOX C1 имеет экспериментальный радиочастотный зонд.

VELOX II – наноспутник Центра спутниковых исследований Наньянского технологического университета. Аппарат массой 13 кг выполнен в виде кубсата типоразмера 6U с габаритами 12×24.6×34 см. Основной задачей спутника является демонстрация системы межспутниковой связи (в частности, передача данных на геостационарные спутники), проверка устойчивости GPS-приемников и тестирование стойкой к отказам электроники в космическом пространстве. Цель проекта в целом – подготовка студентов старших курсов.

Аппарат построен на алюминиевом шасси с несущими элементами из нержавеющей стали и двумя выдвижными оптическими устройствами. Две солнечные панели по площади большой грани уложены по бокам во время запуска и раскрываются на орбите. Помимо них, существуют две фиксированные солнечные панели, вдвое меньшие по площади, – на средней грани. Пиковая мощность, вырабатываемая ими, составляет 40.8 Вт. Энергия хранится в аккумуляторе емкостью 11.6 А·ч, и обеспечивается напряжение бортовой сети 7.2 В.

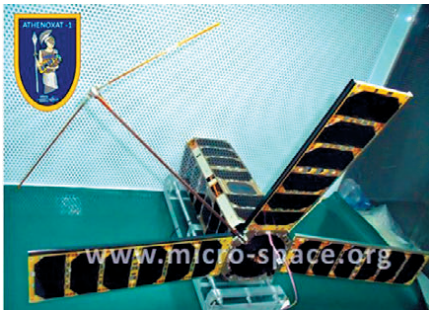
VELOX II использует активную систему управления ориентацией, состоящую из трех маховиков и трех магнитных катушек, а для определения ориентации имеются солнечные датчики и два инерциальных измерительных устройства. Для синхронизации времени и определения орбиты используются сигналы GPS.

За обработку данных и управление спутником отвечает компьютер на микроконтроллере 8051 MCU (100 МГц) с SD-картой на 2 Гбайт для хранения данных.

Связь с Землей осуществляется на УКВ-частотах со скоростью 9.6 кбит/с «вниз» и 1.2 кбит/с «вверх». Оба VELOX'а управляются с наземной станции NTU.

Athenoxat 1 (Athene Noctua Experimental Satellite) представляет собой экспериментальный кубсат формата 3U для наблюдения ночной стороны Земли и проверки предназначенной для этого аппаратуры. Масса аппарата меньше 5 кг, по размерам он один из самых маленьких с подобными целями и функционалом. Он содержит все системы, характерные для больших спутников, в том числе пять оптических приборов для наблюдения космоса и Земли, высокоэффективные солнечные батареи (четыре развертываемые панели плюс жестко закрепленные на корпусе), магнитные катушки и маховики для управления ориентацией, два блока радиосвязи для телеметрии, команд и передачи данных.

Название аппарата «Athene Noctua» в переводе с латинского означает «Афина ночная»; такое имя дали маленькой ночной птице – домовому сычу – в честь совы греческой богини Афины, покровительни-



цы наук, искусств и технологий. Создатели Athenoxat 1 во главе с Джулио Манцони (Giulio Manzoni) решили, что оно очень подходит миниатюрному спутнику с миссией по проверке возможностей ночного видения.

Место на борту PSLV-C29 для Athenoxat 1 предоставил NTU. Аппарат активировался автоматически после отделения от четвертой ступени ракеты. Как и планировалось, в 21:30 местного времени он передал сигнал, который получили различные радиолюбительские станции в Бразилии, Индии и Индонезии. Уже на первом витке был установлен контакт с наземной станцией кампании-изготовителя Microspace Rapid Pte. Ltd. в Сингапуре, подтвердивший отличное функционирование спутника и его подсистем.

Galassia – это 2U-кубсат, разработанный студентами Национального университета Сингапура как практический проект по изучению особенностей подготовки и проведения космической миссии. Полезная нагрузка включает датчик концентрации электронов и прибор для регистрации связанных пар фотонов для проверки теории квантовых коммуникаций (!).

Galassia имеет массу 3.4 кг и размеры 10×10×20 см, он выполнен из алюминиевого сплава. Энергия поставляется фотоэлементами на арсениде галлия, смонтированными на боковых гранях корпуса, и хранится в литий-ионной батарее емкостью 20 Вт.ч. Максимальное потребление спутниковых систем не превышает 2 Вт.

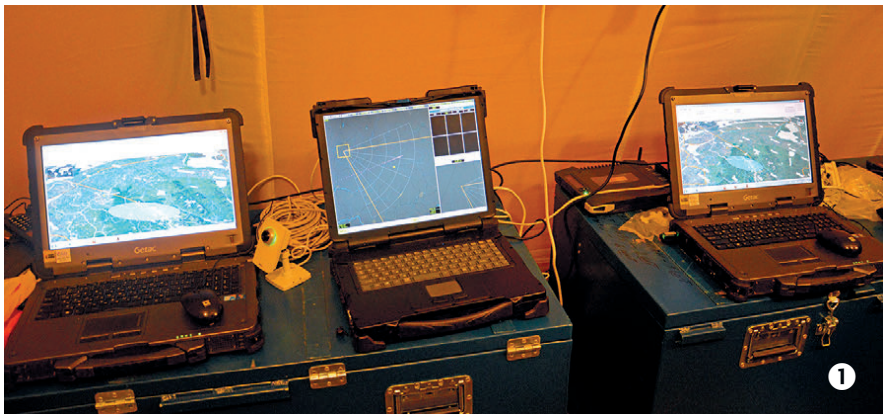
Поскольку инструменты не требуют точного наведения, выбрана магнитная система ориентации и стабилизации с использованием постоянных магнитов и гистерезисных стержней. Восемь магнитов размерами 1×4 см установлены вдоль вертикальной оси спутника для выравнивания его параллельно оси магнитного диполя Земли. Четыре пары гистерезисных стержней обеспечивают стабилизацию спутника вдоль осей X и Y, демпфируя колебания в плоскости, перпендикулярной к оси магнита.

Бортовой компьютер имеет ядро ARM7, отвечающее за выполнение всех функций и предварительную обработку данных полезной нагрузки. Связь осуществляется в УКВ-диапазоне (436 МГц для восходящей и 145 МГц для нисходящей линии) с максимальной скоростью передачи данных 9.6 кбит/с.

Счетчик полной электронной концентрации TEC (Total Electron Count) измеряет концентрацию электронов в ионосфере. Он состоит из излучателя на частоте около 145 МГц, сигнал которого проходит через три полосовых фильтра для формирования трех отдельных узкополосных сигналов на 144.2, 145.0 и 145.8 МГц. Принимающая наземная станция фиксирует псевдодальность, фазу несущей, после чего по методу трех частот рассчитывается общая проводимость ионосферы и содержание электронов. Присутствие и общее количество электронов в ионосфере влияет на них по-разному.

Пионерский эксперимент SPEQS – Small Photon-Entangling Quantum System, буквально «малая квантовая система с запутанными фотонами» – поставлен Центром квантовых технологий NUS и будет собирать данные о квантовой корреляции для проверки концепции новой технологии связи, использующей поляризационно-запутанные пары фотонов. В приборе будет производиться генерация таких пар и затем детектирование их состояний с целью проверить качество запутанности.

Команда молодых инженеров и ученых (старшему из них не более 30 лет), студентов и выпускников Национального университета Сингапура разрабатывала аппарат с 2012 г. Они с нетерпением ожидают результатов миссии и надеются, что их опыт будет вдохновлять талантливых исследователей на подобные проекты.



Районы падения – под контролем

В рамках межведомственных (государственных) испытаний опытного образца комплекса технических средств эксплуатации районов падения (КТС ЭРП), созданного для обеспечения запусков с космодрома Восточный, решением Роскосмоса с 10 по 25 декабря 2015 г. были размещены технические средства вблизи районов падения боковых блоков ракет типа «Союз» (Джезказганская обл., Казахстан; оптико-электронная станция слежения) и районов падения центрального блока и створок хвостового отсека третьей ступени РН (окрестности н.п. Барановка, Змеиногорский район, Алтайский край). Испытания были приурочены к реальным пускам РН «Союз-ФГ» с пилотируемым кораблем «Союз ТМА-19М» 15 декабря и РН «Союз-2.1А» с грузовым кораблем «Прогресс МС» 21 декабря.

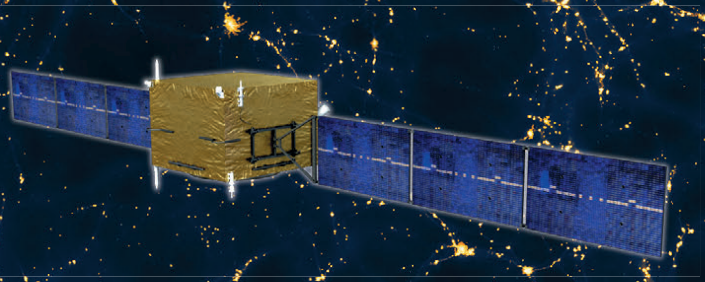
В ходе испытаний, признанных успешными, были определены траектории фрагментов отделяющихся частей РН и точки их падения. – *В.А.*

▲ На снимках приведены элементы комплекса, развернутые в Алтайском крае: 1 – комплекс обработки, обмена и отображения информации (ООО «НИЦ ЭТУ», Санкт-Петербург); 2 – радарная следящая система средней дальности Weibel (Дания); 3 – поисковый комплекс на основе беспилотного ЛА разработки ООО НПКЦ «Новик-XXI век». Фото В. Авдошкина

И. Лисов,
«Новости космонавтики»

– Слышали, китайцы запустили спутник для поиска темной материи.
– Да, и теперь все, что найдут, заберут себе.

Первая космическая обсерватория Китая



17 декабря в 08:12:04.713 по пекинскому времени (00:12:05 UTC) со стартового комплекса №603 Центра запусков спутников Цзюцюань был осуществлен пуск РН «Чанчжэн-2D» (CZ-2D №Y31) с китайским научным космическим аппаратом «Укун» – орбитальной обсерваторией для регистрации энергичных частиц и поиска темной материи.

Через 791 сек после старта аппарат был успешно выведен на солнечно-синхронную орбиту с параметрами:

- *наклонение – 97.30°;*
- *минимальная высота – 497.3 км;*
- *максимальная высота – 517.9 км;*
- *период обращения – 94.60 мин;*
- *местное время прохождения нисходящего узла орбиты – 06:32.*

Техническое обозначение старта было «операция 01-72». В каталоге Стратегического командования США спутник получил номер **41173** и международное обозначение **2015-078A.**

Наименование аппарата было выбрано в результате всекитайского конкурса, проведенного в период с 29 сентября по 31 октября, и объявлено накануне старта. Это имя одного из основных героев классической книги У Чэнъэня «Путешествие на Запад», написанной около 1570 г. Укун, а точнее Сунь Укун (孫悟空), – это царь обезьян, который сопровождал монаха Сюаньцзана в путешествии в Индию за книгами буддийского канона. Ранее КА был известен лишь под описательным именем в двух вариантах – китайском (暗物质粒子探测卫星) и английском (Dark Matter Particle Exploration Satellite, DAMPE) – с одинаковым значением: «Спутник для обнаружения частиц темной материи».

Задача

В истории китайской космонавтики было немало КА, выполнявших научные задачи. Наиболее известны два специализированных спутника «Таньцэ» для изучения магнитосферы Земли, которые Китай разработал и запустил в 2003–2004 гг. в рамках совместного с Европой проекта «Двойная звезда». Эти аппараты были оснащены европейскими и китайскими приборами, но ведущая роль принадлежала ученым стран ЕКА, для которых он был продолжением европейской миссии Cluster II. Отдельные научные приборы устанавливались на метеоспутниках и аппаратах дистанционного наблюдения Земли, а также на беспилотных и пилотируемых кораблях «Шэньчжоу». Наконец, были

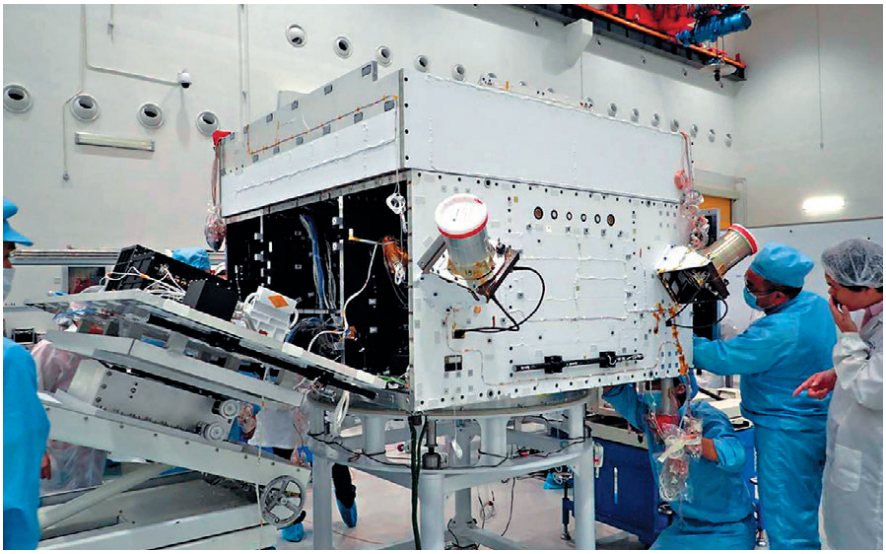
созданы и успешно отработали уже три аппарата для исследования Луны с орбиты и на ее поверхности.

И тем не менее DAMPE, или «Укун», занимает в истории китайской космонавтики особое положение. Его можно смело назвать и первым большим научным спутником, в разработке которого Китай сыграл ведущую роль, и первой китайской орбитальной обсерваторией мирового класса. Ведь она призвана решить одну из важнейших проблем современной астрофизики, физики элементарных частиц и космологии – проблему скрытой массы Вселенной.

Что особенно важно, это не изолированная, отдельно взятая разработка – DAMPE является одним из пяти первоочередных проектов Исследовательской программы стратегических приоритетов Китайской АН в области космической науки (*НК* №1, 2015). Директор Национального центра космической науки Китайской АН У Цзи (吴季) заявил в этой связи: «Китай является второй по величине экономикой мира и крупной космической державой. Мы не можем оставаться просто потребителями космических знаний – мы должны также стать их создателями». Предполагается, что начиная с 2016 г. КНР будет запускать по два научных аппарата ежегодно.

Как известно, господствующая ныне физическая концепция заключается в том, что из всей материи Вселенной лишь 5% приходится на видимое вещество, еще примерно 27% составляет некая невидимая, но массивная субстанция, а остальное приходится на так называемую темную энергию. Последняя «отвечает» за ускоренное расширение Вселенной, обнаруженное в 1998 г. по результатам наблюдений далеких сверхновых на Космическом телескопе имени Хаббла, и это почти все, что о ней известно.

Темная материя (она же скрытая масса) была выявлена намного раньше, еще в 1930-е годы, по динамике вещества в галактиках и скоплениях, однако признание нового явления затянулось на полвека. Судя по орбитальным скоростям вещества



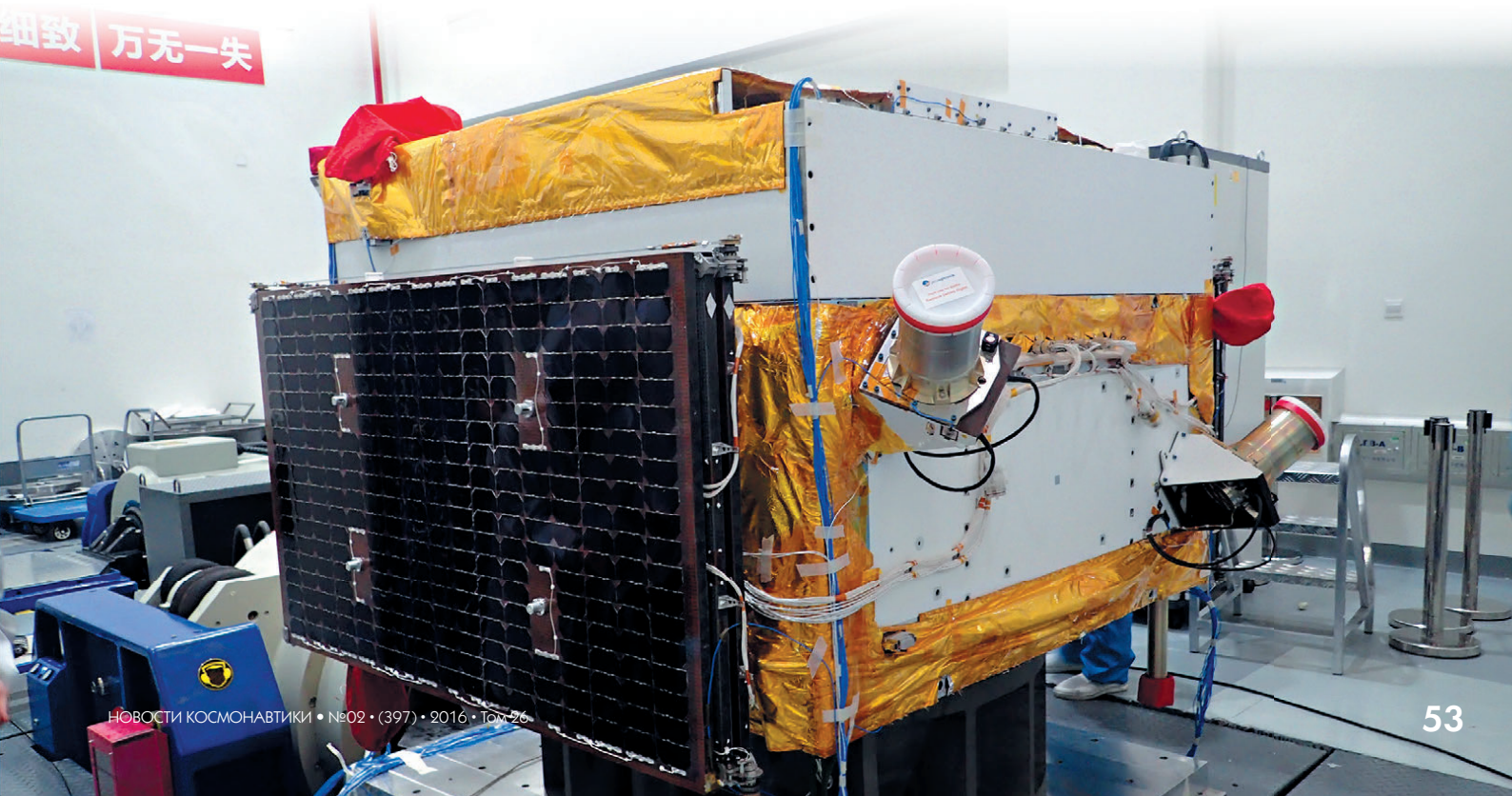
«звездных островов», массы галактик должны быть в несколько раз выше, чем суммарная масса видимой материи – звезд и газопылевых облаков. Избыток массы должен представлять собой некое вещество, не излучающее и не взаимодействующее с излучением и потому невидимое, однако подверженное гравитации.

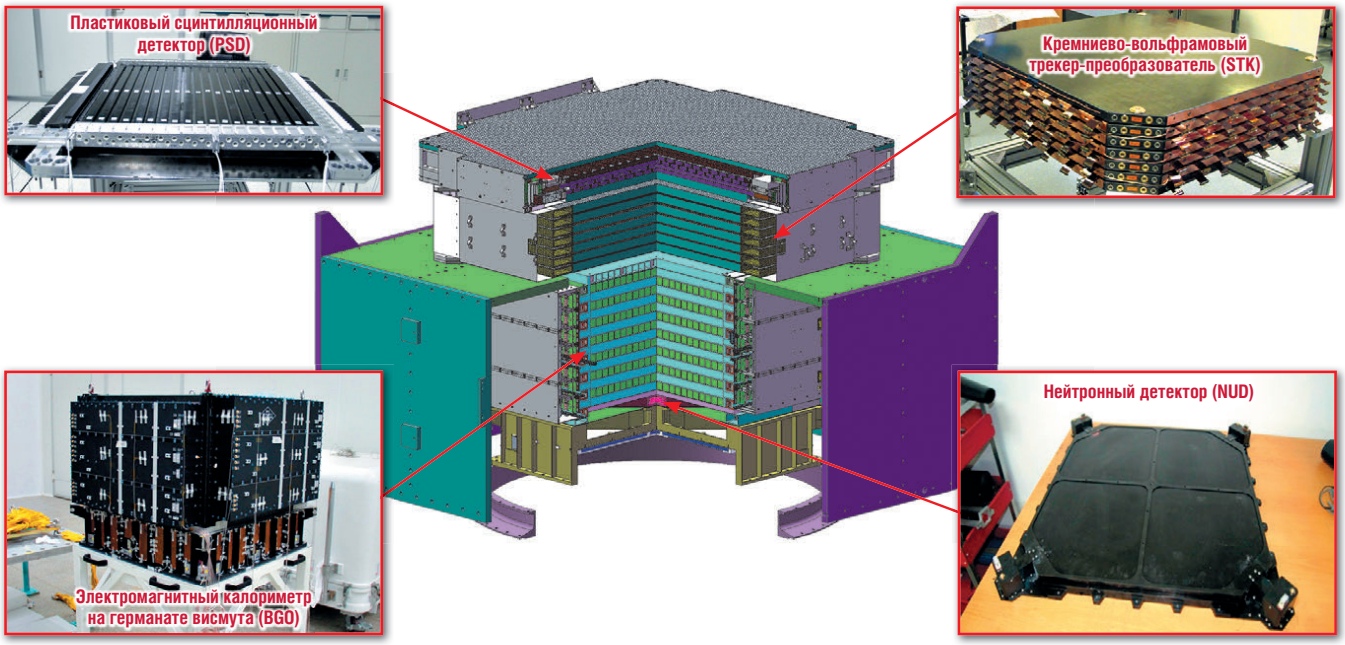
О природе темной материи пока существуют лишь более или менее обоснованные гипотезы. На роль носителя ее массы предлагаются тяжелые нейтрино, суперсимметричные частицы и некоторые другие кандидаты. Существуют также более радикальные предположения, увязывающие непонятные результаты наблюдений с вопросами топологии пространства или с необходимостью модификации закона всемирного тяготения на больших расстояниях.

Весьма популярным кандидатом на роль носителя скрытой массы является так называемая «наилегчайшая суперсимметричная частица», энергия которой должна быть порядка 10 ГэВ. Упоминаются также другие массивные частицы, участвующие лишь в гравитационном и слабом взаимодействии. Аннигиляция подобного объекта может, например, порождать электрон-позитронную пару или гамма-кванты с соответствующей энергией, а их уже можно обнаружить.

Основной научной целью DAMPE является регистрация спектра электронов и фотонов в широком диапазоне энергий с высокой чувствительностью и хорошим энергетическим разрешением. Если верна хотя бы одна из некоторого набора гипотез о характере и поведении частиц темной материи, об этом будут свидетельствовать соответствующие детали в спектре при наблюдении в направлении центра нашей Галактики и далеких скоплений галактик. По ним разработчики считают возможным как минимум наложить ограничения, а как максимум – численно оценить такие параметры частиц темной материи, как масса покоя, сечение распада и срок жизни.

Не исключено, что положенные в основу проекта идеи о природе темной материи ошибочны – но высококачественные спектры частиц все равно будут востребованы. DAMPE имеет большой потенциал для понимания происхождения и механизма распространения космических лучей высоких энергий, а также для новых открытий в области гамма-астрономии.





Аппаратура DAMPE обнаруживает электроны и фотоны в диапазоне энергий от 5 ГэВ до 10 ТэВ* с энергетическим разрешением 1.5% на уровне 100 ГэВ и угловым разрешением 0.2° на 10 ГэВ. Для космических лучей (протоны и более тяжелые ионы до Z=28) диапазон энергий составляет от 100 ГэВ примерно до 900 ТэВ с энергетическим разрешением 40% на уровне 800 ГэВ. Угловое разрешение достигает 0.1° при энергии 100 ГэВ и 0.5° при 800 ГэВ.

Конструкция

Аппарат DAMPE разработан и изготовлен Шанхайским техническим центром микроспутников Китайской АН. Его стартовая масса – 1850 кг, из которых 1410 кг приходится на аппаратуру регистрации космических частиц высоких энергий. Общее энергопотребление КА около 640 Вт, в том числе полезной нагрузки около 400 Вт.

Спутник выполнен в виде плоского параллелепипеда размерами 1.5×1.5×1.2 м с двумя трехсекционными панелями солнечных батарей. Штатная ориентация – трехосная орбитальная, осью симметрии в зенит. Служебные системы скомпонованы в четыре блока на внутренних боковых панелях корпуса, за исключением звездных датчиков, которые установлены снаружи. Научная аппаратура размещается по вертикальной оси КА и представляет собой комплекс из четырех приборов, последовательно реагирующих на приходящее излучение:

- Пластиковый сцинтилляционный детектор PSD (Plastic Scintillator Strips Detector);
- Кремниево-вольфрамовый трекер-преобразователь STK (Silicon-Tungsten Tracker-Converter);
- Электромагнитный калориметр на германате висмута BGO (Bismuth Germanium Oxide);
- Нейтронный детектор NUD (Neutron Detector).

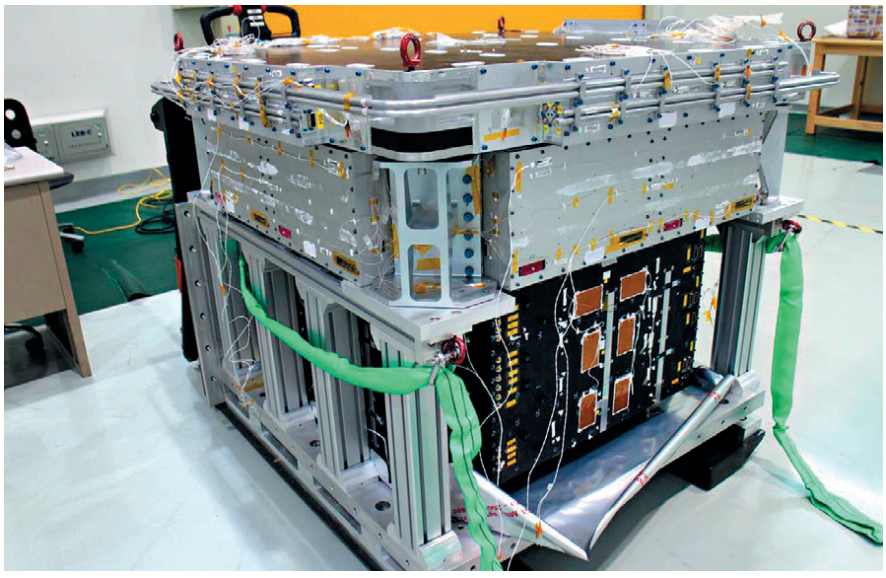
Сцинтиллятор PSD площадью 82×82 см^2 составлен из двух ортогональных слоев полосовых детекторов толщиной 1.0 см, длиной 82 см и шириной 2.8 см, установленных с шагом 0.8 см. Фактически он служит детектором антисовпадений, позволяя выделять фотоны и оценивать заряд космических лучей.

Под ним располагается STK, выполненный в виде шести двойных сенсорных слоев и предназначенный для определения направления прихода энергичных космических лучей, в особенности гамма-квантов, а также заряда частиц. Каждый двойной слой составлен из 2×64 сенсоров толщиной 320 мкм и размером 9.5×9.5 см, а каждый сенсор состоит из односторонних кремниевых стрип-детекторов – 768 штук шириной 48 мкм и с шагом 121 мкм – ориентированных в одном из двух ортогональных направлений, перпендикулярных к вертикальной оси КА. Площадь детектора составляет 76×76 см^2, причем всего в шести двойных слоях имеется 768 сенсоров суммарной площадью около 7 м^2. Перед вторым, третьим и четвертым слоями вставлены вольфрамовые пластины толщиной 1, 2 и 2 мм и суммарной массой 67 кг для конверсии гамма-квантов – преобразования их энергии в энергию и массу электрон-позитронной пары. Направление полета восстанавливается по высокоточным (до 80 мкм) измерениям пути заряженных частиц в пределах STK.

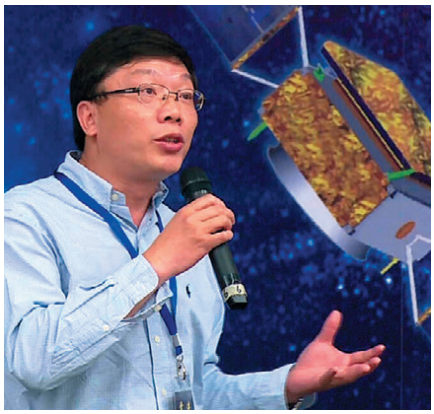
Еще ниже смонтирован видовой калориметр BGO из 14 ортогональных слоев германата висмута для регистрации электронов и гамма-квантов. Каждый слой размером 60×60 см^2 состоит из 22 стержней (кристаллов) из этого вещества длиной 60 см при сечении 2.5×2.5 см^2. Толщина прибора эквивалентна 31 радиационной длине и 1.6 длины взаимодействия. Суммарная толщина STK и BGO составляет 33 радиационные длины, что делает DAMPE наиболее глубоким калориметром в истории космических экспериментов. Именно BGO задает энергетическое разрешение для фотонов и ядер.

Наконец, под калориметром располагается слой нейтронных детекторов, который позволяет обнаруживать запаздывающие нейтроны от адронных ливней и увеличивает степень различения электронов и протонов до 105. Прибор состоит из четырех пластиковых сцинтилляторов, легированных бором, толщиной 1 см и площадью по 30×30 см^2. Поглощая нейтрон, изотоп ^{10}B

▼ **Блок научной аппаратуры спутника DAMPE в сборе**



** Напомним, что ГэВ – это гигаэлектронвольт (10^9 эВ), а ТэВ – тераэлектронвольт (10^{12} эВ).*



▲ Научный руководитель проекта DAMPE Чан Цзинь

распадается на ^{7}Li и альфа-частицу с выделением гамма-кванта.

В проекте принимают участие ведущие научные учреждения Китая, Италии и Швейцарии: Институт физики высоких энергий (IHEP, Пекин) и Институт современной физики (IMP, Ланьчжоу), Национальный центр космической науки (Пекин) и Обсерватория Цзыцзиньшань («Пурпурная гора», Нанкин) АН Китая, а также Китайский университет науки и техники (USTC, Хэфэй), кафедра ядерной и корпускулярной физики Университета Женевы, Национальный университет ядерной физики Италии и итальянские университеты Перуджи, Бари и Лечче. Разработчиком детектора PSD является IMP в Ланьчжоу, STK создан европейскими партнерами при участии IHEP, а за BGO отвечают «Пурпурная гора» и USTC.

На неофициальной основе – в силу запрета американских законодателей на сотрудничество в космосе с Китаем – в проекте участвует Массачусеттский технологический институт.

Научным руководителем проекта DAMPE является Чан Цзинь (常进), заместитель директора Обсерватории Цзыцзиньшань, который, кстати, оценил его общую стоимость примерно в 100 млн $. Главного конструктора проекта зовут И Чанчунь (艾长春), а главного конструктора спутника – Ли Хуаван (李华旺).

DAMPE рассматривается как дальнейшее развитие научных задач прибора LAT в составе американской гамма-обсерватории GLAST (Fermi) и магнитного спектрометра AMS-02 на борту МКС со сдвигом динамического диапазона к более высоким энергиям. Китайский аппарат сравним с AMS-02 по площади кремниевых детекторов, но его диапазон энергий шире, а энергетическое и угловое разрешение лучше в 2 и 3 раза соответственно.

Близким по задачам и конструкции является японо-итальянский калориметрический электронный телескоп CALET, доставленный на МКС в августе 2015 г. и установленный на японской внешней негерметичной платформе. Но и здесь DAMPE отличается лучшим энергетическим разрешением и большей собирающей площадью.

Изготовление, запуск и ввод в строй

Решение о реализации проекта DAMPE было принято Госсоветом Китая в декабре 2011 г. Первоначально это была чисто китайская разработка. Прототип регистрирующей аппаратуры в составе китайских детекторов PSD, BGO и NUD испытывался в Европейском центре ядерных исследований в Женеве уже в 2012 г.

В апреле 2013 г. было подписано соглашение о дополнительной разработке трекера STK силами специалистов Швейцарии и Италии с использованием опыта AMS-02. Летный прибор был изготовлен и отправлен в Китай в апреле 2015 г. для сборки и совместных испытаний в составе КА. Уже в начале июня китайская пресса сообщила, что 28 мая испытания полезной нагрузки DAMPE успешно завершились и она передана на сборку со спутником, который предстоит запустить в конце года.

9 сентября стало известно, что до пуска остается 100 дней, и названный срок был выдержан в точности. 31 октября состоялась официальная церемония сдачи КА на предприятии, а 9 ноября – заседание комиссии по готовности к пуску в Китайской АН в Пекине. 14 ноября эшелон со ступенями носителя и спутником DAMPE был отправлен из Шанхая в Цзюцюань.

Пуск обеспечивал корабль командно-измерительного комплекса «Юаньван-3», отправленный в экваториальную часть Индийского океана в точку 89° в. д.

Выведение прошло штатно. 18 декабря к 08:00 пекинского времени в результате серии наблюдений КА на 12 оптических телескопах наземных станций Хунхэ и Чанчунь была определена точная орбита аппарата, одновременно проверялась работа его служебных систем.

Прием научных данных с DAMPE суммарным объемом до 14 Гбайт в сутки был возложен на три наземные станции Института дистанционного зондирования и цифровой Земли в районе Каши (западная), Миюнь (северная) и Санья (южная). Они же будут принимать информацию с будущих китайских научных аппаратов QESS, SJ-10 и HXMT, а также с китайско-французского спутника SVOM.

20 декабря в период с 07:06 по 07:24 были запитаны и начали работать менеджер и процессор полезной нагрузки и ее отдельные приборы. В 08:45 на 47-м витке начался прием в X-диапазоне на наземной станции Каши, в 08:48 там был получен первый кадр научной информации и в 08:52 передан в Национальный центр космической науки. В тот же день в 17:46 на 53-м витке прием целевой информации провела станция Миюнь, а в 19:14 на 54-м витке – Санья. Тем самым была подтверждена работоспособность всей цепочки формирования, передачи и обработки данных.

24 декабря было подано рабочее напряжение 400 В и 800 В на детекторы DAMPE, и в 17:55 в Национальный центр космической науки в пекинском пригороде Хуайжоу поступила первая реальная научная информация. «Пока все кажется отлично, – прокомментировал ход работ Чан Цзинь. – Точность наведения аппарата и его стабильность в несколько раз лучше, чем мы закладывали в проект». Он добавил, что данные, получаемые от научной аппаратуры, соответствуют ожиданиям – за секунду прибор должен регистрировать до сотни энергичных частиц.

Таким образом, через неделю после старта началось тестирование приборов DAMPE, которое продлится до марта 2016 г. После этого обсерватория должна быть официально введена в строй и передана под контроль Обсерватории Цзыцзиньшань.

Дальнейшая программа научных исследований рассчитана на три года и состоит из двух этапов: двухлетнего обзора и годичного этапа детальных наблюдений избранных источников. Ученые надеются, что вместо трех лет обсерватория сможет проработать пять. Первые научные результаты DAMPE могут быть опубликованы через 6–12 месяцев после начала работы, но, разумеется, полная обработка информации займет намного больше времени.

В близкой перспективе основанный на идеях DAMPE детектор энергичных космических лучей HERD с еще более высокими характеристиками планируется установить на китайской пилотируемой космической станции. В целом же в Дорожной карте инноваций Китайской АН до 2050 г. исследования в области темной материи и темной энергии характеризуются как первоочередные, так как они «имеют потенциал для прорывных открытий» общечеловеческого уровня.

CZ-2D: модернизация на марше

Для запуска DAMPE использовался модернизированный вариант ракеты CZ-2D. В ее системе управления используется трехканальная БЦВМ, работающая по мажоритарному принципу (2 из 3). Полностью изменились и измерительные средства. Еще в 2010 г. на CZ-2D в дополнение к инерциальной платформе был установлен бесплатформенный лазерный инерциальный измерительный блок. Со временем ему была передана основная роль, а инерциальная платформа стала выполнять дублирующую функцию. На этот раз платформа из состава измерительных средств исключена, а для повышения надежности в качестве вспомогательного средства измерений введен бесплатформенный блок на волоконно-оптических гироскопах.

Только за счет этого масса системы управления и второй ступени в целом была уменьшена на 20–30 кг с соответствующим приростом грузоподъемности. Дополнительный выигрыш был достигнут за счет снижения массы баков второй ступени. В этой связи китайская пресса отмечает, что DAMPE – наиболее тяжелый аппарат, доставленный CZ-2D на орбиту высотой 500 км, но все же его масса ниже предельно допустимой, которую удалось довести до 2000 кг.

Добавим, что это был 26-й старт CZ-2D, причем все они были успешными. Главным конструктором носителя в настоящее время является Хун Ган (洪刚), административным руководителем – Тань Сюэцзюнь (谈学军). Ракета разработана и выпускается Шанхайской исследовательской академией космической техники SAST.

В настоящее время в Шанхае ведется разработка специализированной многоспутниковой верхней ступени MSUS для использования совместно с ракетами CZ-2D и CZ-4B/C. Ступень оснащается двигателем многократного (до 20 раз) включения и может использоваться для разведения до 10 спутников по индивидуальным орбитам. Ее первый испытательный пуск планируется на вторую половину 2017 г.

И. Афанасьев
«Новости космонавтики»

Четвертая пара спутников Galileo на орбите

17 декабря в 08:51:56 по местному времени (11:51:56 UTC) со стартового комплекса ELS Гвианского космического центра (ГКЦ) в Куру стартовые расчеты компании Arianespace при поддержке специалистов российской ракетно-космической отрасли выполнили пуск РН «Союз-ST.Б» (372РН21Б № Р15000-010) с разгонным блоком (РБ) «Фрегат-МТ» (14С44 № 133-04) и четвертной парой эксплуатационных спутников европейской навигационной системы Galileo. Провайдером пуска с обозначением VS13 выступала Arianespace.

Ракета стартовала в расчетное время, и полет прошел штатно. После отделения орбитального блока от третьей ступени носителя дальнейшее выведение двух спутников на целевую орбиту выполнялось за счет двух включений двигателя РБ и завершилось через 3 час 48 мин после старта успешным отделением аппаратов на расчетной орбите. Номера и международные обозначения запущенных объектов в каталоге Стратегического командования США и параметры орбит приведены в таблице.

Наименование	Номер	Межд. обозн.	Параметры орбиты			
			i	Hp, км	Ha, км	P, мин
Galileo FOC FM08	41174	2015-079A	54.96°	23536	23587	859.2
Galileo FOC FM09	41175	2015-079B	54.96°	23555	23616	860.3
РБ «Фрегат»	41176	2015-079C	54.97°	23535	23593	859.4

Помимо номеров летных изделий, приведенных в таблице, спутники имеют также технические обозначения GSAT 0208 и 0209, порядковые номера Еврокомиссии Galileo 11 и 12 и личные имена Andriana и Liene. Последние даны по именам школьников – победителей конкурса рисунков Андрианы Гиаллуру (Кипр) и Лиене Осиной (Латвия).

Созвездие растет

Программа Galileo – европейская инициатива в области спутниковой навигации, направленная на создание высокоточной системы глобального местоопределения под гражданским контролем, а также развертывание европейских центров управления и всемирной сети датчиков и наземных передающих станций.

Построение системы началось с единичных запусков первых двух экспериментальных КА GIOVE-A и GIOVE-B. Они были выведены на орбиту в 2005 и 2008 гг. под эгидой компании Starsem (филиал Arianespace), организовывавшей пуски ракет класса «Союз» с космодрома Байконур в интересах западных заказчиков.

Следующие 12 спутников выводились парами на ракетах «Союз». Для развертывания аппаратов Galileo предполагается также использовать тяжелые носители Ariane (шесть пусков по четыре спутника за раз) и легкие Vega (заявлено о трех пусках по одному КА). Полное «созвездие» должно состоять из 30 КА (в том числе два запасных), расположенных в трех плоскостях на околоземной орбите наклонением 55° и высотой 23 222 км. Результатом должен стать крупнейший флот спутников, когда-либо построенных в Западной Европе.

После запуска в 2011 и 2012 гг. четырех аппаратов типа IOV (In-Orbit Validation) для проверки работы системы Galileo на орбите началось развертывание эксплуатационной группировки из аппаратов полной оперативной готовности FOC (Full Operational Capability). Первый старт 22 августа 2014 г. завершился нештатно: аппараты оказались на вытянутой орбите высотой от 13 713 км до 25 900 км. Включение бортовых двигательных установок позволило несколько «скруглить» орбиту, повысив перигей более чем на 3500 км, и осуществить проверку навигационных полезных нагрузок.

После определения причин аномалии состоялись следующие два пуска, которые прошли штатно. Четыре спутника с номерами от FM03 до FM06 стартовали в марте и сентябре 2015 г. и введены в эксплуатацию 1 декабря 2015 г. и 28 января 2016 г.

Спутники FM08 и FM09 запущены в плоскость C системы Galileo с целью занять в ней позиции C07 и C02. По состоянию на 26 января 2016 г. оба аппарата снизили свои орбиты до 23 222 км и стабилизированы в точках. С вводом их в строй количество рабочих аппаратов в группировке достигнет девяти.

Аппарат с пропущенным номером FM07 в настоящее время находится в Германии и, возможно, полетит на Ariane 5.

Спутники Galileo FOC массой около 700 кг, изготовленные фирмами OHB-System (платформа) и SSTL (полезная нагрузка) по заказу ЕКА, оснащены следующими системами:

- двумя стандартами частоты (атомными часами) на пассивном водородном мазере;
- двумя рубидиевыми стандартами частоты;
- блоком управления и мониторинга стандартов частоты;
- блоком генератора навигационных сигналов;
- антенной L-диапазона для передачи навигационного сигнала, антенной C-диапазона для обнаружения сигнала восходящей линии связи;

◆ двумя антеннами S-диапазона для передачи телеметрии и приема телекоманд;

◆ антенной поисково-спасательной системы.

Диспенсер полезной нагрузки для Galileo был разработан шведской компанией RUAG Space для Arianespace: он несет по одному спутнику на каждой стороне; КА отделяются с помощью пиротехнической системы со скоростью 0.7 м/с в противоположных направлениях в нужной точке орбиты.

Ракета и космодром

Это был третий запуск российского носителя в рамках проекта «"Союз" в ГКЦ» в 2015 г. «Союз-ST.Б» представляет собой вариант «Союза-2.1Б», адаптированный к требованиям по использованию с европейского космодрома во Французской Гвиане в части безопасности (прием телекоманд с Земли на прекращение полета), системы телеизмерений (передатчики, работающие в дециметровом диапазоне с европейской структурой кадра телеметрии) и условий эксплуатации (повышенная влажность, морская транспортировка и другие).

В данном проекте АО «РКЦ "Прогресс"» отвечает за носитель, а также осуществляет общее техническое и операционное руководство российскими промышленными предприятиями, участвующими в миссии запуска.

В настоящее время с космодрома Куру летают два варианта ракеты, созданные на базе «Союза-2.1А» и «Союза-2.1Б». Пуски

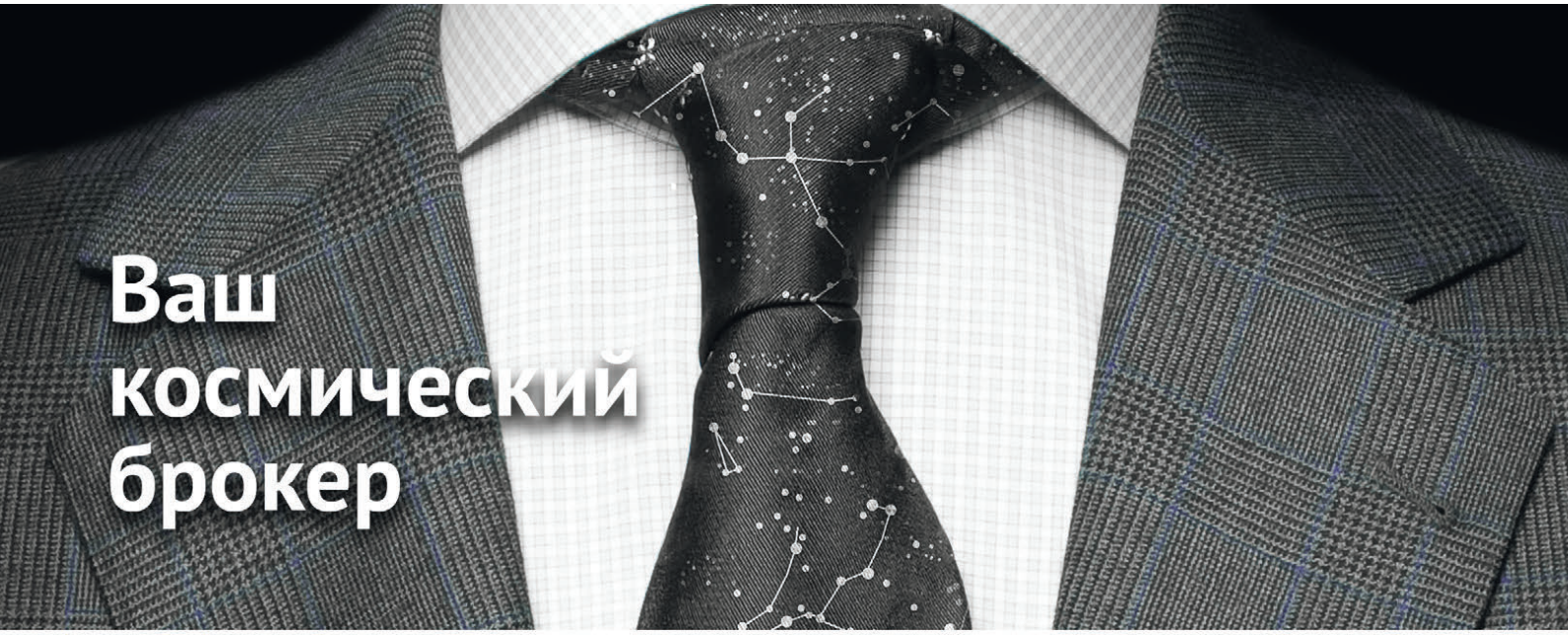
Циклограмма пуска РН «Союз-ST.Б»

Событие	Время, час:мин:сек
Старт	-00:00:00
Отделение боковых блоков первой ступени	+00:01:58
Сброс головного обтекателя	+00:03:29
Отделение центрального блока второй ступени	+00:04:48
Отделение третьей ступени	+00:09:24
Первое включение РБ	+00:10:24
Выключение РБ и начало баллистической фазы полета	+00:23:32
Второе включение РБ	+03:38:35
Выключение РБ	+03:42:57
Отделение спутников Galileo	+03:47:57

осуществляются со специально построенного стартового комплекса ZLS, расположенного в 12 км к северо-западу от существующего стартового комплекса Ariane 5, причем уже ближе к поселку Синнамари, чем к городу Куру. Строительство комплекса началось в 2007 г., когда Arianespace решила расширить свой флот средств запуска путем добавления двух вариантов испытанной в полете российской РН.

ZLS соединяет проверенные временем элементы стартового и технического комплексов РН «Союз», аналогичные расположенным на космодромах Байконур и Плесецк, с процедурами интеграции спутников, которые используются для подготовки КА в миссиях Ariane. Монтажно-испытательный корпус имеет 92 м в длину, 41 м в ширину и 22 м в высоту, что позволяет собирать носитель горизонтально. Передача «Союза» на пусковую установку осуществляется с транспортно-установочного агрегата, который везет ракету также в горизонтальном положении. Носитель вертикализируется на стартовой площадке. В отличие от обычной схемы, принятой на российских космодромах Байконур и Плесецк, ракета вывозится на старт «без головы»: интеграция полезной нагрузки с носителем производится внутри мобильной башни обслуживания, которая имеет для этого специально оборудованное рабочее место.

Типовая циклограмма пуска РН «Союз-ST.Б» представлена в таблице.



Малакут Созвездие
СТРАХОВОЙ БРОКЕР
(495) 933 13 73
www.malakut-constellation.ru

И. Чёрный.
«Новости космонавтики»

Успешная посадка и одиннадцать спутников на орбите

Первая миссия Falcon 9 FT

21 декабря в 20:29 EST (22 декабря в 01:29 UTC) с комплекса SLC-40 Станции ВВС «Мыс Канаверал» стартовая команда компании Space Exploration Technologies Corporation (SpaceX) при содействии военнослужащих 45-го космического крыла ВВС США осуществила пуск РН Falcon 9 FT с одиннадцатью спутниками связи Orbcomm OG2.

Старт и полет носителя прошли штатно, и примерно через 10 минут спутники были доставлены на орбиту. Параметры орбит каждого КА, их официальные наименования, номера и международные обозначения в каталоге Стратегического командования США приведены в таблице.

В ходе миссии было осуществлено спасение первой ступени носителя, которая совершила мягкую реактивную посадку неподалеку от места старта в зоне LZ-1 (Landing Zone-1).

Наименование	Номер	Межд. обозн.	Параметры орбиты			
			i	Hp, км	Ha, км	P, мин
Orbcomm FM 114	41179	2015-081A	47.00°	610.0	660.5	97.348
Orbcomm FM 119	41180	2015-081B	47.00°	610.0	660.3	97.345
Orbcomm FM 105	41181	2015-081C	47.00°	609.9	660.0	97.341
Orbcomm FM 110	41182	2015-081D	47.00°	609.8	659.9	97.338
Orbcomm FM 118	41183	2015-081E	47.00°	609.6	659.8	97.335
Orbcomm FM 112	41184	2015-081F	47.00°	609.8	659.3	97.332
Orbcomm FM 113	41185	2015-081G	47.00°	609.3	658.0	97.312
Orbcomm FM 115	41186	2015-081H	47.00°	609.3	657.6	97.308
Orbcomm FM 108	41187	2015-081J	47.00°	609.4	657.3	97.306
Orbcomm FM 117	41188	2015-081K	47.00°	609.3	657.0	97.302
Orbcomm FM 116	41189	2015-081L	47.00°	609.4	656.8	97.299

Обновленная ракета

Для запуска был использован новый вариант носителя Falcon-9, получивший индекс FT (Full Trust – «Полная тяга»). В неофициальном порядке до первого старта в среде любителей космонавтики ходило обозначение v1.2, призванное показать более высокую ступень развития ракеты по сравнению с модификацией v1.1.

Основные отличия Falcon 9 FT от предыдущей модели связаны с увеличением рабочего запаса топлива ступеней и форсированием двигателей.

Ориентируясь при разработке последних модификаций «Мерлинов» на носитель Falcon Heavy, компания SpaceX заложила в проект возможности форсирования. Двигатель первой ступени носителя Falcon 9 FT, условно названный Merlin 1D+, обладает повышенной экономичностью: функционирование при большом расходе топлива ведет к росту давления и температур в камере, но тяга увеличивается быстрее расхода компонентов. Изменение общей «напряженности» конструкции было учтено в изначальном проекте Merlin 1D.

Последние опубликованные цифры характеристик Falcon 9 FT говорят о том, что двигатель Merlin 1D+ на уровне моря развивает тягу 756 кН (77.1 тс), на 16% больше первоначального варианта Merlin 1D. Тяга в условиях вакуума – 825 кН (84.1 тс). Эти

▲ Модернизированный Merlin 1D

цифры, по мнению некоторых экспертов, еще более укрепляют позицию Merlin 1D как двигателя, имеющего наилучшее соотношение тяги и массы из всех построенных.

Улучшение двигателя Merlin 1D Vacuum второй ступени коснулось также и соплового насадка. В результате тяга выросла до 935 кН (95.31 тс), то есть на 17 %.

Диапазон регулирования тяги обоих двигателей также расширен: Merlin 1D+ способен изменять тягу в пределах от 70 до 100 % номинала, Merlin 1D Vacuum+ может дросселироваться до 38 % номинала.

Форсированные двигатели развивают на старте большую тягу. При неизменной стартовой массе ракеты растет тяговооруженность и снижаются гравитационные потери, позволяя увеличить массу выводимой полезной нагрузки. Однако эффективнее, сохраняя (или немного увеличивая) тяговооруженность, попытаться нарастить стартовую массу, доливая топливо. Обычно это делается путем повышения объема баков.

В том случае, если габариты ракеты нельзя изменять пропорционально росту тяги (например, при ограничениях, накладываемых наземной обслуживающей и пусковой инфраструктурой), приходится идти на ухищрения. Поскольку размеры первой ступени Falcon 9 уже были увеличены при переходе на вариант v1.1, SpaceX решила осуществить «уплотнение» топлива.

При переохлаждении характеристики окислителя (жидкого кислорода) и горючего (керосина) меняются в привлекательную для разработчиков сторону.

Зависимость плотности от температуры для жидкого кислорода известна:

◆ самая низкая (при температуре -183.0°C) – 1.1420 кг/л;

◆ самая высокая (при температуре -206.7°C) – 1.2539 кг/л.

С точными значениями плотности керосина RP-1 беда: источники указывают разные значения. В среднем получается следующая зависимость:

❖ самая низкая плотность (при температуре 21.1°C) – 0.8056 кг/л;

❖ самая высокая плотность (при температуре -6.7°C) – 0.8265 кг/л.

С соотношением компонентов для двигателей Merlin тоже нет ясности: например, проскакивали сообщения, что отношение «окислитель : горючее» для Merlin 1C составляет 2.2:1, а для Merlin 1D+ обнаружено 2.36:1. Впрочем, это не сильно влияет на результат расчета, который представлен в таблице.

Обобщенная удельная плотность компонентов топлива

Отношение «окислитель : горючее»	2.2:1	2.36:1
Самая низкая плотность, кг/л	1.0102	1.0158
Самая высокая плотность, кг/л	1.0795	1.0867
Прирост массы топлива при неизменном объеме баков, %	6.86	6.98

Некоторые источники указывают, что масса топлива в первой ступени ракеты Falcon 9 v1.1 составляет 395.7 т. Таким образом, увеличение заправки за счет переохлаждения может составить до 27.1–27.6 т.

Исходная вторая ступень ракеты Falcon 9 v1.1 вмещает 92.67 т топлива. Официально сообщалось, что для варианта Falcon 9 FT объем ее топливных баков увеличен на 10 % за счет удлинения ступени на 5 футов (1.52 м); следовательно, ее заправка выросла на 16.25–16.38 т.

Таким образом, форсирование двигателей и дозаправка компонентов дает на ракете Falcon 9 FT синергетический эффект: рост характеристик в части массы полезного груза достигается не только за счет увеличения стартовой массы и стартовой тяги, но и за счет некоторого повышения удельного импульса двигателей обеих ступеней.

Общая длина носителя Falcon 9 FT достигла 229 футов (69.799 м) при сохранении диаметра 12 футов (3.66 м), ее стартовая масса – 541 т. Официально утверждается, что энергетика носителя выросла на треть. В результате принятых мер обновленная модификация в «полумногоразовом» исполнении способна выводить до 13 150 кг на стандартную низкую околоземную (28°; 185×185 км) и до 4850 кг на геопереходную орбиту. Исходный вариант Falcon 9 v1.1 был способен на такие «подвиги» лишь в одноразовом исполнении.

Изменения коснулись и других элементов конструкции. Удлинен межступенчатый переходник. Улучшен механизм разделения ступеней за счет применения центрального толкателя, что повышает надежность. Изменена компоновка двигателей первой ступени, модернизированы посадочные опоры и решетчатые аэродинамические рули, которые оптимизируют полетные и посадочные характеристики ступени.

«Решетки» впервые применялись в девятом полете Falcon 9 v1.1 в январе 2015 г. (*НК* №8, 2014, с.19-24). Первая ступень не имеет классических крыльев, но использование всего ее корпуса в качестве несущей поверхности в сочетании с возможностями сопел на сжатом газе и решетчатых рулей позволяет управлять траекторией спуска в достаточных пределах. Комбинация «сопла+рули» эффективна на всем диапазоне скоростей полета, что играет важную роль в повышении точности посадки. В попытках приземления, проведенных без «решеток», погрешность составляла около 10 км. Полноценное включение аэродинамического управления снизило это значение до нескольких метров.

По словам разработчиков, четыре руля с системой отклонения имеют меньшую массу, чем система реактивного управления, которая использует сжатый азот и изменяет положение ступени на безатмосферном участке, а также помогает на гиперзвуковых скоростях в верхних слоях атмосферы.

Запуск и посадка

Публика и эксперты пристально наблюдали за данной миссией ракеты по нескольким причинам. Во-первых, она ознаменовала успешное возвращение SpaceX к полетам после аварии Falcon 9 в июне 2015 г. (*НК* №8, 2015, с.12-17). Во-вторых, речь шла о запуске 11 спутников связи* сразу. Кроме того, в космос отправлялся модернизированный вариант носителя. Пуск можно было наблюдать в режиме «онлайн» в Интернете, причем впервые, кроме «картинки», на экране отображалась служебная информация – этапы полета, скорость и высота второй ступени.

За несколько месяцев до пуска допускалась возможность посадки первой ступени как на баржу, так и на сушу. В конечном итоге был выбран второй вариант, с приземлением в районе бывшего стартового комплекса LC-13, который находится в 9 км к югу от площадки SLC-40 на мысе Канаверал. С 1958 по 1962 годы отсюда проводились испытательные пуски МБР Atlas, а в 1963–1978 гг. – РН Atlas Agena.

До нынешнего момента представители SpaceX не давали точной схемы возвращения первой ступени. Можно было ориентироваться лишь на оценки сторонних экспертов. Оптимальной представлялась схема с посадкой в точку, расположенную на противоположном конце баллистической параболы, которую описывает первая ступень при штатном запуске носителя.

В СМИ утверждается, что посадка могла быть осуществлена как на землю, так и на автономную беспилотную баржу ASDS (Autonomous Spaceport Drone Ship) – на последнюю компания SpaceX уже дважды пыталась приземлять ракету. В первый раз (10 января 2015 г.) ступень села слишком жестко и взорвалась при ударе (*НК* №3, 2015, с.19-24), во второй попытке (11 февраля 2015 г.) подломились посадочные «ноги» – и ракета опрокинулась (*НК* №4, 2015, с.33-37).

Окончательное решение о посадке в данной миссии принималось представителями командования ВВС накануне или в день запуска. Если бы военные выбрали приземление на баржу «Of course I still love you», последняя должна была размещаться в море в 128 км к востоку от Джексонвилла, Флорида. В этот порт ступень и должна была доставляться в случае успешной посадки.

Расчетная циклограмма запуска Falcon 9 FT со спутниками ORBCOMM

Время, час:мин:сек	Событие
-34 мин	Обзор пусковой готовности
-30 мин	Заправка баков ракеты керосином RP-1 и жидким кислородом
-10 мин	Начало захолаживания двигателей ракеты перед стартом
-2 мин	Доклад военных о готовности полигона к пуску
-01:30	Руководитель запуска от SpaceX подтвердил готовность ракеты к пуску
-01:00	Последние проверки готовности ракеты бортовым компьютером. Наддув баков до полетных значений
-00:03	Команда на зажигание двигателей первой ступени
00:00	Старт
01:00	Ракета проходит зону максимального динамического давления
02:20	Главная команда на выключение двигателей первой ступени
02:24	Разделение первой и второй ступеней
02:35	Включение двигателя второй ступени
3 мин	Сброс головного обтекателя
4 мин	Включение двигателей первой ступени на возвращение
8 мин	Включение двигателя первой ступени перед входом в атмосферу
10 мин	Главная команда на выключение двигателя второй ступени
10 мин	Посадка первой ступени
15 мин	Начало отделения спутников Orbcomm
20 мин	Завершение отделения спутников Orbcomm
26 мин	Первый спутник завершил раскрытие антенны и солнечных батарей
31 мин	Все спутники завершили раскрытие антенн и солнечных батарей

Примечание. Как обычно, большая часть событий циклограммы в пресс-ките SpaceX округлена до целой минуты.

Обычно при выведении на орбиту разделение ступеней проводится на скорости, соответствующей числу M=10 (об этом не раз говорили комментаторы пусков), то есть примерно 3 км/с. После этого первая ступень, продолжая полет по инерции, выводится из-под струи выхлопных газов двигателя второй ступени посредством включения сопел на холодном газе, разворачивающих ее для возвращения.

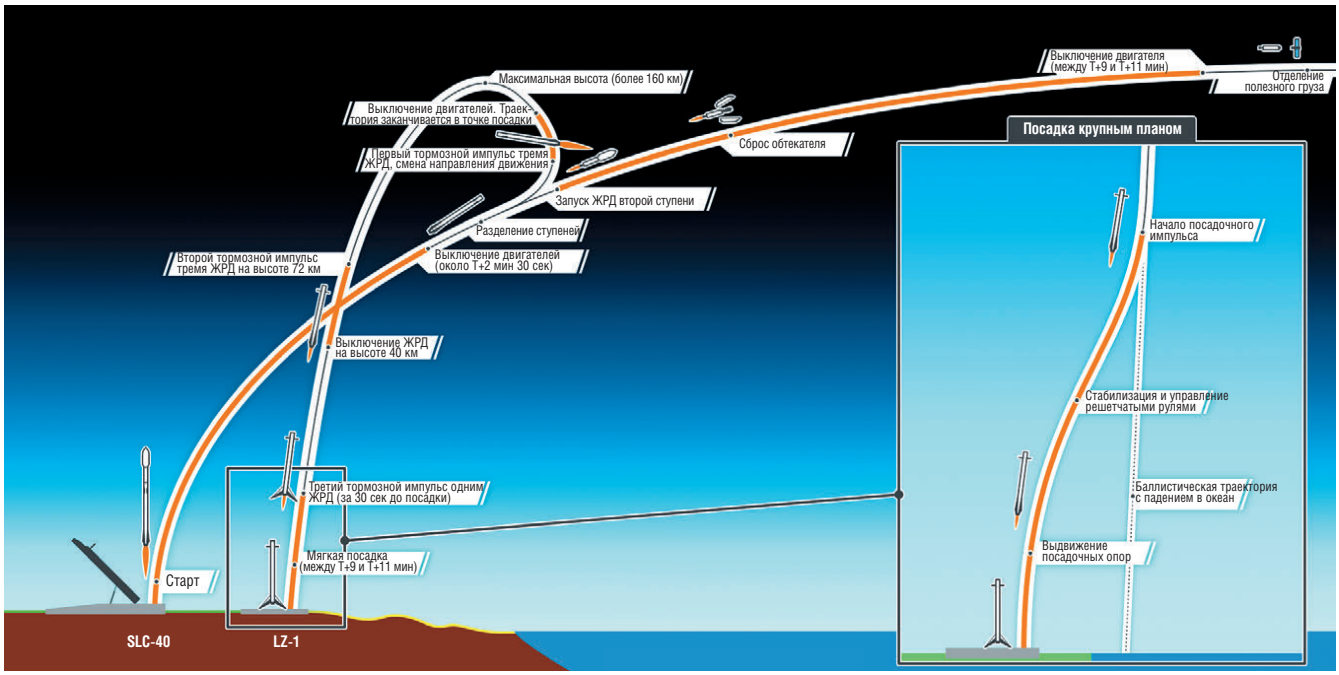
Затем последовательно выполняются три включения двигателей. Первое начинается примерно в T+270 сек и выполняется тремя двигателями, работающими на полной тяге. Его цель – гашение горизонтальной и вертикальной составляющих скорости, уменьшение кинетической энергии ступени и дальности точки падения.

Далее следует полет по инерции до апогея на высоте 140 км и снижение по параболе. Вход в атмосферу на высоте около 70 км со скоростью меньше 2 км/с начинается со второго тормозного импульса, выполняемого одним (центральным) двигателем. Истекающая струя газа образует вокруг ступени «колокол», снижающий тепловые и механические нагрузки на конструкцию.

Сопла реактивной системы управления осуществляют управление по крену, они же обеспечивают необходимую ориентацию на пассивном участке полета. Затем, когда плотность атмосферы становится существенной, в дело включаются решетчатые рули, которые вместе с реактивными соплами удерживают полет в нужном направлении. Для маневрирования при подходе к району посадки ступень использует подъемную силу, создаваемую корпусом, а угол атаки и курс регулируются решетчатыми рулями.

При приближении к посадочной площадке ступень рассчитывает момент включения двигателя для приземления. На последнем километре до поверхности выпускаются посадочные опоры, которые создают дополнительное аэродинамическое сопротивление, помогая процессу торможения. Они намертво фиксируются в выпущенном состоянии, и убрать их назад невозможно. Работающий двигатель начинает задействовать векторное управление. Поскольку его тяга значительно превышает массу ступени с остатками топлива, он работает на дроссельном режиме. Но даже в этом случае время его функционирования ограничено десятком секунд, за которые он должен полностью обнулить вертикальную и горизонтальную составляющие скорости в момент посадки.

Следует понимать, что от успешного выполнения всех описанных этапов посадки



* *Первый демонстрационный спутник Orbcomm нового поколения был запущен 7 октября 2012 г. (НК № 12, 2012, с.14-17), а первая партия из шести аппаратов – 14 июля 2014 г. (НК № 9, 2014, с.44-46).*

зависит не только точность приземления, но и сама его возможность: у ступени нет активных средств (крыльев и двигателей), чтобы «пойти на второй круг», если первая попытка посадки не удалась.

Дата первого после аварии пуска (как и полезный груз) долгое время не была определена. Лишь 16 октября SpaceX объявила, что это будут 11 спутников Orbcomm OG2 и что старт состоится через 6–8 недель. Все 11 аппаратов были доставлены на космодром к концу ноября, и первый старт носителя Falcon 9 FT был предварительно назначен на вечер 15 декабря, но вскоре отложен до 19-го. Традиционный прожиг двигателей на старте состоялся 18 декабря с опозданием на двое суток и с третьей попытки, так что старт был перенесен на вечер 20 декабря. В этот день он не состоялся из-за неблагоприятных условий, но в резервную дату 21 декабря все прошло «как по нотам». Досадно, что в России была уже глубокая ночь и большинство наших любителей космонавтики «проспали» событие.

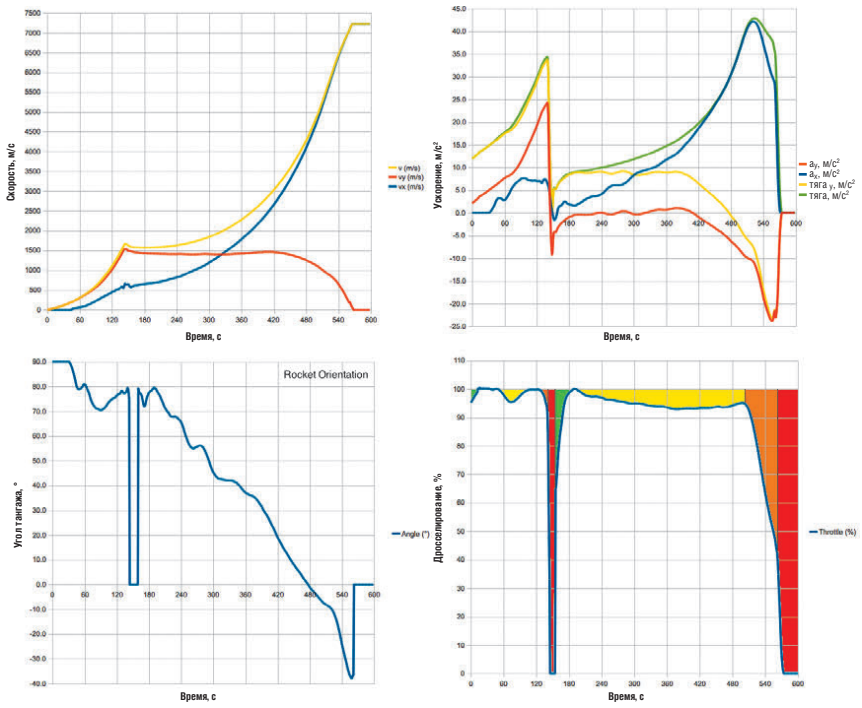
Учитывая, что масса 11 спутников вместе с адаптером не превышала 2000 кг, для данной миссии выбрали баллистическую схему с непрерывным выведением. Однако поскольку высота перигея орбиты превышала 600 км, вторую ступень необходимо было дросселировать (по приближенным оценкам, до тяги примерно 55–60 тс), обеспечив необходимую длительность активного участка. По условиям задачи, двигатель Merlin 1D Vacuum второй ступени должен был включиться дважды: первый импульс – на выведение и второй (короткий) – для спуска с орбиты в океан южнее Австралии.

Впрочем, если честно, не это было главным. У кого-то, возможно, оставались сомнения в благополучном исходе запуска (таких было меньшинство), но все ждали, разумеется, именно посадки первой ступени... При этом мало кто обратил внимание на особенности циклограммы выведения, опубликованной несколько ранее.

Как уже говорилось, на транслируемом в Сети видеофайле показывались расчетная циклограмма запуска в виде линейки с отметками событий внизу кадра, и индикаторы скорости и высоты. Именно фильм в совокупности с анализом циклограммы и сопоставлением с некоторыми дополнительными материалами дал ключ к разгадке тайны миссии: каким образом первая ступень, имеющая при разделении скорость несколько километров в секунду и поднимающаяся на высоту свыше 100 км, ухитрилась не только разогнать вторую ступень, но и приземлиться... всего в 9 км от точки старта!

Итак, девять двигателей Merlin 1D+ выключились на отметке T+2 мин 25 сек при скорости 6010 км/ч (1.67 км/с) на высоте 74.6 км. Merlin 1D Vacuum включился в T+2 мин 35 сек при скорости 5719 км/ч (1.59 км/с) на высоте 89.4 км. За 10 сек баллистической паузы скорость упала на 80.8 м/с, а высота выросла на 14.8 км. Это свидетельствовало, что траектория полета ракеты на момент разделения ступеней все еще была близка к вертикальному подъему.

Более того, в данном пуске первая ступень набрала скорость, составляющую лишь 55–65 % от оптимальной для остальных миссий. Все правильно: носитель летел со зна-



▲ Изменение параметров движения ракеты Falcon 9 FT

чительным «недогрузом», и ступень решала сразу две задачи:

◆ дать второй ступени такого «пендаля», чтобы та имела очень значительную вертикальную составляющую скорости и, поднимаясь все выше и выше, только увеличивала бы горизонтальную составляющую до того момента, как апогей траектории не превратится в перигей орбиты;

◆ не уходить слишком далеко от места старта.

Данный способ вряд ли будет применяться в коммерческих задачах при выведении тяжелых грузов, потому что по сути он переводит носитель из среднего класса в легкий при той же стартовой массе. Как выражались отдельные остряки, «это был специально подготовленный цирковой номер». Конечно, все было не совсем так, но...

В первом импульсе (реально он начался в T+3 мин 50 сек и продолжался 30 сек) три двигателя 1-й ступени сформировали траекторию возвращения: не только максимально уменьшили вертикальную составляющую скорости, но и полностью обнулили горизонтальную, а затем и изменили направление движения: в то время, когда вторая ступень продолжала лететь вперед по трассе выведения, первая полетела... назад!

Второе включение (началось в T+8 мин 12 сек и продолжалось 28 сек) защищало вход в атмосферу. Последнее включение (началось в T+9 мин 11 сек и продолжалось 38 сек) обеспечило мягкую посадку.

Маск попросил попридержать снимки – лишь позднее в Сеть попали красивые кадры, выполненные с большой экспозицией, которые показали светящийся след возвращающейся ступени, лежащий близко от такой же светящейся трассы улетающей ракеты.

Финальные моменты мягкой посадки первой ступени выглядели эффектно: она приземлилась недалеко от центра круговой зоны. Правда, через полминуты после выключения центрального двигателя Merlin 1D в основании ракеты возник небольшой пожар, но главное было сделано: впервые в истории ракетно-космической техники первая жидкостная ступень при орбитальном запуске была возвращена практически к месту старта и мягко посажена. Несомненно, это огромное достижение. Понимали это и специалисты SpaceX, работавшие в ЦУПе. Сразу после приземления ступени зал захлестнула волна эмоций, люди обнимались и скандировали: «США! США! США!»

«Я не был полностью уверен, что все пройдет гладко, но очень рад этому, – заявил Маск в телеконференции. – Прошло 13 лет с момента старта SpaceX. Мы столько раз оказывались так близко к успеху. Думаю, люди вне себя от радости».

Некоторым специалистам пришлось выполнять прозаическую, но от этого не менее важную, работу по послепосадочному обслуживанию ступени. Получив безопасный доступ к своему историческому транспортному средству, рабочие продули систему подачи окислителя и слили остатки горючего, стравили оставшийся газ и обезвредили пиротехнические заряды системы аварийного прекращения полета FTS (Flight Termination System). Затем Falcon 9 подняли, сняли посадочные опоры, положили ступень на подставку и погрузили на тягач, который доставил ее в ангар на пусковом комплексе LC-39A в Космическом центре имени Кеннеди NASA.

Новые аппараты для старой системы

Orbcomm Generation Two (OG2) – второе поколение низкоорбитальных спутников связи для предоставления надежных и экономичных услуг M2M* и AIS** в любой точке земного шара. Аппараты обеспечивают коммуникационные сервисы для промышленных и правительственных организаций, передавая небольшие пакеты данных при низких задержках с мобильных передатчиков на наземные терминалы, в том числе предоставляют услуги сотовой связи и возможность обмена данными с самыми удаленными точками земной поверхности. Система*** пригодна как для обслуживания отдельных пользователей, так и для построения специализированных диспетчерских пунктов, решающих задачи информационного обслуживания в масштабах большой организации, предприятия или отрасли.

Компания-оператор Orbcomm Global L.P. создана в 1990 г. фирмами Orbital Sciences Corporation (OSC, г. Вена, шт. Вирджиния) и Teleglobe (г. Рестон, шт. Вирджиния) для развертывания и эксплуатации одноименной глобальной низкоорбитальной системы передачи данных.

Изначально система Orbcomm предназначалась для пакетной передачи данных от абонента через спутник на ближайшую земную станцию сопряжения (Gateway Earth Station), которая ретранслировала сообщение в сетевой центр управления. Центр управления определял местоположение адресата и передавал сообщение на соответствующую земную станцию, откуда сообщение поступало на КА и ретранслировалось адресату.

Система состоит из трех основных сегментов:

❖ космического, включающего КА на низких орбитах (имеется лицензия на запуск до 47 спутников);

❖ наземного, включающего шлюзы и общий центр управления сетью. Каждый шлюз, предназначенный для обработки сообщений и управления абонентскими терминалами, имеет в своем составе центр управления и одну или несколько земных станций, в том числе удаленных. Центр управления сетью, отвечающий за общее управление системой Orbcomm, размещен в г. Даллес (шт. Вирджиния);

❖ абонентского, включающего терминалы, используемые абонентами системы.

Космический сегмент системы Orbcomm первого поколения включал 35 спутников, созданных на базе платформы MicroStar компании OSC. Каждый КА имел массу около 43 кг и гарантированный срок активного существования пять лет. Спутники работали в режиме гравитационной стабилизации. Связная аппаратура включала 17 процессоров обработки сообщений и семь антенн. Канал передачи данных «спутник – земная станция сопряжения» имел мощность 2 Вт, скорость передачи данных 57.6 кбит/с на частоте 137.56 МГц. Каждый аппарат оснащался GPS-приемником. Стоимость изготовления одного спутника составляла всего лишь около 2.5 млн $. Эксплуатационные расходы на поддержание системы в работоспособном состоянии достигали около 2 млн $ в месяц.

Развертывание системы первого поколения осуществлялось в 1997–1999 гг. с ис-

** Межмашинное взаимодействие M2M (Machine-to-Machine) – общее название технологий, позволяющих машинам и механизмам обмениваться информацией друг с другом или же передавать ее в одностороннем порядке. Может включать проводной и беспроводной мониторинг датчиков или каких-либо параметров устройств (температуры, уровня запасов, местоположения и т. д.).*

*** Автоматическая информационная система AIS (Automatic Information System) – расширенная трактовка ранее применявшегося понятия «Автоматическая идентификационная система» AIS (Automatic Identification System). Служит для идентификации судов путем передачи в УКВ-диапазоне информационных сообщений с указанием координат, курса и других данных, имея расширенный функционал.*

**** Российским аналогом Orbcomm является система «Гонец-М».*

пользованием шести ракет Pegasus и Taurus фирмы OSC. Система была введена в эксплуатацию в конце 1998 г., однако особого спроса на услуги не нашла. В сентябре 2000 г. Orbcomm, имевшая только 40 000 подписчиков, объявила о банкротстве. В марте 2001 г. система перешла под контроль группы компаний International Licensees LLC за 16 млн $ при фактических затратах на развертывание и эксплуатацию не менее 815 млн $.

В июне 2008 г. на РН «Космос-3М» с полигона Капустин Яр было запущено шесть новых спутников Orbcomm Quick Launch. Платформу для них разработало ПО «Полет» (г. Омск, Россия), полезную нагрузку – OSC, за интеграцию и запуск отвечала фирма OHB (г. Бремен, Германия). Таким образом, всего для системы был запущен 41 КА, но в работоспособном состоянии никогда не функционировали более 30 аппаратов одновременно.

В соответствии с опубликованными данными, доход системы Orbcomm в 2009 г. составлял 27.6 млн $, что было ниже доходов 2008 г. (30.1 млн $) и 2007 г. (28.2 млн $). Надежда владельцев компании выйти на окупаемость проекта не оправдалась: система Orbcomm, также как и проекты Globalstar и Iridium, в коммерческом смысле оказалась несостоятельной.

В мае 2008 г. компания Orbcomm Inc. объявила о заключении контракта с корпорацией Sierra Nevada Corporation (SNC) на 117 млн $ на разработку, изготовление и поставку первых 18 спутников второго поколения OG2. В свою очередь, SNC подрядила компании Boeing и ITT Space Systems Group на изготовление партии из 18 аппаратов OG2 с последующей поставкой еще 30 спутников. Соисполнителями работ стали фирмы MicroSat Systems (в части платформы) и Argon ST (в части полезной нагрузки). Сравнительно небольшие затраты на производство спутников (расчетная стоимость одного аппарата – 6.5 млн $) обеспечивались в основном за счет серийности изготовления изделия. Развертывание КА нового поколения намечалось на 2011 год.

Аппараты SNC отличаются вдвое более высокой скоростью передачи данных, большим размером передаваемых сообщений и лучшим покрытием в высоких широтах. Каждый OG2 является эквивалентом шести спутников первого поколения.

Все аппараты второго поколения созданы на базе платформы SN-100 с пятилетним гарантийным сроком эксплуатации. Она использует модульный принцип изготовления, позволяя быстро строить аппараты с разнообразными функциями, экономически выгодно удовлетворяя потребности заказчиков.

Спутник массой 172 кг использует в качестве источника питания одну трехсекционную солнечную батарею, обеспечивающую мощность 400 Вт при потреблении полезной нагрузки 250 Вт. Каждый аппарат имеет габариты 1×1×0.5 м в транспортном положении и 13×1×0.5 м на орбите – после развертывания антенн и солнечной батареи. Точность стабилизации КА – 0.6°. Для подъема с орбиты выведения на рабочую используется двигательная установка на гидразине.

Платформа SN-100 позволяет аппаратам осуществлять передачу телеметрии со скоростью 4 Мбит/сек и передачу данных полезной нагрузки – от 1 до 310 Мбит/сек. Платформа оснащена обычной (256 Мбайт) и отказоустойчивой (16 Мбайт) памятью.

Спутники OG2 оснащены терминалами УКВ-связи (рабочая частота 137–153 МГц) с выдвижной антенной Helical Quadrifilar длиной 8 м и диаметром 25 см. В качестве попутной полезной нагрузки установлена система AIS для приема и ретрансляции данных о местоположении судов.

Спутники OG2 обеспечивают неотъемлемое резервирование сети и минимизацию проблемы прямой видимости для непрерывного глобального покрытия. Оптимизированный размер сообщения идеально подходит для приложений M2M.

Система, оснащенная спутниками второго поколения, предоставляет пользователям следующие виды услуг:

- ◆ слежение за местоположением и состоянием подвижных и стационарных объектов;
- ◆ обмен информацией в режиме передачи данных между абонентами системы;
- ◆ обмен информацией в режиме передачи данных между абонентами системы Orbcomm и других сетей связи (электронная почта, X.25, X.400 и др.);
- ◆ передача коротких сообщений абонентам системы через диспетчерский центр по телефону, телефаксу и т. д.

В соответствии с лицензией космический сегмент системы Orbcomm в полном составе включает до 47 спутников. Четыре главные орбитальные плоскости (A, B, C, D) с наклонением орбиты 45° и высотой 815 км должны иметь по восемь спутников в каждой. Помимо них в силу исторических причин имеются три дополнительные группы спутников: два на орбите наклонением 70° и высотой 740 км (плоскость F), два на орбите наклонением 108° и высотой 785×875 км и семь в экваториальной плоскости на высоте 975 км.

Наземная инфраструктура Orbcomm включает 16 наземных станций приема в 13 странах, что позволяет отслеживать и устанавливать двустороннюю спутниковую связь, в то время как основной центр управления обрабатывает данные и обеспечивает взаимосвязь с наземными сетями связи.

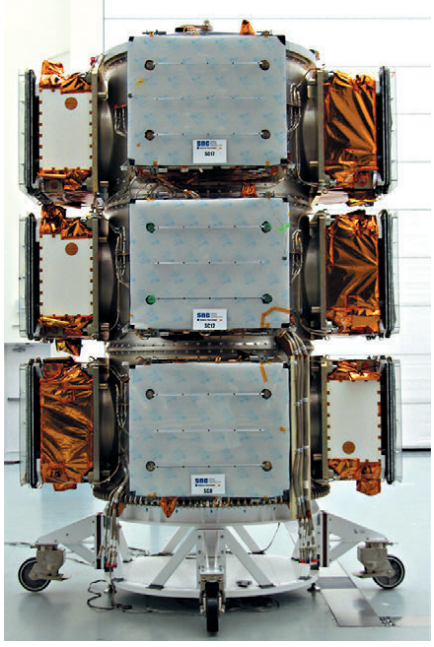
Первый – экспериментальный – спутник Orbcomm нового поколения был запущен 8 октября 2012 г. во время четвертого полета РН Falcon 9 v1.0. Из-за нештатной ситуации на участке выведения он был оставлен на нерасчетно низкой орбите и через четыре дня сгорел в атмосфере.

Вторая партия из шести спутников Orbcomm OG2 была успешно выведена 14 июля 2014 г. во время десятого полета РН Falcon 9 v1.1 и развернута на рабочей орбите. В январе 2015 г. аппараты были переданы заказчику и обеспечили 25 % трафика всей системы Orbcomm.

Корпорация Sierra Nevada закончила производство последней партии из 11 аппаратов в конце октября 2015 г. и после доставки спутников на космодром обеспечила их интеграцию с носителем. Инженеры корпорации и технический персонал космодрома подвергли аппараты дополнительному тестированию и провели заправку топливом.

После завершения орбитальных испытаний* КА присоединятся к группировке аппаратов, работающих на орбите с июня 2014 г., и будут подключены к системе коммуникаций Orbcomm (M2M), отслеживая перемещение товаров корпоративных клиентов, работающих в нефтяной и газовой отрасли, включая перевозку и распределение тяжелого оборудования и промышленных фондов.

Система Orbcomm изначально проектировалась для пакетной передачи сообщений ограниченного объема. В отличие от аналогичных решений на базе геостационарных КА-ретрансляторов (Eutelsat, Intelsat, Inmarsat и др.), решения, предлагаемые Orbcomm, используют более дешевые и компактные терминалы. Пользовательская антенна стоит примерно 50 $, модем – 125 $. Абонентская плата зависит от объема передаваемого трафика. Ежемесячная плата составляет 19 $ за тысячу блоков** при передаче более чем 10 тысяч блоков, но минимальный месячный платеж составляет 2500 $.



** В конце декабря 2015 г. сообщалось, что корпорация Sierra Nevada планирует привлечь к дальнейшему тестированию спутников производителя полезной нагрузки компанию Boeing.*

*** Условная единица сообщений, равная 25 байтам.*

Несомненным достоинством системы Orbcomm является обеспечение возможности стыковки с сетями общего пользования по стандартным протоколам электронной почты (X.400, SMTP). При этом реализована трансформация протоколов сети общего пользования в протоколы Orbcomm.

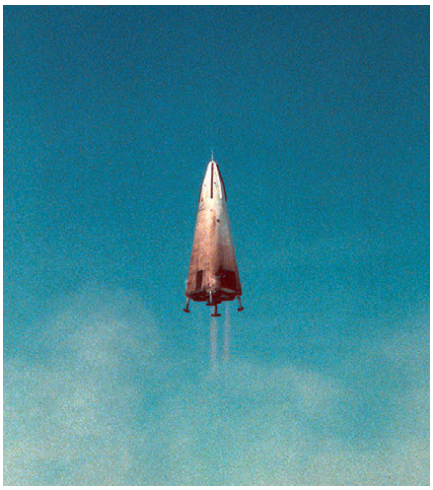
Одним из существенных недостатков системы принято считать невозможность двухстороннего трафика (двухсторонних соединений) для передачи данных в режиме, близком к реальному времени. Такое возможно только в случае обеспечения одновременной видимости спутника с абонентского терминала и земной станции, что не обеспечивается на территориях, где такие станции отсутствуют (полярные и океанические области). В системе, разработанной в конце 1990-х годов, используются несколько устаревшие на данный момент протоколы электронной почты (SMTP), обеспечивающие передачу коротких текстовых сообщений в 7-битной кодировке ASCII. Не предусмотрено взаимодействие с современными пакетными транспортными мультисервисными сетями на основе технологий виртуальных частных сетей с разграничением трафика (VPN-MPLS, VPN-Frame Relay).

Реактивная посадка, многоразовость и экономика

Достижение Элона Маска, несомненно, впечатляет. Однако сама идея реактивной посадки не нова: еще в начале 1960-х инженер из Douglas Филипп Боно предложил одноступенчатый носитель вертикального взлета и посадки для запуска грузов на околоземную орбиту и последующего мягкого приземления. Спуск из космоса и вход в плотные слои атмосферы многоразовый аппарат должен был выполнять как возвращаемая космическая капсула с невысоким аэродинамическим качеством, используя атмосферу для торможения и выполнения маневра для посадки в заданном месте. При простой форме («графин»), большой площади лобового сечения и большом баллистическом коэффициенте удельные тепловые и аэродинамические нагрузки на конструкцию ожидались значительно ниже, чем у крылатого возвращаемого аппарата. Остатки скорости вместо парашюта должны были гасить основные двигатели, потребляющие остатки топлива из баков.

Проект Боно тогда остался на бумаге, но через 30 лет после него с Земли поднялась первая в мире многоразовая ракета, использующая вышеуказанный принцип: демонстратор, созданный по программе Delta Clipper Experimental (DC-X) в интересах NASA и Министерства обороны США, показал, что не только самолет вертикального взлета и посадки, но и ракетный аппарат может в условиях земной атмосферы взлетать, зависать в воздухе, перемещаться с места на место и выполнять мягкое приземление «на струе». В 1993–1996 годы он выполнил 11 экспериментальных полетов, но в последнем был утрачен (*НК* № 10, 2013, с.57-58).

Вероятно, именно полеты DC-X возродили интерес к теме реактивной посадки. Эту тему с начала 2000-х «взяли в оборот» некоторые американские частники, в частности Blue Origin и Masten Space. Первая продемонстрировала безупречный полет суборбитальной системы New Shepard 23 ноября 2015 г., после нескольких лет экспериментов различной степени успешности. В ходе этой миссии была превышена отметка 100 км и обеспечено спасение капсулы экипажа и ракетного модуля. Последний выполнил точнейшую вертикальную реактивную посадку (*НК* № 1, 2016 с.14-20).



▲ Первый полет DC-X

Затем эстафету подхватил Элон Маск. Для отработки идеи на основе первой ступени Falcon 9 был создан экспериментальный аппарат Grasshopper, оснащенный всего одним двигателем и примитивным посадочным устройством. С 21 сентября 2012 г. по 7 октября 2013 г. он совершил восемь не очень высоких «подскоков» на полигоне SpaceX в Мак-Грегоре, штат Техас, с целью убедиться в работоспособности схемы.

Ему на смену пришел демонстратор F9R-Dev1 (*НК* №6, 2014, с.27) для отработки зависания и маневрирования. Аппарат, построенный в 2013 г. на базе стендовой первой ступени Falcon 9 v1.1, имел внушительные размеры (эдакая здоровенная колонна длиной 42 м и диаметром 3.66 м), три двигателя Merlin 1D и четыре раскрывающиеся посадочные опоры.

В течение весны – лета 2014 г. он четырежды воспарил над землей, поднимаясь на максимальную высоту 1000 м. В третьем полете 15 июня в верхней части корпуса появились четыре решетчатых аэродинамических руля. Их установили для повышения точности посадки: они дополняли реактивную систему управления с соплами на сжатом азоте, которая решала проблему ориентации на безмоторных участках полета. Пятый полет в августе 2014 г. завершился аварией: из-за сбоя системы управления аппарат, поднявшийся в воздух, стал удаляться из дозволенной зоны и был уничтожен по команде с Земли системой аварийного прекращения полета (*НК* № 10, 2014, с.40-41).

Успешное возвращение первой ступени Falcon 9 породило мнение о начале новой космической эпохи, ведь многоразовые носители обещали удешевить и расширить доступ в космос. Вместе с тем стоит заметить, что повторное использование ракетной матчасти имеет два проблемных аспекта: технический и экономический.

С точки зрения техники, повторному использованию ракетных блоков препятствуют, в первую очередь, высокие механические и тепловые нагрузки, действующие на конструкцию. Для их снижения используются различные технические средства. В 1960-х годах доминировали два способа – крыло и парашют.

Использование крыла с высоким аэродинамическим качеством позволяет выполнять полет возвращаемой ступени по пологим траекториям, для которых характерны пониженные нагрузки и уменьшенные тепловые потоки. Например, даже при возвращении с низкой околоземной орбиты перегрузки при спуске не превысят 1.5…2.5 единицы, а максимальные равновесные температуры в критических точках – 1700° С. Последнее обстоятельство открывает путь многоразовой теплозащите.

Если речь идет о спасении первых ступеней, то применение специальной теплозащиты целесообразно лишь при числах Маха выше 3–4. При меньших скоростях критические зоны можно изготовить из материалов с повышенной теплопрочностью и теплостойкостью (например, сталь, титан или никелевые сплавы).

Помимо снижения нагрузок, применение крыла обеспечивает также и точную посадку на аэродром, что резко снижает затраты на поисково-спасательные работы. На этом достоинства крыла как средства обеспечения многоразовости, пожалуй, заканчиваются.

Масса крыла составляет не менее 10% общей массы спасаемой ступени, оперение добавляет еще 2…3%. Для приземления ступень надо снабдить посадочным шасси (еще от 2 до 6% массы), а также вспомогательными воздушно-реактивными двигателями (также составляют значительную долю конструкции спасаемого блока) – они необходимы как для компенсации встречного ветра, так и для обеспечения захода на второй круг, если при посадке что-то пошло не так.

▲ Первая ступень со снятыми посадочными опорами после посадки перевезена в ангар

В целом крылатая схема увеличивает конечную массу возвращаемой ступени примерно на 20…30 %, не считая затрат на усиление «ракетных» элементов конструкции, подверженных циклическим нагрузкам.

Мало того, крыло и сопряженные с ним системы представляют собой сложные дорогостоящие агрегаты, что сильно удорожает разработку, производство и эксплуатацию повторно используемой техники.

Наиболее простым способом спасения ступеней долгое время считалась парашютная посадка: система, как правило, включает вытяжные, тормозные и основные купола. В случае применения сверхзвуковых тормозных парашютов (особенно раскрываемых до апогея траектории) появляется возможность заметно уменьшить дальность «пролета» ступени и снизить тепловые потоки за счет снижения скорости входа в атмосферу. Масса парашютных систем невелика, а сами они сравнительно дешевы.

Однако парашютные системы имеют крупные недостатки. Во-первых, площадь купола напрямую зависит от массы спасаемой ступени и скорости снижения. Во-вторых, парашют (даже управляемый) не способен вернуть ступень к месту старта и вообще обеспечить приемлемую точность посадки: необходимо проводить дорогостоящие поисково-спасательные экспедиции и создавать транспортные агрегаты для доставки спасенного изделия к месту ремонтно-восстановительных работ. В-третьих, парашюты не могут погасить скорость до нуля, значит, ступень придется оснащать посадочными опорами и двигателями мягкой посадки, как планировалось при спасении блоков А носителя «Энергия». Такая схема не исключает возникновения больших поперечных нагрузок, к которым ступени мало приспособлены, – для этого их придется изрядно утяжелить. Например, для обеспечения повторного использования конструкция блока А была примерно на 8 т тяжелее по сравнению с первой ступенью «Зенита-2».

При приводнении на парашюте есть большой риск разрушения ступени от удара о волны (что и происходило в пусках ракет Falcon 1), а посадка в море сама по себе ставит под вопрос повторное использование изделия из-за коррозии.

В целом, несмотря на кажущуюся простоту, применение парашютных систем уже представляется не слишком хорошей идеей для многоразовых ракет.

По совокупности характеристик вертикальная реактивная посадка ступени близ места старта сейчас кажется почти идеальным решением проблемы повторного использования. Она существенно снижает нагрузки за счет неоднократного включения двигателей для выдачи тормозных импульсов, обеспечивает очень высокую точность посадки и минимальную массу посадочных устройств, позволяя совершать приземление при почти нулевых скоростях. Вертикальная ракетная посадка при соответствующей стабилизации ступени обеспечивает в основном продольные, легко воспринимаемые конструкцией, нагрузки, что не приводит к значительному росту ее массы. Самое же главное то, что увеличение массы ракетной ступени происходит за счет самого дешевого компонента – ракетного топлива.

Несмотря на технические проблемы, реализация повторного использования ракетной матчасти практически никогда не вызывала сомнений. Она была практически доказана полетами систем Space Shuttle и «Буран», а также DC-X и New Shepard. Гораздо больше вопросов и сомнений вызывает экономика повторного использования. Особенно с учетом того факта, что при равной стартовой массе многоразовая система выводит на орбиту заметно меньший полезный груз, чем одноразовая.

Если проанализировать составные части затрат на обеспечение запусков, то очевидно, что они включают стоимость:

◆ разработки (проектирование, изготовление опытных образцов, их наземные и летные испытания);

◆ производства (изготовление серийных образцов);

◆ эксплуатации (доставка к месту старта, услуги космодрома, топливо).

В случае повторного использования к ним необходимо добавить стоимость ремонтно-восстановительных и регламентных работ, поскольку общим недостатком многоразовых систем, в отличие от одноразовых, является падение надежности от пуска к пуску из-за расходования ресурса. Для поддержания надежности на заданном уровне многоразовые системы требуют сложного межполетного обслуживания.

Очевидно, что многоразовые ступени дороже в разработке (более сложные конструкция и полетные режимы) и в производстве (сложнее и крупнее конструкция, более дорогие материалы, использование сложных технологий, меньшая серийность). Самым неопределенным компонентом в экономике многоразовости как раз являются ремонтно-восстановительные и регламентные работы, от стоимости которых напрямую зависит экономическая эффективность транспортной системы. Именно высокая стоимость межполетного обслуживания критически изменила экономику системы Space Shuttle. Между тем опыт эксплуатации аппарата DC-X, кроме прочего, показал, что оборачиваемость транспортного средства от одного полета до другого может осуществляться в течение очень короткого периода времени (некоторые рейсы выполнялись по нескольку раз в месяц). На выбор схемы спасения первых ступеней Falcon 9 повлиял в том числе и этот факт.

Основатель SpaceX заявлял, что в пределе стоимость пуска ракеты должна стремиться к затратам на топливо, заправляемое в баки. Применительно к Falcon 9 это примерно 200 тыс $. Таким образом, по мнению Маска, есть возможность снизить стоимость пусков в 10, а то и в 100 раз! Возможно ли это?

Маск и его сторонники уверены, что да. «[Успешная посадка первой ступени] заставляет вас задуматься о том, как вести бизнес, – заявил Эрик Сталлмер, президент Федерации коммерческих космических полетов, сторонник коммерческих полетов человека в космос. – Это итоговая черта. Есть ли лучший способ осуществить космический полет? Он появится, если и когда мы сможем использовать ракеты повторно. Теперь мы вычеркнули «если» и «когда». Ракетная промышленность меняется».

Считается, что если первая ступень может быть использована повторно десять раз, то стоимость пуска, включающая в себя стоимость второй ступени и всего остального, падает до 20.8 млн $. При расчете этого значения Маск руководствовался следующими соображениями.

Сейчас цена Falcon 9 v1.1 составляет 62.1 млн $ при грузоподъемности 13 150 кг на низкую околоземную орбиту, или 4722 $/кг. Расходные компоненты (топливо и газы) составляют лишь около 0.3 % от этой суммы. Первая ступень стоит 75 % от общего ценника миссии. Если ее можно будет повторно использовать десять раз, а расходы на содержание и эксплуатацию ступени за полет составят 1 % от начальных затрат на производство, то доля стоимости первой ступени снизится с 46.6 до 5.3 млн $ в расчете

на один пуск многоразового Falcon 9. Как следствие, общая цена пуска (с учетом второй ступени и прочих расходов) сокращается до 20.8 млн $, что соответствует удельной стоимости выведения 1582 $/кг.

Далее, Falcon Heavy стоит 90 млн $ за доставку 53 000 кг, или 1698 $/кг. В случае обеспечения десятикратного использования первых ступеней и при условии, что верхняя ступень Falcon Heavy вносит тот же вклад в цену, что и вторая ступень Falcon 9, стоимость пуска составит 23.7 млн $, или 447 $/кг. Заметим, что здесь имеется натяжка: многоразовый Falcon Heavy выведет на орбиту меньше полезного груза, чем одноразовый.

В то же время спасение центрального блока Falcon Heavy будет более сложным, чем первой ступени Falcon 9, потому что разделение будет происходить выше и дальше по трассе пуска. Спасение второй ступени Falcon Heavy обойдется еще дороже, но будет необходимым, если требуется снизить часть ценника, приходящегося на вторую ступень, с 15.5 млн $ до более низких значений. Достижение 100-кратного использования матчасти потенциально может обеспечить затраты на уровне 1.3 % от нынешних цен (1 % стоимости производства и 0.3 % на расходные материалы), если абстрагироваться от таких экономических материй, как ставка по кредиту.

В своем интервью 2012 г. Элон Маск упомянул об использовании более дешевого топлива. Например, двигатель Raptor будет работать на жидком кислороде и сжиженном метане. Последний имеет несколько более высокое удельное (на килограмм горючего) содержание энергии, чем керосин, но примерно в два раза меньшую плотность. Вакуумный удельный импульс двигателя Raptor, сжигающего метан, – 363 сек, а керосинового Merlin 1D – 348 сек. Жидкий метан стоит около 1.35 $/кг. Некоторое время назад он был дешевле керосина, но сейчас нефть подешевела, и керосин стоит около 0.73 $/кг, так что не ясно, какое топливо будет дешевле. Впрочем, имеет ли смысл говорить о том, какое горючее дороже или дешевле, если полная заправка носителя стоит всего 0.3–0.5 % от стоимости пуска?

Привлекает внимание весьма оптимистичная оценка затрат на межполетное обслуживание – всего лишь 1 % от стоимости пуска. Компании SpaceX еще нужно продемонстрировать, сможет ли она восстановить ракетную ступень с малыми затратами, а потом снова ее запустить. Пока это не будет подтверждено практикой, такие затраты лучше переоценить, чем недооценить. Для восстановления ступеней необходимо иметь: производственное помещение на космодроме (либо транспортировать ступень на завод-изготовитель), склад запасных частей, квалифицированный персонал. Нельзя не отметить трудоемкость очистки двигателей от сажи, которая, судя по снимкам, оседает в газогенераторе и в соплах в изобилии. Без решения этой задачи об их многократном повторном использовании не может быть и речи.

Надо также иметь в виду, что повторное применение окупается быстро лишь при большой частоте миссий. Тем временем в 2014 г. в мире было выполнено всего 86 пусков РН различных типов – от сверхлегких до тяжелых. Однако Маск сохраняет оптимизм. Он считает, что спрос на космические запуски будет расти. Так, открывается возможность орбитального туризма даже на разрабатываемых кораблях Dragon v2.

С учетом частично многоразовой системы билет на орбиту и обратно будет стоить всего 1 млн $ и уже окупит затраты на повторное использование первой ступени и корабля. Исследования рынка космического туризма от фирмы Futron показали, что 30 % существующих «квалифицированных индивидуумов» будут готовы заплатить 1 млн $ за билет на орбиту. Согласно одной из оценок, в число возможных инвесторов входит 12.4 млн американских домохозяйств. Если в каждом из них по три человека, то порядка 10 млн американцев смогут совершить поездку на орбиту еще при этой жизни. Возможно ли такое? Пока экономическая целесообразность выглядит скорее теоремой, нежели аксиомой. Сможет ли Маск ее доказать?

В любом случае, даже при заметном уменьшении затрат, у Маска окажется не так много стимулов для снижения цен на запуск. В самом деле, зачем бесконечно опускать ценник, если конкурентов можно обойти и на разнице в 5–10 %? Лучше получить сверхприбыль. В том числе и по этой причине ряд экспертов считает, что снижение реальной стоимости пусков составит от силы 10–20 %, а вовсе не 10 или 100 раз.

Перспективы

Вернемся к выполненному запуску, который завершил формирование орбитальной группировки Orbcomm штатного состава. По некоторым данным, за каждую из двух последних миссий в интересах Orbcomm компания SpaceX получила примерно 42.6 млн $.

«Falcon 9 возвращен в ангар на мысе Канаверал. Никаких повреждений не найдено, готовы «зажечь» снова», – заявил Маск в твите от 31 декабря 2015 г. Позднее он сообщил, что возвратившаяся на Землю первая ступень будет использоваться для заправки и стендовых испытаний на стартовом комплексе LC-39A в январе 2016 г. На ее базе проверят оборудование, заправку, стартовые процедуры и зажигание двигателей Merlin 1D.

Компания планирует реконструировать площадку 39A в рамках аренды у NASA* для долгосрочного использования и испытаний ракет Falcon Heavy и Falcon 9 в 2016 г. В дальнейшем SpaceX также предполагает запускать отсюда астронавтов на коммерческой версии корабля Dragon начиная с 2017 г. в рамках контракта Commercial Crew Program (CCP).

Никаких планов повторно запускать уже слетавшую ступень нет: после прожига она будет отправлена в музей компании. Маск сообщил, что предполагает сохранить первую спасенную ступень для истории: «Думаю, мы оставим ее на Земле, потому что она уникальна. Она первая из возвращенных. Полагаю, мы в конечном итоге вновь запустим один из последующих ускорителей. У нас есть достаточно большой полетный манифест, и мы должны выполнить более десятка рейсов в следующем году. Тогда мы будем стремиться к повторному полету одной из ракетных ступеней».

Пусковой манифест компании действительно внушителен – в нем на данный момент 84 миссии! Всего же до конца 2015 г. выполнено 15 пусков Falcon 9 v1.1 и FT (см. таблицу).

Зачиная SpaceX, Маск исходил из того (и ясно дал понять), что конечной целью является основать колонию на Марсе, обеспечив тем самым выживание человеческой расы, если на Земле произойдет что-то страшное. «Это важный шаг на пути к возможности создать город на Марсе, – сказал он в ночь после исторического декабрьского старта. – Многоразовость имеет существенное значение для марсианской колонии, поскольку с одноразовыми ракетами любой вид развития Марса окажется непомерно дорогим. Все ради этого».

15 пусков Falcon 9 v1.1 и FT

Дата	Носитель	Бортовой номер	Полезная нагрузка	Масса, т	Космодром пуска	Орбита (hp x ha x i)	Примечание
29 сентября 2013 г.	Falcon 9 v1.1	F9-6	Cassiope/5 кубсатов	0.6	Ванденберг	500×1500×80	1
3 декабря 2013 г.	Falcon 9 v1.1	F9-7	SES 8	3.183	Канаверал	295×80000×20.8	2
6 января 2014 г.	Falcon 9 v1.1	F9-8	Thaicom 6	3.016	Канаверал	295×90000×22.5	3
18 апреля 2014 г.	Falcon 9 v1.1	F9-9	CRS-3 Dragon	~9.3	Канаверал	313×332×51.6	4
14 июля 2014 г.	Falcon 9 v1.1	F9-10	6 спутников Orbcomm OG2	1.032	Канаверал	614×743×47	5
5 августа 2014 г.	Falcon 9 v1.1	F9-11	Asiasat 8	4.535	Канаверал	185×35786×24.3	
7 сентября 2014 г.	Falcon 9 v1.1	F9-13	Asiasat 6	4.428	Канаверал	184×35762×25.3	
21 сентября 2014 г.	Falcon 9 v1.1	F9-12	CRS-4 Dragon	~9.3	Канаверал	199×359×51.64	
10 января 2015 г.	Falcon 9 v1.1	F9-14	CRS-5 Dragon	~9.54	Канаверал	206×353×51.6	6
11 февраля 2015 г.	Falcon 9 v1.1	F9-15	DSCOR	0.57	Канаверал	187×1371156×37	7
2 марта 2015 г.	Falcon 9 v1.1	F9-16	Eutelsat 115WB/ABS 3A	4.159	Канаверал	400×63300×24.8	
14 апреля 2015 г.	Falcon 9 v1.1	F9-18	CRS-6 Dragon	~9.24	Канаверал	199×364×51.65	8
27 апреля 2015 г.	Falcon 9 v1.1	F9-17	TurkmenAlem 52E	4.5	Канаверал	180×36600×25.5	
28 июня 2015 г.	Falcon 9 v1.1	F9-20	Dragon CRS-7	~9.2	Канаверал	Авария РН	9
22 декабря 2015 г.	Falcon 9 FT	F9-21	11 спутников Orbcomm OG2	1.892	Канаверал	620×660×47	10

Примечания:

1. *Первый полет Falcon 9 v1.1, первый пуск с комплекса SLC-4E авиабазы Ванденберг. Первая ступень выполнила два включения для входа в атмосферу, но второе включение завершилось досрочно из-за высокой скорости вращения ступени. Третье включение не удалось.*
2. *Первый полет Falcon 9 v1.1 на геопереходную орбиту. Короткое повторное включение первой ступени после разделения. Пожар в двигательном отсеке первой ступени во время подъема.*
3. *Меньший, чем планировалось, запас топлива в конце работы второй ступени. Достигнута целевая орбита.*
4. *Первый Falcon 9, оснащенный посадочными опорами. Первая ступень выполнила два включения после разделения перед входом в атмосферу. Снижение и имитация посадки в Атлантическом океане недалеко от побережья Южной Каролины.*
5. *Второй Falcon 9 с посадочными опорами. Первая ступень выполнила два включения и приземлилась на баржу в Атлантике, но опрокинулась и взорвалась.*
6. *Попытка посадки первой ступени на переоборудованную баржу на расстоянии около 320 км от берега, жесткое приземление. Ступень погибла.*
7. *Выведение аппарата в точку либрации «Солнце–Земля» L1. Попытка посадки на баржу отменена из-за большого волнения моря.*
8. *Жесткое приземление первой ступени на баржу из-за высокой боковой составляющей скорости. Ступень погибла.*
9. *Взрыв РН незадолго до разделения из-за перенаддува бака жидкого кислорода второй ступени.*
10. *Первое возвращение и успешная посадка первой ступени на мысе Канаверал. Выполнены маневры возвращения, спуска и посадки. Первый полет Falcon 9 FT.*

** SpaceX подписала 20-летний договор аренды бывшего стартового комплекса ракет Saturn V и Space Shuttle весной 2014 г.*

Фото С. Сергеева

В. Мохов.
«Новости космонавтики»

Первый АМУ

В полете – новый спутник ГПКС

25 декабря в 00:31:18.969 ДМВ (24 декабря в 21:31:19 UTC) с 39-й пусковой установки 200-й стартовой площадки космодрома Байконур был осуществлен пуск РН «Протон-М» с разгонным блоком «Бриз-М» и телекоммуникационным КА «Экспресс-АМУ1». Спутник принадлежит Федеральному государственному унитарному предприятию «Космическая связь» (ГПКС) и будет эксплуатироваться совместно с Eutelsat, у которого имеет наименование Eutelsat 36C.

По данным Центра обработки и отображения полетной информации (ЦООПИ) ГКНПЦ имени М. В. Хруничева, отделение аппарата от разгонного блока состоялось в 09:43:19.322 ДМВ. Параметры орбиты КА после отделения от РБ по уточненной информации ЦООПИ составили (расчетные – в скобках):

- *наклонение – 22°27′59″ (22°30′01″);*
- *высота в перигее – 4361.98 км (4363.04);*
- *высота в апогее – 35793.36 км (35792.87);*
- *период обращения – 713 мин 27.2 сек (713 мин 27.9 сек).*

В каталоге Стратегического командования (СК) США спутнику «Экспресс-АМУ1» присвоены номер **41191** и международное обозначение **2015-082A**.

Двухдиапазонный спутник

Тендер на изготовление первого спутника новой серии АМУ был объявлен ГПКС в ноябре 2012 г. Его победителем стала фирма Astrium (ныне – Airbus Defense and Space), о чем 15 мая 2013 г. официально сообщили обе компании. «Экспресс-АМУ1» изготавливался в рамках Федеральной космической программы России на 2006–2015 гг., но за счет внебюджетных средств: финансирование создания спутника осуществлялось с использованием кредитных ресурсов, привлеченных в АО «Газпромбанк».

Аппарат собрали на основе платформы Eurostar-3000LX, являющейся увеличенной по массе и энергетике версией базовой 3000-й платформы. Стартовая масса КА составила около 5900 кг, габариты при запуске – 6.15×2.90×2.60 м. Аппарат имеет трехосную систему ориентации. Система электропитания включает две пятисекционные солнечные батареи размахом 45 м. В конце расчетного 15-летнего срока службы они должны вырабатывать электроэнергию мощностью не менее 15 кВт.

Спутник оснащен двухкомпонентной апогейной ДУ, включающей маршевый двигатель тягой 445 Н и четыре топливных бака. Для стабилизации КА и выполнения маневров используется 14 реактивных двухкомпонентных двигателя тягой 10 Н. Штатную ориентацию КА на геостационарной орбите и удержание спутника в намеченной точке стояния с точностью ±0.05° по широте и по долготе обеспечивают плазменные двигатели SPT-100 тягой 0.1 Н, работающие на ксеноне.

Полезная нагрузка КА будет работать в двух диапазонах. Она включает:

- 61 транспондер Ku-диапазона (14/11 ГГц);
- 10 транспондеров Ka-диапазона (28/18 ГГц).

В Ku-диапазоне будут оказываться в основном услуги непосредственного телевещания, включая трансляцию телевидения высокой четкости и 3D, а также услуги связи. АМУ1 имеет в этом диапазоне два луча:

- европейский луч, охватывающий европейскую часть Российской Федерации. В центральной зоне этого луча обеспечивается эквивалентная изотропно-излучаемая мощность (ЭИИМ) 54 дБ·Вт;
- африканский луч, обеспечивающий покрытие стран Африки к югу от Сахары (за исключением ЮАР и Намибии), а также островов в Индийском океане – Реюньон, Маврикий и Сейшелы. Максимум этого луча приходится на побережье Гвинейского залива, где ЭИИМ составит 48 дБ·Вт.

Полезная нагрузка Ka-диапазона формирует 18 лучей, покрывающих центр и южную часть европейской территории России. Она обеспечит доступ к широкополосным интернет-приложениям.

36° в. д. – российский Hot Bird

«Экспресс-АМУ1» будет введен в эксплуатацию в феврале 2016 г. после летно-конструкторских испытаний и приведения космического аппарата в штатную орбитальную позицию 36° в. д. Эта позиция последние годы используется совместно ГПКС и европейским оператором Eutelsat S.A. (штаб-квартира в Париже, Франция).

«За Россией в позиции 36° в. д. в рамках Международного союза электросвязи (МСЭ) закреплена сеть RST-1, включающая 16 частот [Ku-диапазона] для услуг непосредственного телерадиовещания (BSS), – рассказал региональный вице-президент Eutelsat SA, генеральный директор Eutelsat Rus LLC Николай Орлов. – Остальные частоты (BSS и фиксированной связи FSS) в этой позиции выделены и скоординированы Eutelsat. В соответствии с соглашением, подписанным с администрацией связи России, сеть RST-1 предоставлена Eutelsat на срок службы КА W4, до 2017 г.».

В точке 36° в. д. в 2000–2009 гг. эксплуатировался спутник SESat 1, изготовленный в ОАО ИСС по заказу Eutelsat. ГПКС использует ряд транспондеров на «евтелсатовских» аппаратах W4 и W7 в этой точке. В частности, мощности W4 применяются для обеспечения вещания пакетов компаний «НТВ+» и «ТриколорТВ». В европейской части России более 11 млн антенн непосредственного телевизионного приема настроены на эту точку, а это порядка 80 % всего российского непосредственного телевещания. Позиция 36° в. д. максимально близка к долготе географического центра российской столицы – 37.62° в. д. Поэтому она очень удобна для плотно застроенной Москвы и Подмосковья: антенну нужно ориентировать почти точно на юг, а угол места оказывается максимально возможным – 26°. За это удобство орбитальную позицию 36° в. д. часто называют «российским Hot Bird» по аналогии с точкой 13° в. д., где размещены очень популярные в Европе аппараты семейства Hot Bird компании Eutelsat.

С самого начала проекта «Экспресс-АМУ1» планировалось совместное использование этого спутника ГПКС и Eutelsat. В ноябре 2012 г. фирмы заключили соглашение, по условиям которого Eutelsat для целей телерадиовещания и IP-услуг арендует емкость двух спутников ГПКС, одним из которых и был АМУ1. Тогда же Eutelsat объявил, что будет осуществлять коммерциализацию предоставляемых ему емкостей АМУ1 под маркой Eutelsat 36C. В начале 2014 г. Eutelsat организовал в России дочернюю компанию «Евтелсат Нетворкс». Она будет заниматься услугами спутникового широкополосного доступа в Ka-диапазоне через «Экспресс-АМУ1».

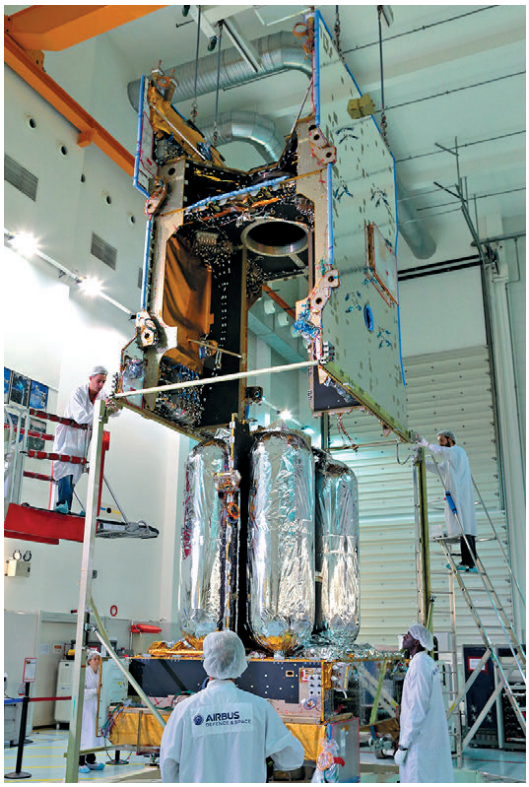
16 октября 2015 г. на заседании Госкомиссии по радиочастотам (ГКРЧ) было принято решение об использовании спутником «Экспресс-АМУ1» части частотных присвоений, заявленных от Eutelsat. Европейский оператор переведет на АМУ1 действующих заказчиков со спутника Eutelsat 36A (бывший W4), находящегося в той же орбитальной позиции 36° в. д., и привлечет новых

заказчиков. Как пояснил представитель пресс-службы ГПКС, решение ГКРЧ позволяет использовать полосы частот в Ku- и Ka-диапазонах, закрепленные за Eutelsat, для предоставления услуг связи на территории России и зарубежных стран.

Заместитель директора департамента инфраструктурных проектов Минкомсвязи России Максим Мысев на заседании ГКРЧ пояснил, что решение было необходимо в целях международной правовой защиты используемых полос частот. Управление спутником «Экспресс-АМУ1», включая все режимы работ полезной нагрузки, будут осуществляться с территории России.

Замглавы Роскомнадзора Олег Иванов подчеркнул, что в рамках взаимодействия с Eutelsat это принципиальный вопрос и для государства, и для ГПКС. «Договору ГПКС и Eutelsat уже около трех лет, и мы давно ждали это решение. Мы сможем укрепить наше взаимодействие с коллегами из Европы, что важно в нынешний период», – сказал он, напомнив, что Россия является постоянным членом межправительственной организации Eutelsat.

По существовавшим на момент запуска АМУ1 планам, этот КА заменит 18 из 19 транспондеров на W4 и 14 из 21 транспондера на W7.



Запуск «под елочку» и чехарда с публикациями

12 ноября 2015 г. изготовитель спутника – компания Airbus Defence and Space – объявила о завершении сборки и испытаний «Экспресса-АМУ1», уточнив, что КА уже отправлен из Тулузы на космодром Байконур. Первая попытка запуска была предпринята в ночь с 23 на 24 декабря. Однако в ту ночь над Байконуром проходил атмосферный фронт. На космодроме шел снег с дождем, стоял туман, но основным критическим параметром оказался высотный ветер, превышавший допустимые значения. Поэтому примерно за час до расчетного времени старта (00:30:50 ДМВ 24 декабря) было объявлено о переносе пуска на сутки. Поскольку РН была уже заправлена, по техническим правилам пришлось слить компоненты топлива. Новым моментом запуска было названо 00:31:19 ДМВ 25 декабря.

Вторая попытка оказалась успешной: погода наладилась – и старт состоялся точно в намеченное время. Выведение проходило по баллистической схеме с пятью включениями маршевого двигателя РБ «Бриз-М». Опорная орбита, сформированная после первого включения, имела наклонение 51.5°. Расчетная длительность выведения от момента старта РН до отделения КА составляла 33120.00 сек (9 час 13 мин), реальная – 33120.32 сек (всего на 0.32 сек позже расчетного времени).

Как обычно при коммерческих запусках, ЦООПИ вел репортаж о ходе выведения, включавший информацию о фактических временах включений двигателей и других критических пунктов схемы выведения, а также о фактических параметрах орбит на всех этапах. Первые данные на целевую орбиту КА вызвали тревогу и разочарование: высота в апогее оказалась 34 138.32 вместо 35 792.87 км, а в перигее – 3722.65 и вместо 4363.04 км. Отклонения намного превышали допуски, составлявшие ±150 км в первом случае и ±360 км во втором.

Это было тем более странно, что апогей после четвертого включения РБ был вполне штатный – 35 818.73 км. Напрашивалось предположение о том, что вместо целевой орбиты КА в данных ЦООПИ была показана орбита увода РБ. Тем не менее подозрительные данные успели растиражировать агентство РБК и ряд средств массовой информации России.

Около 16:30 СК США, проявив редкую оперативность, выдало орбитальные элементы на два объекта, причем орбита второго практически совпадала с опубликованной ЦООПИ, а первого – соответствовала ожидавшейся для спутника. Вслед за этим пресс-служба Роскосмоса опровергла дезинформацию РБК, сообщив: «КА связи «Экспресс-АМУ1» выведен на расчетную орбиту, перигей и апогей спутника находятся в рамках допуска». Тем временем на сайте Центра Хруничева убрали подозрительные данные, заменив их на фразу «Информация уточняется».

Наконец, 26 декабря около 13:00 на сайте ЦООПИ появились уточненные данные целевой орбиты, приведенные в начале статьи. Досадная ошибка была исправлена.

Увы, следующим «дезинформатором» оказалось как раз СК США. Еще 1 января ГПКС объявило, что «Экспресс-АМУ1» успешно переведен с геопереходной на геостационарную орбиту. «1 января после раскрытия всех бортовых антенн спутник «Экспресс-АМУ1» сориентирован на Землю. Представители производителя КА и специалисты ГПКС приступили к орбитальным испытаниям космической платформы АМУ1, после завершения которых начнутся испытания полезной нагрузки», – сообщил оператор КА.

Тем не менее 3, 4 и 7 января СК США продолжало выдавать на объект 41191 орбитальные элементы, соответствующие геопереходной орбите, и лишь 7 января американцы «внезапно» обнаружили аппарат на стационаре в позиции 70.3° в. д. По состоянию на 25 января он находится там же.

Недавние события и планы ГПКС

За последние полгода ГПКС вывело из эксплуатации один КА, начало использование одного нового, а два переместило в новые точки:

◆ 13 июля 2015 г. в орбитальной позиции 53° в. д. ГПКС перевело действующую загрузку с КА «Экспресс-АМ22» на новый «Экспресс-АМ6», после чего начался перевод АМ22 в позицию 80° в. д. 31 июля перевод завершился, и уже с 5 августа ГПКС начало предоставлять услуги с использованием емкости АМ22 в этой точке. КА «Экспресс-АМ22» производства НПО ПМ (ныне АО ИСС) был выведен на орбиту 28 декабря 2003 г.

◆ 16 октября специалисты ГПКС начали перевод нового КА «Экспресс-АМ8», запущенного 14 сентября, в его рабочую точку – 14° з. д. Там 1 декабря АМ8 был введен в эксплуатацию.

◆ 26 октября начался увод КА «Экспресс-А2» на орбиту захоронения в связи с исчерпанием запаса топлива на его борту. «Экспресс-А2», изготовленный НПО ПМ, был выведен на орбиту 12 марта 2000 г. и имел расчетный срок службы 7 лет, однако проработал более 15 лет. Он использовался ГПКС для предоставления услуг связи и вещания в орбитальных позициях 80 и 103° в. д., а последнее время – в 145° в. д.

◆ 24 декабря начался перевод КА «Экспресс-А4» из точки 14°з.д. в опустевшую после А2 орбитальную позицию 145°в.д. Это также аппарат НПО ПМ, который был выведен на орбиту 10 июня 2002 г. Спутники этой серии, изготовленные в самое трудное для российской космонавтики время, проявили себя отлично: все три выведенных на орбиту «Экспресса-А» и близкий к ним по конструкции SESat значительно превысили гарантийный срок.

На момент запуска «Экспресса-АМУ1» орбитальная группировка геостационарных КА связи и вещания гражданского назначения России насчитывала 16 действующих спутников:

❖ 12 космических аппаратов ГПКС: «Экспресс-АМ8» (14°з.д.), -АМ44 (11°з.д.), -АМ7 (40°в.д.), -АМ6 (53°в.д.), -АТ1 (56°в.д.), -АМ2 (80°в.д.), -АМ22 (80°в.д.), -АМ33 (96.5°в.д.), -АМ3 (103°в.д.), -АМ5 (140°в.д.), -АТ2 (140°в.д.), -А4 (по пути в 145°в.д.);

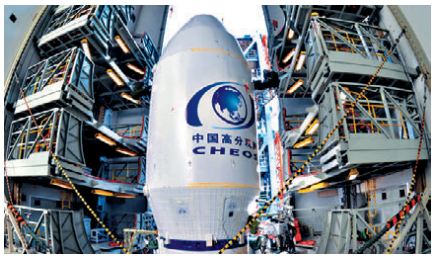
❖ четыре КА компании «Газпром космические системы»: «Ямал-202» (49°в.д.), -402 (55°в.д.), -401 (90°в.д.) и -300К (177°з.д.).

По планам ГПКС, на 2018 г. запланирован запуск КА «Экспресс-АМУ3», а на 2019 г. – «Экспресс-АМУ7». Это будут аппараты средней размерности для предоставления услуг связи и вещания. Предполагается, что каждый из них будет иметь по 37 транспондеров, работающих в C-, Ku- и L-диапазонах.

Геостационарное око Китая

И. Лисов.
«Новости космонавтики»

29 декабря в 00:04:04.262 по пекинскому времени (28 декабря в 16:04:04 UTC) со стартового комплекса №2 Центра космических запусков Сичан был выполнен пуск РН «Чанчжэн-3В» (CZ-3B/GII №Y37) с геостационарным спутником «Гаофэнь-4», который будет работать в интересах китайской комплексной системы дистанционного зондирования Земли с высоким разрешением CHEOS (China High Resolution Earth Observation System).



Через 26 минут аппарат был успешно выведен на геопереходную орбиту с параметрами:

- *наклонение – 22.97°;*
- *минимальная высота – 216 км;*
- *максимальная высота – 35792 км;*
- *период обращения – 629.3 мин.*

В каталоге Стратегического командования (СК) США последний спутник 2015 года получил номер **41194** и международное обозначение **2015-083A**.

Внутреннее обозначение пуска было «операция 07-69». Это был 222-й старт ракеты из семейства «Великий поход» («Чанчжэн») и 149-й для Китайской исследовательской академии ракет-носителей CALT.

В марте 2015 г. руководители китайской космической программы подтвердили ранее заявленные планы запуска КА «Гаофэнь-4». Весну, лето и часть осени заняли всесторонние испытания спутника. 12 октября было объявлено, что старт состоится в конце года. 28 октября аппарат был принят заказчиком и в ноябре доставлен авиатранспортом на космодром. 11 ноября Сюй Дачжэ, руководитель Государственного управления оборонной науки, техники и промышленности, объявил, что пуск состоится в декабре и будет последним в 2015 г. и в 12-й пятилетке. Точная дата и время старта стали известны 24 декабря из местной инструкции по эвакуации населения из районов падения и получили подтверждение 25 декабря из NOTAM'ов.

Контроль за подготовкой и проведением пуска на космодроме и в Пекинском центре управления осуществляли высшие руководители соответствующих ведомств, председатель Совета директоров CASC Лэй Фаньпэй, ее президент У Яньшэн и вице-президент Ян Баохуа.

Перевод КА «Гаофэнь-4» на геостационарную орбиту планировался через четверо суток после старта. Эта дата не была подтверждена, однако сообщалось, что уже 5 января спутник выполнил и передал на Землю первые снимки Земли высокого качества. 7 января СК США опубликовало орбитальные элементы, которые показали аппарат уже на стационаре в позиции 106° в. д. Объявленная рабочая точка спутника – 105.6° в. д.

Программа «Гаофэнь»

«Гаофэнь-4» (高分四号, GF-4) запущен в рамках одноименной программы создания системы гражданских космических средств наблюдения Земли с высоким разрешением. Это один из 16 ключевых специализированных проектов, реализация которых осуществляется в Китае в рамках Национальной программы развития науки и техники на средне- и долгосрочную перспективу (2006–2020 гг.). Его целью является обеспечение государственных и частных пользователей отечественными материалами съемки Земли с вытеснением с этого рынка зарубежных поставщиков.

В рамках программы «Гаофэнь» ранее были запущены на солнечно-синхронные орбиты спутники GF-1 (26 апреля 2013 г.) и GF-2 (19 августа 2014 г.). Первый обеспечивает при наблюдении с высоты 640.6 км обзорную съемку с разрешением 16 м в полосе шириной 800 км и детальную съемку с разрешением 2 м в панхроматическом и 8 м в мультиспектральном диапазоне в полосе шириной 68 км (*НК* №6, 2013). GF-2 является первым гражданским спутником КНР для высокодетального наблюдения Земли, обеспечивая съемку с высоты 627.5 км в полосе шириной 45 км с разрешением 0.8 м в панхроматическом и 3.2 м в мультиспектральном диапазоне (*НК* №10, 2014).

К концу ноября 2015 г. банк данных системы «Гаофэнь» уже включал 4.03 млн сцен. Как отмечает эксперт Центра дистанционного зондирования Земли Министерства земельных и природных ресурсов КНР Фан Хунбинь, потребность его ведомства в материалах космической съемки составляет 19 млн км^2 в год. Данные аппаратов GF-1 и GF-2 уже позволили заместить до 80% снимков, закупавшихся за рубежом, чему способствует их более низкая по сравнению с аналогами цена.

«Гаофэнь-4» предназначен для постоянного наблюдения территории КНР и прилегающих районов. По официальным данным, аппарат может вести съемку в пределах территории 7000×7000 км^2 в кадровом режиме, причем площадь кадра составляет 400× км^2, а пространственное разрешение – лучше 50 м в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне и лучше 400 м в средневолновом ИК-диапазоне.

На 2016 г. планируются запуски КА GF-3 и GF-5. Первый из них – это радиолокационный аппарат для круглосуточной и всепогодной съемки в С-диапазоне с разрешением 1 м и различными вариантами поляризации. Второй же характеризуется как первый в Китае гражданский аппарат для гиперспектральной съемки*, обеспечивающий спектральное разрешение на нанометровом уровне. Оснащенный шестью различными полезными нагрузками для зондирования поверхности и атмосферы Земли, GF-5 напоминает американские аппараты серии Terra/Aqua/Aura.

С началом работы этих двух КА система «Гаофэнь» в своей базовой форме будет введена в эксплуатацию. В ее составе, в частности, будут использоваться 18 промышленных и два территориальных демонстрационных приложения, а также 21 зональный центр данных и приложений провинциального уровня.

В последующем систему «Гаофэнь» должны дополнить аппараты GF-6 и GF-7. «Шестой» (запуск в 2017 г.) будет оснащен аппаратурой с характеристиками, аналогич-

** Тем самым признается, что гиперспектрометр посещаемой космической лаборатории «Тяньгун-1» уже четыре года работает в интересах военного заказчика.*

▲ **Фрагменты стартовых ускорителей РН CZ-3B были найдены в районе деревни Дупин в провинции Гуйчжоу в пределах отведенного района падения. Секции головного обтекателя упали в уезде Суйчуань провинции Цзянси вблизи деревни Гуатан. Одна из них, длиной около 9 м, была найдена всего в 50 метрах от дома крестьянки Цэн Цзинли, которая в момент пуска ракеты и падения фрагментов находилась в нем и слышала два удара. Точка падения находилась в пределах заявленного района, пострадавших в результате этого ЧП не было**

ными GF-1, но выполняется на новой конструктивной базе. «Седьмой» планируется вывести на орбиту в 2018 г. с аппаратурой стереосъемки земной поверхности с субметровым разрешением главным образом в интересах картографии. В итоге к 2020 г. в Китае должна быть создана система всепогодного наблюдения всей поверхности Земли с высоким пространственным и временным разрешением.

Не входят в систему, хотя и имеют то же наименование запущенные в 2015 г. «Гаофэнь-8» и «Гаофэнь-9». Они никогда не упоминались в планах запусков по проекту «Гаофэнь», и каждый из них работает в паре со спутником из семейства «Яогань вэйсин» военного назначения. Интересно, что в одной из публикаций в день запуска среди запущенных спутников системы все-таки назван GF-9 – и пропущен GF-8!

Главным конструктором системы «Гаофэнь» в целом является Тун Сюйдун (童旭东), а главным конструктором проекта «Гаофэнь-4» в частности – Юй Дэнъюнь (于登云). Составными частями проекта служат спутник, ракета-носитель, полигон запуска, средства управления в полете, комплекс приема информации и наземная прикладная система для обработки и распространения результатов съемки.

Проработка проекта геостационарного аппарата Д33 была начата в годы 11-й пятилетки (2006–2010). Он был утвержден к реализации в 2012 г. и осуществлен Китайской исследовательской академией космической техники CAST и входящими в ее состав институтами и предприятиями в течение четырех лет. Имя главного конструктора и административного руководителя спутника «Гаофэнь-4» – Ли Го (李果).

Китайский взгляд на мир с высоты стационара

«Гаофэнь-4» является первым в своем роде космическим аппаратом, так как до сих пор геостационарная орбита использовалась для размещения спутников наблюдения лишь двух основных типов: метеорологических – для съемки всего видимого полушария Земли с характерной величиной пространственного разрешения 1.0 или 0.5 км – и специализированных КА систем предупреждения о ракетном нападении, которые обеспечивают обнаружение ракетных пусков из заданных районов за счет регистрации факелов ракетных двигателей в средневолновом ИК-диапазоне*.

Поскольку зарубежных аналогов «Гаофэня-4» в настоящее время не существует, китайские СМИ могли с чистой совестью использовать оборот «впервые в мире» и утверждать, что GF-4 превосходит все остальные геостационарные КА наблюдения Земли по пространственному разрешению, площади индивидуального снимка, по временному разрешению, а заодно и по расчетному сроку службы.

И все же «Гаофэнь-4» не уникален. Сходный по задачам, используемым диапазонам и возможностям спутник GISAT разрабатывает Индия: его запуск планируется на конец 2017 г. Более того, оба эти проекта, по-видимому, являются откликами на результаты проработок европейских аппаратов Д33 с размещением на геостационаре, которые были представлены компаниями Alenia Aerospazio (проект GEO 20 m OIS) и Astrium (проекты GEO-Africa и GEO-Oculus) с заявленным разрешением 20–25 м.

Столь высоких характеристик предполагалось достигнуть с использованием мощной оптики: так, в проект GEO-Oculus закладывался телескоп с зеркалом 1.5 м. Кстати, именно он, похоже, послужил главным источником вдохновения для разработчиков GF-4.

Главное преимущество систем наблюдения подобного рода – оперативность. При размещении спутника со съемочной аппаратурой на геостационаре полностью устраняются потери времени, связанные с его движением по орбите и прохождением над заданным районом, а также сводятся к минимуму задержки на отправку на борт задания на съемку и прием «картинки». Интервал времени от постановки задачи до выполнения можно свести к нескольким минутам, частота съемки может быть весьма высокой, а задержка до следующего пролета отсутствует в принципе**. Наличие же облачности над снимаемым районом в равной степени нежелательно при наблюдении из космоса с любой высоты.

Платой за быстроту доступа, разумеется, является низкое пространственное разрешение. Теоретический (дифракционный) предел при наблюдении с высоты 35 800 км на оптической системе с апертурой 1 м составляет 24 м для видимого диапазона (0.55 мкм) и вдвое хуже для ближнего ИК. Применение оптики с еще большим диаметром объектива перестает быть оправданным в силу технических и финансовых ограничений. Так, даже знаменитый Космический телескоп имени Хаббла с зеркалом диаметром 2.4 м в теории позволил бы улучшить разрешение лишь до 10 м. (Крайностью в этом направлении является проект компании Thales, где оптическая часть построена на шести двухметровых зеркалах, образующих апертуру диаметром 7 м; это позволяет достигать разрешения порядка 2–4 м при фокусном расстоянии системы 108 м.)

Следует напомнить, однако, что Д33 как отрасль космической съемки начиналась со спутников Landsat, которые обеспечивали лишь 30-метровое разрешение при наблюдении с низкой орбиты, и что возможность почти непрерывной съемки с разрешением 25–50 м достаточна и сегодня для решения многих задач. Среди них – предотвращение стихийных бедствий и устранение их последствий, контроль геологических угроз, мониторинг состояния лесов, получение детальной метеорологической информации, исследования в области изменений климата, поставка данных дистанционного зондирования по состоянию морских ресурсов, сельского хозяйства, земель и вод. Говоря более простым языком – поиск предвестников землетрясений по тепловым аномалиям, обнаружение и мониторинг пожаров, отслеживание в реальном времени зон наводнений и других стихийных бедствий, оценка качества воды, выявление районов ее цветения, поиск разливов нефти в океане, прогноз погоды с точностью до улицы и т.д.

«С разрешением камеры дистанционного зондирования в 50 м можно перейти к наблюдению в реальном масштабе времени за микрофизическими процессами в облачности, – говорит исследователь Национального центра спутниковой метеорологии Чжан Чжицин. – Это дает нам положительный эффект, позволяя углубить изучение изменений погоды и улучшить точность прогнозов».

Конечно, концепция использования GF-4 не исчерпывается наблюдениями такого рода. Аппарат рассматривается еще и как своеобразный «передовой дозор» для выявления районов повышенного интереса, а их последующая детальная съемка осуществляется низкоорбитальными спутниками системы «Гаофэнь» или средствами авиационной разведки.

** Пожалуй, единственным исключением является южнокорейский COMS-1, который совмещает функции метеорологии и океанографии.*

*** Она составляет 4 суток для GF-1 и примерно 40 часов для GF-2, и это с учетом возможности разворота КА для съемки в стороне от трассы.*

Основными пользователями GF-4 называются Министерство гражданской администрации, Государственное сейсмологическое управление, Государственное управление лесного хозяйства и Китайское метеорологическое управление.

Официальной информации о направлениях использования КА в интересах национальной безопасности нет, а публикации такого рода имеют характер вбросов, причем первоисточник информации установить невозможно. К примеру, 8 октября 2015 г. американский портал Defense News со ссылкой на популярную китайскую молодежную газету «Чжунго циннянь» (China Youth) сообщил, что главной задачей GF-4 в действительности является слежка за американскими авианосцами. Найти соответствующую китайскую публикацию не удалось, но факт тот, что 9 октября уже «Чжунго циннянь» перевела и перепечатала статью Defense News, причем исключив из нее ссылку на себя как на первоисточник!

Есть, впрочем, подтвержденная цитата Ли Го о том, что с помощью GF-4 «можно видеть плывущий в море танкер», а где танкер, там и авианосец. Не исключено, что корабли предполагается обнаруживать и отслеживать в ИК-диапазоне по тепловому следу: инфракрасный канал спутника при длительном накоплении информации выявляет температурные аномалии величиной всего в 0.1°, причем вне зависимости от наличия облачности.

Вопрос, можно ли по данным ИК-съемки с GF-4 обнаруживать стартующие ракеты, также интересен, но убедительного ответа на него дано не было. В любом случае из позиции 105.6° в. д. увидеть стартующие американские МБР невозможно.

К сожалению, опубликованная до запуска и сразу после него техническая информация о спутнике и о его целевой аппаратуре весьма неполна* и отчасти противоречива и сводится к следующим показателям.

«Гаофэнь-4» создан на специально разработанной для него платформе и имеет стартовую массу около 5000 кг, хотя в процессе разработки она оценивалась в 4600 кг. Как заявил главный конструктор носителя Цзян Цзе, избыток грузоподъемности ракеты был конвертирован в оптимизированную геопереходную орбиту наклонением 23° вместо стандартных 27°. Это позволило сократить расход топлива на довыведение КА и продлить его активную работу. Расчетный срок активного существования GF-4 составляет 8 лет.

В основу конструкции положен один из существующих проектов геостационарных аппаратов (скорее всего, DFH-4), однако этот исходный вариант был значительно доработан с использованием опыта создания навигационных спутников и «обычных» КА дистанционного зондирования и их бортовых систем и приборов. Сообщается, что из примерно 200 бортовых приборов и устройств 33 было создано специально для GF-4.

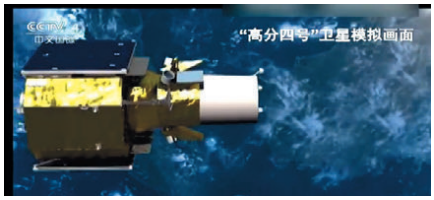
Значительным конструктивным отличием GF-4 стало размещение запаса топлива (суммарно около 3000 кг) в двух параллельных баках, что позволило наилучшим образом расположить по оси аппарата тяжелую и «нежную» полезную нагрузку. На фотографиях и в телевизионных репортажах видно, что негерметичный корпус КА имеет не прямоугольное, а скорее восьмигранное сечение. На боковых «плечах» надирной панели размещается аппаратура целевой радиолинии – два привода с антенными рефлекторами диаметром около 60 см. Между ними выступает метровая «труба» оптической системы, увенчанная двухметровой солнечной блендой. Антенны командно-телеметрической системы смонтированы на верхнем ее обрезе. Электропитание поступает от двух двухсекционных панелей солнечных батарей с одностепенными приводами на северной и южной гранях корпуса. Двигательная установка смонтирована в хвостовой (в штатной ориентации – зенитной) части КА.

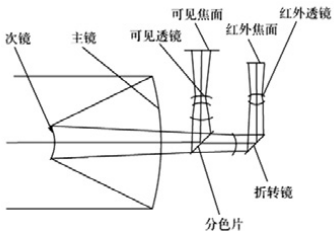
Камера КА создана в Китайском институте космической электромеханики («508-й институт»), ее главным конструктором является Лянь Миньлун (练敏隆). Одна оптическая система с апертурой около 1 м используется для формирования изображения как в видимом, так и в инфракрасном канале. Для регистрации изображений используется CMOS-матрица размером 100 млн элементов в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне (VNIR) и матрица на 1 млн элементов в средневолновом ИК-диапазоне (SWIR), при этом заявленное пространственное разрешение – 50 м в видимом диапазоне и 400 м в инфракрасном. Время экспозиции регулируется автоматически в соответствии с яркостью объекта. Один снимок передается за 3–4 секунды по радиолинии со скоростью 300 Мбит/с. Обычная частота съемки – раз в 10 минут, но она, безусловно, может быть увеличена.

Найти какие-либо публикации, описывающие конструкцию камеры и ее регистрирующих устройств, не удалось, но на китайском форуме 9ifly.cn проходил чертеж соосной оптической системы, соответствующий приведенному описанию. Отразившись от основного вогнутого зеркала и от вторичного выпуклого, свет разделяется на два потока, один из которых попадает на «большую» матрицу VNIR-диапазона, а второй – на «малую» матрицу SWIR-диапазона. В обоих каналах используются дополнительные линзовые фокусирующие схемы. В видимом канале дополнительно предусмотрены пять сменных фильтров – один широкополосный и четыре узких (синий, зеленый, красный и ближний инфракрасный).

Поскольку фокусное расстояние системы в двух ее каналах может быть существенно разным, ограничимся некоторыми оценками по видимому каналу.

Прежде всего, размеры приемных матриц в имеющихся публикациях передаются иероглифами 亿 («и», означает «100 миллионов») и 百万 («бай вань», означает «100 раз по 10000»). Лишь в одном случае перед 亿 было поставлено число 1, так что несколько наивно считать, что размер CMOS-матрицы составляет ровно 10000×10000 элементов. Ведь если бы это было так, разрешение в квадрате 400×400 км** в видимом канале составило бы 40 м, а не 50 м!





Возможно, дело в волновом пределе: для метрового зеркала на волне 0.89 мкм он составляет 39 м в подспутниковой точке и явно превышает 40 м при съемке территории Китая. Это могло вынудить разработчиков показать «с запасом» разрешение 50 м.

С точки зрения оптики и фокальной плоскости параметры также «бьются». Разрешение 50 м при наблюдении с высоты 35 800 км достигается, например, при фокусном расстоянии 10 м и размере элемента изображения 14 мкм. Отношение же диаметра к фокусному расстоянию D/F = 1:10 для систем космической съемки весьма типично.

Добавим, что при описании камеры GF-4 китайские авторы аккуратно оговаривают, что ее оптика имеет максимальный диаметр среди отечественных аппаратов с кадровым принципом формирования изображения. Это, очевидно, следует интерпретировать так, что на некоторых низкоорбитальных КА с линейным приемником используется оптика с еще большей апертурой.

Как это достигнуто

В послестартовых публикациях руководитель и главный конструктор спутника «Гаофэнь-4» Ли Го указал несколько основных

** Опыт двух предыдущих запусков показывает, что детальное описание GF-4 появится лишь через несколько месяцев.*

*** В мае 2015 г. в рекламных материалах CAST для GF-4 указывался размер кадра 500×500 км. Ошибка это или нет, неизвестно. Ли Го вообще предпочитает говорить образно, в стиле «на один снимок влезает вся провинция Хэнань».*

отличий его от ранее созданных низкоорбитальных аппаратов.

Во-первых, более жесткие условия работы на геостационаре потребовали специальных мер защиты бортовых приборов и систем от космической радиации и электромагнитного излучения.

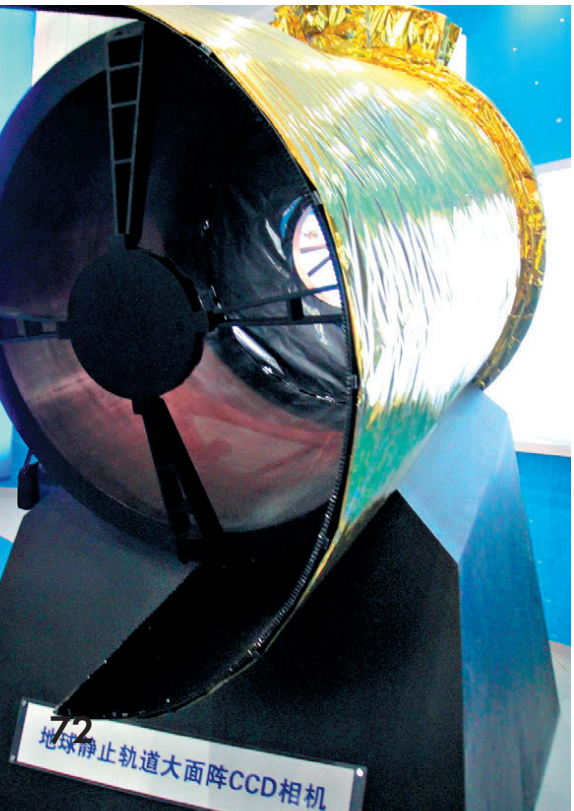
Во-вторых, выставленное требование по сроку активного существования (восемь лет) было значительно выше, чем для имеющихся низкоорбитальных аппаратов, рассчитанных на 3–5 лет работы, и потребовало решения ряда проблем, связанных с ресурсом некоторых материалов и долголетием компонентов с движущимися частями.

В-третьих, фотографирование поверхности Земли ведется не в режиме постоянной ориентации со сканированием подстилающей поверхности линейкой детекторов (матриц) с разверткой за счет скорости орбитального движения, а в режиме кадровой съемки на матрицы большого размера. Создание самих матриц и подсистем считывания изображения и передачи информации на Землю потребовало значительных усилий. Сюда же примыкают сложности разработки оптической системы с объективом большого диаметра, обеспечивающей высококачественную съемку в диапазонах VNIR и SWIR одновременно.

В-четвертых, режим использования КА «Гаофэнь-4» подразумевает частое перенацеливание аппаратуры с одного района на другой. Это потребовало от инженеров Пекинского института систем управления («502-й институт») создания системы управления и исполнительных органов, обеспечивающих как быстрые развороты корпуса КА с наведением на районы в пределах зоны обслуживания, так и высокоточную стабилизацию в процессе съемки: ведь с учетом большого расстояния до Земли разворот спутника всего на 1′ эквивалентен сдвигу изображения на 10 км!

Чтобы обеспечить точное наведение на объект, GF-4 оснащен двумя усовершенствованными звездными датчиками, жестко смонтированными на трубе телескопа у основания бленды. Необходимую скорость разворота обеспечивает комбинация из четырех маховиков с управляющим моментом в пять раз выше, чем на традиционных геостационарных КА, и с минимальным уровнем вибраций.

▼ Труба телескопа камеры GF-4



В число «врагов» стабилизации входят приводы солнечных батарей – пришлось переводить их в режим «микрошаговой» работы. Холодильник, используемый для задания рабочего теплового режима матрицы инфракрасного канала, был выполнен по специальному проекту («охладитель на пульсирующих трубках») и вынесен в нижнюю часть платформы, чтобы максимально удалить потенциальный источник вибрации.

Наконец, были приняты специальные конструкторские меры для тепловой стабильности, позволившие поддерживать температуру элементов оптической системы в пределах 0.2° при очень больших перепадах температуры на элементах конструкции КА – от +100°C на освещенной Солнцем стороне до -100°C в тени. Среди них – тщательный выбор материалов с малым коэффициентом теплового расширения, чередование «теплых» и «холодных» элементов, трехслойная экранно-вакуумная изоляция и установка бленды длиной около 2 м, защищающей оптику от нагрева солнечными лучами. В программу управления пришлось также ввести специальный алгоритм, гарантирующий спутник от случайного направления оптики на Солнце.

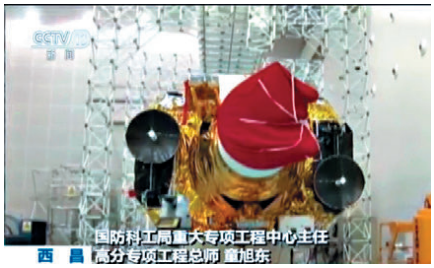
В итоге GF-4 способен выполнить на протяжении нескольких минут съемку трех различных районов, а вся территория Китая может быть отснята в течение светового дня. Возможна стыковка отдельных кадров для создания полосовых изображений, регулярная инспекция нескольких областей, высокочастотная съемка, приближающаяся по характеристикам к медленному видео, а также непрерывное отслеживание движущихся объектов, таких как опасный для приморских районов тайфун.

Работа КА в точке 105.6° в.д. обеспечивается заявкой GC4-105.6E. В качестве рабочих диапазонов указаны S, C и Ka, причем в S-диапазоне ведется обмен командно-телеметрической информацией, а в Ka-диапазоне, по-видимому, осуществляется сброс данных.

Итоги года и пятилетки

Итак, Китай завершил 2015 год с 19 орбитальными пусками, в результате которых на орбиты выведено 45 китайских и иностранных аппаратов. Все 19 стартов были полностью успешными, все они на счету Китайской корпорации космической науки и техники CASC, все спутники китайского производства изготовлены ее подразделениями и предприятиями. В отличие от 2013 и 2014 годов, конкурирующая Китайская корпорация космической науки и промышленности CASIC пусков не производила.

Всего за пять лет 12-й пятилетки (2011–2015) состоялось 86 пусков ракет семейства «Великий поход» и было запущено 138 спутников* всех типов. Для 11-й пятилетки (2006–2010) соответствующие показатели – 48 носителей и 60 КА**.



Десять пусков из 19 проведенных в 2015 г. – на счету пекинской фирмы CALT, а остальные выполнены носителями Шанхайской академии космической техники SAST. Оба основных разработчика китайских средств выведения выступили с новинками: это твердотопливный носитель CZ-11 пекинской разработки и первая китайская кислородно-керосиновая ракета CZ-6 «родом из Шанхая» (*НК* № 11, 2015). Остальные пуски пришлись на традиционные носители, причем все девять пусков CALT имели целью доставку КА на геопереходные и средневысотные орбиты (одна CZ-3C и восемь CZ-3B), а все восемь стартов SAST проводились с низкоорбитальными аппаратами (четыре CZ-2D, две CZ-4B и две CZ-4C).

На 2016 г. планируется более 20 китайских космических пусков, в том числе первые старты носителей нового поколения CZ-7 и CZ-5 с нового космодрома Вэньчан, запуск космической лаборатории «Тяньгун-2» и пилотируемого корабля «Шэньчжоу-11» к ней. При этом одна лишь Академия CALT осуществит в 2016 г. пятнадцать пусков, а в течение всей 13-й пятилетки планируется запускать по 15–20 пекинских носителей ежегодно, в том числе по 8–10 ракет семейства CZ-3A.

От штучного к массовому

Общее количество пусков китайских ракет семейства «Великий поход» достигло 222. Из этого числа 70 носителей относятся к семейству CZ-3A, используемому с 1994 г. для доставки КА на высокие орбиты. По количеству пусков последних 2015 год сравнялся с рекордными 2011 и 2012 гг., однако беспрецедентным является как число использованных тяжелых ракет CZ-3B (восемь), так и темп их пусков. За 109 суток – с 12 сентября по 28 декабря – с Сичана стартовали семь таких ракет, причем средний интервал между пусками составил 18 суток, а минимальный – 17 суток. Для сравнения: с 28 августа

** Данные официального подсчета. Фактически на китайских ракетах было запущено около 150 аппаратов. Разница может быть обусловлена как неучетом в китайской публикации аппаратов иностранного производства или зарубежной принадлежности, так и хитростями китайской космической политики, в рамках которой, например, было официально объявлено о запуске в 2010–2014 гг. пяти спутников типа «Цзяньбин-8» («Яогань-9»), в то время как в действительности их было 15.*

*** Данные фактического подсчета.*

по 24 декабря Россия запустила лишь пять «Протонов».

Рекордная «скорострельность» стала возможной в первую очередь благодаря коренной реконструкции стартового комплекса № 3, с которого теперь можно пускать любые носители семейства CZ-3A. Однако рост темпа производства и запусков таких ракет с трех-четырех до восьми-девяти в год был бы невозможен без модернизации и унификации конструкции носителей и процессов их изготовления и испытаний.

Сообщается, что в результате реализации «проекта Байфа» (百发工程, буквально «сто ракет») годовой объем производства на 211-м заводе в Пекине должен увеличиться с пяти-восьми до 16–20 носителей, а цикл их производства – сократиться с 5–6 лет до 2–3 лет. Аналогичные мероприятия проводятся и на 149-м заводе в Шанхае.

Пока же выполнение производственной программы 2015 г. потребовало организации на 211-м заводе трехсменной работы: две основные смены трудятся с 08:30 до 21:00, и, если дневной план не выполнен, работу завершает третья, ночная смена. Не менее тяжелой была нагрузка и на экспедицию на полигоне: имея на космодроме по две и даже три ракеты одновременно, с 1 мая и до конца года люди работали круглосуточно в две смены…

Тем не менее китайские разработчики оценивают уже достигнутые результаты настолько высоко, что хвалебные комментарии уже начиная с ноября сопровождали каждый новый старт. Помимо всего прочего, они позволили понять в первом приближении логику «ползучей модернизации» ракет CZ-3B и ее «младших» собратьев.

Главный конструктор ракет семейства CZ-3A Цзян Цзе (姜杰) изложил его историю следующим образом. Фаза 1.0 – это создание нового носителя и летные испытания, доказавшие возможность выведения КА на геопереходные орбиты. Фаза 2.0 – это этап усовершенствования изделия, который в данном случае включал приспособление ракеты к решению других задач, таких как выведение КА на наклонные геосинхронные и на средневысотные орбиты, а также на отлетные траектории. Сейчас семейство вступило в фазу 3.0, или фазу расширения. Ее первая примета – появление разгонного блока YZ-1, позволяющего доставить полезный груз непосредственно на высокую круговую орбиту и за счет этого резко сократить время ввода КА в строй.

Если взглянуть на процесс с другого ракурса, можно отметить, что сейчас все ракеты семейства CZ-3A приводятся к одному универсальному проекту с использованием наработок, реализованных в различных версиях CZ-3B. Сокращается номенклатура используемого сырья, частей и компонентов, и за счет этого увеличивается универсальность.

«Сегодня на ракете CZ-3B можно заменить до 90% изделий, и уже можно поменять местами ступени с двух разных носителей, – утверждает административный руководитель работ Цэнь Чжэн (岑拯). – В будущем мы должны прийти к возможности заменить ракету полностью, то есть достичь 99.9% взаимозаменяемости». Заместитель начальника отдела по ракетам семейства CZ-3A Тань И (覃艺) уточняет: цель состоит в том, чтобы на любой выпущенной ракете можно было запустить любой спутник, соответствующий ей по массе, не меняя ничего, кроме интерфейса между носителем и КА.

Такой подход упрощает производственные процессы и подготовку к пуску на космодроме, позволяя отказаться от закрепления за каждой ракетой определенной группы сопровождающих специалистов, ввести элементы конвейерного процесса, запараллелить определенные этапы и тем самым «расшить» узкие места и ускорить работу. Он также положительно сказывается на качестве продукции.

Напомним: родоначальник семейства – CZ-3A – была в первый раз испытана в феврале 1994 г., а два года спустя совершила свой первый (аварийный) полет ее тяжелая версия CZ-3B с четырьмя дополнительными жидкостными стартовыми ускорителями. Промежуточный вариант CZ-3C с двумя ускорителями дебютировал лишь в апреле 2008 г. Эти три носителя обеспечивали доставку на стандартную геопереходную орбиту полезного груза массой 2600, 5100 и 3700 кг соответственно.

Первоначально CZ-3A использовалась главным образом для запуска китайских геостационарных аппаратов на платформе DFH-3, а CZ-3B летала со спутниками зарубежного производства. Однако в 1998 г. США наложили запрет на вывоз в Китай аппаратов американского производства и содержащих американские компоненты, и пуски CZ-3B практически прекратились, пока КНР не начала в октябре 2006 г. летные испытания тяжелой геостационарной платформы DFH-4. Как выяснилось, именно грузоподъемность ракеты лимитировала теперь массы изготавливаемых на базе DFH-4 спутников, и ответом на эту проблему стала модернизация CZ-3B.

Ее грузоподъемность удалось повысить за счет наращивания размеров и стартовой массы носителя. На ракете с номером Y9, улетевшей в мае 2007 г. со спутником Nigcomsat-1, длина первой ступени стала больше на 1488 мм, а длина каждого из ускорителей – на 768 мм. Был также применен новый удлиненный обтекатель 4-метрового диаметра, так что высота ракеты на старте выросла с 54.838 до 56.326 м, а стартовая масса увеличилась с 425.5 до 459 т. Как следствие, грузоподъемность CZ-3B увеличилась с 5100 до 5500 кг*.

Этот вариант в китайских публикациях именовался 增强型 («чжэнцян син»), что соответствовало английскому Enhanced. В результате официальное обозначение ракеты стало CZ-3B/E. Пять ракет, изготовленных по старому проекту, были использованы в 2005–2009 гг., и с 2010 г. летал только модернизированный носитель.

В октябре 2010 г. в связи с запуском лунного зонда «Чанъэ-2» газета «Жэньминь жибао» сообщила, что в ходе продолжающейся модернизации число вариантов ракет типа CZ-3A увеличилось до пяти. Помимо CZ-3A и CZ-3C, газета назвала три варианта CZ-3B, из которых один уже использовался, а два предстояло скоро ввести в строй. В китайском тексте они были обозначены как 改I型, 改II型 и 改III型, а в англоязычные попали под индексами GI, GII и GIII. Но так как новые обозначения нигде официально не использовались и их отличия стали известны не сразу, все три варианта продолжали проходить «под маской» CZ-3B/E.

Основные отличия трех перечисленных вариантов от базовой CZ-3B следующие:

◆ GII – вариант Nigcomsat-1 с увеличенной стартовой массой и возможностью использования обтекателя 4200F;

◆ GI – специализированный вариант с обтекателем 3700ZS уменьшенного диаметра для парного выведения навигационных спутников, используемый начиная с 2012 г.;

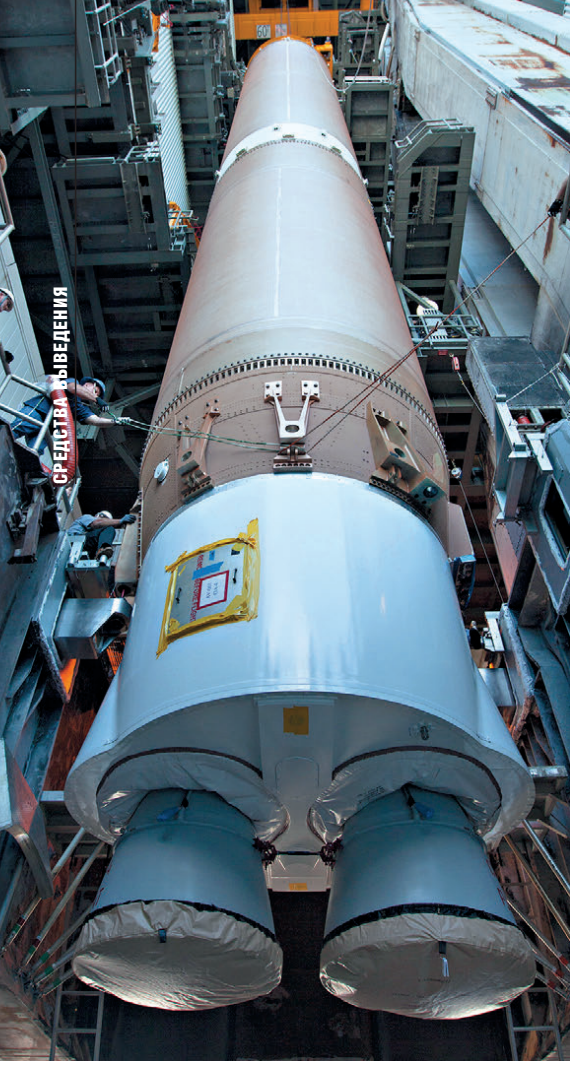
◆ GIII – дальнейшее развитие GII с модернизированной системой управления.

Разработка варианта GIII началась в 2008 г. с целью обеспечения запуска лунного аппарата «Чанъэ-3» с повышенными требованиями к времени старта и точности отлетной траектории и возможности оперативной коррекции момента второго включения ЖРД третьей ступени. Его наиболее важным элементом стала комбинированная система наведения на базе лазерной инерциальной навигации (дублированное лазерное инерциальное измерительное устройство) с коррекцией по данным спутниковой навигационной системы. Изменена конфигурация бортовой компьютерной системы, в которой реализован принцип «два из трех» и за счет этого увеличена надежность. Усовершенствована телеметрическая система, что обеспечило передачу видеосигнала в полете и видеоконтроль таких операций, как сброс боковых ускорителей и разделение первой и второй ступени.

Такая система управления была впервые описана в марте 2013 г. применительно к будущему запуску «Чанъэ-3», однако есть основания полагать, что начало ее использования относится к пуску 18/19 сентября 2011 г. со спутником «Чжунсин-1А» под обтекателем типа 4200F.

Изменения, внесенные в конструкцию CZ-3B, были начиная с октября 2014 г. внедрены и на ракете CZ-3C, которая также получила к названию суффикс GII или GIII. Унификация коснулась и CZ-3A, по крайней мере в части первой и второй ступеней и стартовых ускорителей.

** При использовании обтекателя диаметром 4.0 м. Обтекатели диаметром 4.2 м тяжелее, и соответственно масса полезного груза меньше.*



«Девочка плачет, а шарик летит...»

ULA заказал дополнительные двигатели РД-180

И. Афанасьев.
«Новости космонавтики»

23 декабря компания «Объединенный пусковой альянс» ULA (United Launch Alliance) – совместное предприятие Boeing и Lockheed Martin – объявила о заказе 20 дополнительных ракетных двигателей РД-180 для установки на ракету Atlas V. Запуски будут выполняться для коммерческих и гражданских клиентов, говорится в заявлении ULA, пока не будут готовы и сертифицированы новые двигатели американского производства для замены российской силовой установки, которая используется на первой ступени этой «рабочей лошадки» компании.

Альянс разместил заказ у RD-AMROSS, совместного предприятия со штаб-квартирой во Флориде, которое импортирует РД-180 производства НПО энергетического машиностроения имени академика В. П. Глушко. «ULA считает, что сейчас самое подходящее время для перехода к американским решениям в области перспективных двигателей, однако необходимо обеспечить плавный переход к ним и сохранить здоровую конкуренцию в пусковой индустрии», – разъясняется в пресс-релизе ULA.

С момента создания в 2006 г. Альянс был единственной компанией, имеющей право бороться за контракты на выполнение самых дорогих космических миссий в интересах Пентагона. Лидерство подтверждалось блестящей статистикой пусков: ULA осуществила более 100 успешных стартов подряд, имея самый высокий показатель успеха среди американских провайдеров пусковых услуг.

Этот сектор рынка очень привлекателен: агентство Bloomberg указывает, что к 2030 г. на выведение американских военных и разведывательных спутников может быть потрачено около 70 млрд $ бюджетных средств.

Ситуация на рынке изменилась в 2015 г. с сертификацией ракеты Falcon 9 фирмы SpaceX для запуска на орбиту спутников в интересах национальной безопасности. ВВС США получили вторую дешевую ракету помимо Atlas V, способную запускать многие (хотя и не все) существующие военные аппараты. SpaceX стал выглядеть еще более привлекательно после успешного возврата многоразовой первой ступени носителя Falcon 9 (см. с. 58).

Носители семейства Delta IV, которые также эксплуатирует ULA, с запасом перекрывают возможности Atlas V и используют только американские двигатели, но они значительно дороже и в принципе не способны конкурировать по ценам с продукцией SpaceX. Неудивительно, что еще в начале 2015 г. главный исполнительный директор ULA Тори Бруно (Tory Bruno) объявил о намерении вывести из эксплуатации «одноядерный» вариант Delta IV Medium к 2018 г.

«В строю» будет оставлена тяжелая версия Delta IV, способная вывести на орбиту самые массивные военные аппараты, однако SpaceX начинает программу летных испытаний и сертификации ракеты Falcon Heavy, превышающей ее по грузоподъемности. Правда, чиновники военного ведомства считают, что данный носитель получит соответствующий допуск не ранее 2017 г., пока не совершит три успешные миссии подряд.

До начала конфликта на Украине и введения санкций против России компания уже заказала партию из 29 двигателей (*НК* № 12, 2013, с.30-33). В декабре 2014 г. Конгресс принял законопроект о разрешении оборонных расходов, ограничивающий закупку и использование РД-180 с 2019 г. и запрещающий использование двигателей, которые были оплачены после 1 февраля 2014 г. Представители ULA и ВВС США утверждали, что введенное ограничение несправедливо, поскольку препятствует конкуренции ракет Atlas V и Falcon 9 в сделках за прибыльные военные запуски.

Министерство обороны заявляло, что не станет возражать, если у РД-180 будет достойная американская альтернатива. В июне 2015 г. в Соединенных Штатах стартовал конкурс на разработку замены российскому изделию: для начала правительство выделило на эти цели 160 млн $. Однако и заказчики, и исполнители понимают, что разработать и испытать необходимый двигатель в нынешних условиях будет непросто, и на переходный период, который продлится как минимум до 2019–2020 годов, необходимо обеспечить равноправную конкуренцию для носителей Atlas V и Falcon 9 как на рынке правительственных запусков, так и при выведении коммерческих полезных грузов.

Тем временем, не добившись от Минобороны заключения о необходимости использовать РД-180 «в интересах национальной безопасности» и одновременно находясь под давлением ценовой политики SpaceX, 16 ноября 2015 г. компания ULA объявила спорное решение не участвовать в конкурсе на некоторые запуски для ВВС (в частности, на выведение спутников GPS III). Альянс пояснил, что условия конкурса не учитывают «послужного списка» претендентов и что не имея в нужном количестве РД-180, которые бы соответствовали требованиям закона, компания «не в состоянии подать заявку вовремя».

Правда, эксперты отмечали, что уйдя в сторону, Альянс получил дополнительные рычаги в борьбе за обход ограничений на закупку РД-180: госзаказчик объективно не заинтересован в том, чтобы остаться один на один с Элоном Маском. Неудивительно, что сенатор Джон МакКейн, ярый критик политики Российской Федерации и противник закупок РД-180, немедленно обвинил ULA в махинациях с двигателями: он утверждал, что разрешенное законом количество уже приобретенных РД-180 достаточно для честной конкуренции и что вместо этого Альянс поспешил распределить их между заказами NASA и коммерческих фирм, создав тем самым искусственный дефицит.

Хитроумный план ULA сработал! В течение всего года руководство альянса и представители военных спорили с законодателями, пытаясь выкроить исключения, дающие носителю Atlas V доступ к дополнительным военным контрактам. И лишь после ноябрьской демонстрации такое исключение сроком на год сумел «продавить» сенатор Ричард Шелби, республиканец из Алабамы, где находится ракетный завод ULA. При-

▼ Главный исполнительный директор ULA Тори Бруно

нятый в декабре бюджет США на 2016 ф. г. содержит внесенную им поправку, которая фактически «отключает» запрет и разрешает ВВС США подписывать контракты с любой компанией, сертифицированной для запуска спутников Пентагона, независимо от страны происхождения двигателей ракеты.

Неудивительно, что всего через неделю после принятия бюджета ULA поспешил приобрести новую партию РД-180. Нужно торопиться: действие поправки Шелби ограничено 30 сентября 2016 г.

Готовят замену

Руководство ULA заявило, что закупка дополнительных РД-180 не влияет на его приверженность разработке нового американского двигателя для носителя нового поколения Vulcan. Высокие характеристики и новые конструктивно-технологические решения, заложенные в проект, позволяют надеяться, что самый мощный вариант ракеты сможет запускать на высокую околоземную орбиту полезную нагрузку массой до 50 000 фунтов (22.7 т) и создаст важный экономически эффективный потенциал для полетов в отдаленные пункты назначения, такие как Луна и Марс.

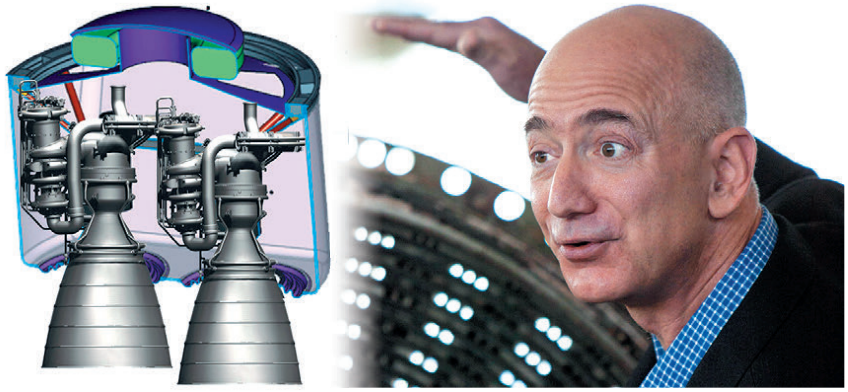
Как известно, в настоящее время носители ULA не отправляют в космос людей. Предполагается, что это положение сможет измениться уже в ближайшем будущем. «Vulcan будет использоваться для всех миссий, в настоящее время обслуживаемых ракетами Atlas V и Delta IV, в том числе выполняемых в интересах национальной безопасности, науки, коммерции, а также для пилотируемых миссий, – сообщил изданию Business Insider Джордж Сауэрс (George F. Sowers), вице-президент ULA по перспективным программам. – ULA будет рад предоставить Vulcan NASA для удовлетворения любых потребностей в запусках».

По словам представителей Альянса, Vulcan должен быть готов к первому полету до конца 2019 г., однако процесс накопления статистики пусков, достаточной для получения сертификата на выведение американских военных спутников, займет не меньше трех лет. Все это время ULA будет продолжать выполнять пусковые контракты, используя существующие носители Atlas V, а также Delta IV и Delta II. Именно для этого и нужны дополнительные российские двигатели.

«Мы ритмично работаем с нашими партнерами – Blue Origin и Aerojet Rocketdyne, но программа разработки таких изделий сложна и требует годы для завершения, – говорится в заявлении Альянса. – До того момента и нужен контракт, позволяющий ULA обеспечивать надежные и доступные услуги по запуску для наших гражданских и коммерческих клиентов, которые зависят от нас, в то время как разрабатывается новый американский двигатель».

Blue Origin и Aerojet Rocketdyne создают двигатели BE-4 и AR-1 соответственно для установки на первой ступени носителя Vulcan, и каждый из них генерирует около 500 000 фунтов (227 тс) тяги.

Законодатели выделили 227 млн $ в 2016 г., чтобы ускорить разработку новой американской двигательной установки. Это



▲ Двигатели BE-4 Джеффа Безоса планируется устанавливать на перспективной РН Vulcan

не такие большие деньги – они могут быть потрачены на ограниченную серию научно-исследовательских и опытно-конструкторских контрактов. Руководители Blue Origin и Aerojet Rocketdyne говорят, что разработку их BE-4 и AR-1 на сегодня обеспечивает частное финансирование.

Частная космическая компания Blue Origin американского миллиардера и амбициозного основателя Amazon Джеффа Безоса (Jeff Bezos) выделяется на фоне своего конкурента сравнительно небольшими объемами и не может похвастаться многими десятилетиями сотрудничества с авиастроительными гигантами, работающими на оборону. Тем не менее она строит огромный двигатель, способный вынести бизнес компании на новые высоты.

В конце ноября 2015 г. компания успешно испытала свою ракетную систему для суборбитального космического туризма New Shepard, оснащенную кислородно-водородным двигателем BE-3. Он развивал тягу 110 000 фунтов (50 тс), которой будет достаточно для того, чтобы отправить на высоту свыше 100 км капсулу с шестью туристами.

Однако эти показатели теряются на фоне кислородно-метанового BE-4, который в настоящее время находится в стадии разработки и тестирования на объекте компании Blue Origin в западной части Техаса. Когда Vulcan будет готов к полету, каждый BE-4 из пары, установленной на первой ступени ракеты, будет развивать в пять раз большую тягу – 550 000 фунтов (250 тс). Для сравнения: кислородно-водородные двигатели SSME, которые стояли на орбитальной ступени системы Space Shuttle, развивали номинальную тягу 375 000 фунтов (170 тс).

«Стендовые испытания в рамках программы разработки BE-4 начнутся в 2016 г., а сертификационные испытания завершатся к концу 2017 г., чтобы подготовить двигатель к полету, – сообщил изданию Business Insider Роб Мейерсон (Rob Meyerson), президент Blue Origin. – Мы начали разработку BE-4 в 2011 г. и недавно завершили ззавершили критическую защиту проекта CDR (Critical Design Review), важную веху до тестирования полного двигателя. Надеемся, что после завершения испытаний в 2017 г. Blue Origin сможет сразу же начать поставку двигателей ULA, чтобы заказчик смог начать их интеграцию с ракетой Vulcan для подготовки к первому полету в 2019 г.».

Изначально Blue Origin позиционировала BE-4 как основу разработки собственного носителя, в том числе предназначенного для запуска людей в космос, но огромный двигатель привлек внимание пускового провайдера ULA. После контактов двух компаний возник контракт на создание двигательной установки для носителя Vulcan.

«Наш базовый план для носителя Vulcan предусматривает установку на ракете двух двигателей BE-4, но ULA также заказало двигатель AR-1 у компании Aerojet Rocketdyne в качестве резерва», – сообщил Сауэрс.

Конкурент Blue Origin – Aerojet Rocketdyne – назвал 17 декабря датой защиты проекта кислородно-керосинового двигателя AR-1. В соответствии с графиком стендовые испытания в полном масштабе начнутся в 2017 г., и компания будет готова к сертификационным летным испытаниям в 2019 г.

Судя по этим заявлениям, Aerojet Rocketdyne достаточно серьезно продвинулась вперед с разработкой AR-1, несмотря на то, что ULA недвусмысленно выражает предпочтение BE-4.

«Мы прошли каждую веху нашего графика, что позволяет подготовить AR-1 к 2019 г. У нас есть производственные мощности, инструменты, станки, оборудование, база снабжения и – самое главное – высококвалифицированные сотрудники на производстве двигателя AR-1 для удовлетворения потребностей национальной безопасности», – констатировала президент и исполнительный директор Aerojet Rocketdyne Айлин Дрейк (Eileen P. Drake).

«ULA и Aerojet Rocketdyne имеют длительные отношения, проверенные десятилетиями, – добавил президент и главный исполнительный директор ULA Тори Бруно. – Эта компания продолжает быть ценным поставщиком и показывает отличные результаты при разработке двигателя AR-1».

▼ Двигатель AR-1 компании Aerojet Rocketdyne

Источники: Defense News, Spaceflight Now, Florida Today

– Что Вы умеете делать?

– Всё! Стрелять, варить халву, подковать жеребца, вскрыть сейф, подделать документы, принять роды, написать статью, петь... в хоре.

Из кинофильма «Бег»

И. Афанасьев.
«Новости космонавтики»

«Первый носитель», новые «Ньютоны» и «Космическая девушка»

3 декабря на своем заводе в Сан-Антонио, штат Техас, компания Virgin Galactic – часть группы Virgin сэра Ричарда Брэнсона (Richard Branson) – представила специальный самолет-носитель для своей новой РН воздушного запуска LauncherOne (*НК* № 2, 2009, с.22; № 4, 2009, с.57; № 12, 2010, с.55; № 12, 2012, с.54-55). Сделка по приобретению бывшего авиалайнера Boeing 747-400 авиакомпании Virgin Atlantic была завершена днем ранее. Самолет должен поступить в эксплуатацию Virgin Galactic в конце 2017 г.

Система выведения с ракетой LauncherOne была впервые упомянута еще в 2008 г., а ее развернутая презентация состоялась в 2012 г., после почти четырех лет разработки. Первоначально в качестве стартовой платформы в проекте предлагался самолет-носитель WhiteKnightTwo (WK2) суборбитального туристического ракетоплана SpaceShipTwo (SS2): в 2012 г. об этом заявила Virgin Galactic. Тем не менее этот план был пересмотрен в пользу иного носителя, поскольку массо-габаритные характеристики ракеты LauncherOne со временем выросли, а возможности носителя WK2 были ограничены. В сентябре 2015 г. сетевой ресурс nasaspaceflight.com сообщил, что Virgin Galactic находится на финальном этапе выбора специально выделенного самолета для LauncherOne (*НК* № 10, 2015, с.56-57).

«Спрос [на рынке легких средств выведения] оказался настолько значительным, что [проект] LauncherOne должен иметь свой собственный [специально] выделенный самолет, – отметил генеральный директор Virgin Galactic Джордж Уайтсайдз (George T. Whitesides). – Поначалу мы хотели максимально увеличить характеристики двигателей серии Newton, которые разрабатываются для LauncherOne. Компания изучала, насколько можно увеличить массу и габариты ракеты в рамках грузоподъемности существующего самолета-носителя. Потом посмотрели вариант замены WK2 другим аппаратом. Компания заключила, что 747-й был бы лучшим выбором для увеличенного в размерах LauncherOne».

Уайтсайдз заявил, что компания выполнила «комплексное обследование всего рынка коммерческих самолетов», обнаружив, что Boeing 747 обладает наилучшим сочетанием стоимости, статистики и развитым потенциалом межполетного обслуживания.

Преимущество нового самолета-носителя заключается в более высокой грузоподъемности, что позволяет существенно нарастить характеристики ракеты. До этого LauncherOne при запуске с WK2 мог бы выводить полезную нагрузку до 100 кг на полярную или солнечно-синхронную (ССО) и 300 кг – на экваториальную орбиту примерно за 10 млн $. Переход на самолет-носитель 747-400 позволил Virgin Galactic увеличить массу, выводимую на ССО, до 300 кг, или на экваториальную орбиту – до 450 кг. И все по той же цене – 10 млн $.

«Таким образом, рынок сказал – а мы услышали и примерно вдвое увеличили полезную нагрузку для наших клиентов без повышения цены, – сообщил г-н Уайтсайдз. – LauncherOne будет готов удовлетворить быстро растущие потребности спутниковых стартапов, космических агентств и научно-исследовательских институтов, благодаря инвестициям, которые уже сделаны в наши двигатели, баки, авионику и производственную инфраструктуру».

Кроме того, переход на Boeing 747-400 означает, что LauncherOne сможет воспользоваться возможностью запуска на полярные орбиты и ССО из точки, отстоящей примерно на 80 км к западу от побережья Лос-Анжелеса, штат Калифорния, и на таком же расстоянии от восточного побережья мыса Канаверал, штат Флорида, для экваториальных миссий. Поднявшись с аэродрома с двумя пилотами и по меньшей мере одним оператором пуска на борту, Cosmic Girl будет в состоянии достичь района воздушного пуска ракеты – «зоны сброса» – через 30 минут после взлета.

Уйдя из-под левой консоли крыла самолета-носителя, LauncherOne запустит двигатель NewtonThree первой ступени, который развивает тягу 73 500 фунтов (33.3 тс) и работает в течение примерно трех минут на топливе «жидкий кислород – керосин». После разделения ступеней включится NewtonFour верхней ступени тягой 5000 фунтов (2.27 тс).

Двигатели NewtonThree и NewtonFour, которые разрабатываются, испытываются и строятся Virgin Galactic, отличаются от ранее созданных NewtonOne и NewtonTwo. Последние сейчас рассматривают в качестве демонстраторов. Они строились на простой вытеснительной схеме, а новые двигатели используют турбонасосы, которые Virgin Galactic разрабатывает в сотрудничестве с фирмой Barber Nichols Inc. (последняя делала ТНА для двигателей Merlin компании SpaceX).

Virgin Galactic сообщила, что 25 сентября 2015 г. провела успешные 20-секундные огневые стендовые испытания (ОСИ) одного двигателя, который будет установлен на первой ступени ракеты воздушного базирования, и протестировала ключевые компоненты двигателя второй ступени. По данным компании, во время ОСИ, проходивших на полигоне в Мохаве, штат Калифорния, удалось получить «высококачественные данные о двигателе во время пуска, работы и безопасного отключения». Компания также проверила газогенератор для двигателя NewtonFour. Он работал более шести минут, что соответствует полной продолжительности функционирования двигателя.

▲ **Огневые испытания двигателя NewtonThree**

Он работает в течение почти шести минут на тех же компонентах. После этого начнется 45-минутная баллистическая пауза, по завершении которой ракета выдаст апогейный импульс, формирующий расчетную орбиту. Обе ступени LauncherOne безопасно упадут в море (последняя будет сведена с орбиты), а самолет-носитель вернется в аэропорт, где может быть подготовлен к следующему полету.

LauncherOne позиционируется в качестве «доступного специализированного средства доставки на орбиту небольших спутников», направленного на удовлетворение потребностей коммерческих и государственных заказчиков, по цене 10 млн $ (6.6 млн фунтов стерлингов). Джордж Уайтсайдз заявил: «Воздушный запуск позволяет нам обеспечить быстрое отзывчивое обслуживание спутниковых клиентов по расписанию, заданному потребностями их бизнеса и операций, а не ограничениями национальных ракетных полигонов. Выбор самолета Boeing 747 обеспечивает… платформу, которая дает нам возможность существенно увеличить полезную нагрузку, выводимую на орбиту без повышения цены». Орбитальные испытания ракеты планируется начать в 2017 г.

«Мы провели много переговоров с потенциальными клиентами», – сказал Уайтсайдз. Кроме июньского (2015 г.) контракта на 39 запусков спутников связи для OneWeb и октябрьского (2015 г.) контракта с NASA в рамках программы агентства Venture Class Launch Services, Virgin Galactic подписала еще пару договоров с клиентами, имена которых не раскрывались. «Я думаю, что мы будем иметь все более и более крупный бизнес по мере того, как будем приближаться к испытательным пускам», – выразил надежду глава фирмы.

Именно по результатам переговоров в ноябре 2015 г. у авиакомпании Virgin Atlantic и был приобретен Boeing 747-400. По иронии судьбы (или по счастливому совпадению), он носит имя Cosmic Girl («Космическая девушка»), однако выбрали его не из-за названия (которое, кстати, было присвоено самолету еще в 2001 г.), а из-за безупречно чистой операционной истории и отличной статистики полетов.

«Джамбо-джет» Cosmic Girl 400-й серии впервые взлетел 29 сентября 2001 г., был поставлен Virgin Atlantic 31 октября 2001 г. и 14 лет (вплоть до 29 октября 2015 г.) летал под регистрационным номером G-VWOW на линии Лондон – Сан-Франциско. Самолет был официально передан Virgin Galactic 12 ноября 2015 г. и перерегистрирован как N744VG.

Сэр Ричард Брэнсон заявил: «Boeing 747 занимает особое место в моем сердце: моя первая авиакомпания Virgin Atlantic начала работу с аренды одного 747-го. Я никогда не думал, что сегодня один из наших 747-х получит второй шанс и поможет открыть доступ в космос. Я абсолютно счастлив, что Cosmic Girl сможет остаться в семье Virgin и по-настоящему соответствовать своему имени».

На заводе в Сан-Антонио Virgin Galactic завершила серию лазерных замеров левой стороны авиалайнера, чтобы получить точную геометрию самолета для проектирования и изготовления пилона для ракеты LauncherOne стартовой массой 25 т. Вскоре Cosmic Girl пройдет техническое обслуживание, известное как Maintenance D. Это наиболее полная и обстоятельная проверка, которую самолет проходит в ходе свой эксплуатации. Он будет практически целиком разобран, осмотрен и отремонтирован с заменой изношенных частей. В ходе такой проверки нередко с обшивки полностью снимается окраска и грунтовка для поиска и идентификации любых признаков внутренних напряжений. Эти операции, как правило, требуют примерно 50 тысяч нормо-часов работы и длятся свыше двух месяцев. Проверки планируется завершить в январе 2016 г.

По словам инженеров компании, 747-400 является «идеальной» стартовой платформой из-за возможности поднимать тяжелые грузы, преодолевать большие расстояния, летать в любую погоду. Самое главное – он может эксплуатироваться на большей части коммерческих аэропортов, в отличие от специализированных самолетов или переделанных бомбардировщиков. Чтобы свести к минимуму изменения конструкции, пилон LauncherOne будет крепиться к опоре, установленной под левой консолью крыла, между фюзеляжем и левым стационарным двигателем. Это место на 747-м предназначено для монтажа пятого двигателя, когда осуществляется транспортировка последнего.

После завершения технического обслуживания Cosmic Girl будет облетан. Изменение конфигурации под РН будет в основном выполнено в 2016 г., после чего самолет доставят на калифорнийскую летную станцию Virgin Galactic в пустыне Мохаве, где в 2017 г. планируется выполнить три испытательных полета.

Основатель Virgin Ричард Брэнсон говорит, что 747-400 может быть превращен также в стартовую площадку для суборбитального ракетоплана SS2. Эти заявления были сделаны уже после того, как сэр Ричард ранее настаивал, что его космическая программа «снова в строю» по окончании расследования фатальной аварии Virgin Galactic, произошедшей 31 октября 2014 г. (*НК* № 12, 2014, с.26-31).

В экипаже Cosmic Girl, когда он поступит в эксплуатацию, смогут работать некоторые из действующих пилотов Virgin Galactic. Уайтсайдз сообщил, что Дэвид Маккей (David Mackay), шеф-пилот компании, и Келли Латимер (Kelly Latimer), бывший летчик-испытатель NASA и ВВС США, поступивший на работу в ноябре 2015 г., имеют опыт работы с 747-м.

Программа суборбитального ракетоплана также понемногу оправляется от катастрофы 2014 г. Джордж Уайтсайдз сказал, что Virgin Galactic завершает сборку второго экземпляра SS2, который заменит потерянный при аварии. Последним крупным элементом конструкции аппарата был установленный в ноябре 2015 г. бак окислителя. Virgin Galactic планирует официально выкатить второй SS2 в начале 2016 г. и начать серию наземных и летных испытаний вскоре после этого.

Одним из первых участников суборбитального полета на ракетоплане может стать 73-летний британский физик Стивен Хокинг. Его уже пригласили на церемонию выкатки второго экземпляра SS2, которая намечена на 19 февраля. Ричард Брэнсон заявил, что попросил Хокинга присутствовать, если тот будет достаточно хорошо себя чувствовать*.

В интервью британской газете The Independent Брэнсон обещал, что именем Хокинга будет назван новый SS2. Первый ракетоплан именовался VSS (Virgin SpaceShip) Enterprise. Самолет-носитель WK2 называется VMS (Virgin MotherShip) Eve в честь Евы Брэнсон, матери основателя Virgin.

Ричард Брэнсон также заявил, что готов исполнить желание Хокинга попасть в космос, если врачи не будут против. «Я нашел у себя единственный бесплатный билет на космический полет Virgin Galactic, которые Ричард никогда не раздавал, – сказал Хокинг во время недавней встречи с клиентами Virgin Galactic в Кембриджском университете. – И, зная немного Ричарда, я могу поверить, что это правда».

Стимулируя развитие суборбитального туризма, власти США пошли навстречу компании Ричарда Брэнсона. Законопроект, принятый Конгрессом 29 сентября 2015 г., продлил до 1 апреля 2016 г. текущее ограничение на права Федеральной авиационной администрации FAA (Federal Aviation Administration) регулировать безопасность людей, совершающих полеты на коммерческих космических аппаратах. Одновременно представители обеих палат готовят другой законопроект, который продлит «льготный период» на еще больший срок. Временное ограничение регулирования призвано дать компаниям, подобным Virgin Galactic, время, чтобы набраться опыта, прежде чем принять правила безопасности, охватывающие «участников полета».

** Девять лет назад Хокинг совершил полет в невесомости на специально оборудованном лайнере Boeing 727 в качестве репетиции будущего полета на Virgin Galactic. Тот рейс не имел каких-либо негативных последствий. «Это было удивительно», – скажет он позже.*

ExoMars готов

22 и 23 декабря научные аппараты миссии ExoMars-2016 – демонстрационный десантный модуль Schiaparelli («Скиапарелли») и орбитальный модуль Trace Gas Orbiter (TGO) совместной европейско – российской научной миссии ExoMars-2016 прибыли на космодром Байконур для подготовки к старту, намеченному на 14 – 25 марта 2016 г.

И. Афанасьев.
«Новости космонавтики»

Миссия ExoMars-2016 предусматривает отправку к Красной планете орбитального и десантного модулей, изготовленных ЕКА и запущенных российской РН «Протон-М» с блоком «Бриз-М». Модуль TGO при помощи европейского и российского научного оборудования (последнее разработано в Институте космических исследований (ИКИ) РАН) будет изучать малые газовые составляющие атмосферы и распределение водяного льда в марсианском грунте, выполняя основную задачу миссии, которая заключается в поиске доказательств наличия метана в газовой оболочке планеты. По замыслу разработчиков, это могло бы подтвердить присутствие жизни либо геологической активности в настоящем или прошлом Марса. Модуль EDM (Entry, Descent and Landing Demonstrator Module) массой 600 кг предназначен для отработки входа в атмосферу, спуска и посадки. Кроме того, «Скиапарелли» проведет научные исследования на поверхности планеты, а TGO будет ретранслировать данные не только с демонстрационного десантного модуля миссии 2016 г., но и с десантного модуля и марсохода миссии 2018 г.

План полета

25 ноября ЕКА и Роскосмос и провели в Канне (Франция) предполетную презентацию научной миссии ExoMars-2016. В мероприятии участвовали заместитель генерального директора Госкорпорации «Роскосмос» Сергей Савельев, генеральный директор ЕКА Йоханн-Дитрих Вёрнер, и.о. генерального директора НПО имени С.А. Лавочкина Сергей Лемешевский и руководитель российского представительства ЕКА Рене Пишель. Специалисты европейской компании-интегратора Thales Alenia Space продемонстрировали собранные в единый блок орбитер TGO и десантный модуль EDM.

Запуск к Марсу с Байконура запланирован в период с 14 по 25 марта 2016 г. Российская сторона не только предоставила средства выведения, но и участвовала в создании научной аппаратуры, установленной на модуле TGO, для изучения газового состава и поверхности планеты с марсианской орбиты.

Согласно расчетам баллистиков, первая фаза миссии займет примерно семь месяцев, с тем чтобы прибыть к Марсу в середине октября 2016 г. С помощью двигательной установки TGO выйдет на орбиту вокруг Красной планеты, чтобы начать пятилетнюю миссию изучения атмосферных газов, потенциально связанных с биологической или геологической активностью. За три дня до этого EDM отделится от орбитального аппарата и самостоятельно войдет в атмосферу на скорости 5.8 км/с. Весь спуск продлится восемь минут.

После аэродинамического торможения и снижения на парашюте включится посадочная двигательная установка, которая затормозит EDM до скорости менее 5 км/ч (1.35 м/с) на высоте около 2 м над поверхностью Равнины Меридиана (Meridiani Planum). Модуль должен доказать работоспособность ключевых европейских технологий, позволяющих выполнить управляемую посадку на Марс: в тот момент, когда посадочный двигатель выключится, удар спускаемого аппарата о поверхность смягчит разрушаемая конструкция.

Комплект научных датчиков EDM будет собирать данные об окружающей среде во время входа в атмосферу и спуска, и его инструменты выполнят измерения на месте посадки. Тем не менее, поскольку «Скиапарелли» в первую очередь служит для демонстрации технологий, необходимых для посадки будущих миссий, научная фаза ограничена: планируется, что модуль проработает на поверхности относительно короткое время, питаясь от аккумуляторной батареи. После истощения заряда EDM станет мишенью для будущих лазерных дальномерных исследований, для чего несет специальный отражатель.

С момента отделения до посадки «Скиапарелли» будет поддерживать связь через TGO, помощь которому окажут другие аппараты ЕКА и NASA, уже работающие на околомарсианской орбите. Впоследствии орбитальный аппарат начнет свою программу обширных научных наблюдений, в то же время выступая в качестве ретранслятора данных для будущих миссий. После выхода на орбиту TGO сначала будет обращаться вокруг Марса по эллипсу, а затем посредством аэродинамического торможения перейдет на круговую орбиту высотой около 400 км.

Перенос даты запуска

24 сентября в Ноордвейке (Нидерланды) на Управляющем совете миссии ExoMars представители Роскосмоса и ЕКА приняли решение о переносе старта миссии ExoMars-2016 с января на март 2016 года. Причиной оказался дефект в двух датчиках давления двигательной установки модуля EDM, который обнаружили летом и не успели устранить.

«В процессе производства преобразователей давления произошел сбой, заставивший нас опасаться утечки, а это представляет серьезную опасность для успешной посадки на Марс, – говорит Дон МакКой (Don McCoy), менеджер проекта ExoMars от ЕКА. – Агентство решило не игнорировать этот риск и снять обе детали с посадочного модуля. Эффект домино привел к невозможности выдержать график подготовки к запуску в январском «окне» – пришлось перейти к резервному мартовскому пусковому «окну». Мы... концентрируем усилия, чтобы выполнить запуск 14 марта».

Датчики не являются частью контура управления, необходимого для посадки, но специалистам предпочтительно иметь все данные для мониторинга системы. Однако чтобы успеть в новое окно*, пришлось отказаться от замены деталей и просто снять их.

Несмотря на дополнительные два с лишним месяца, возникшие из-за сдвижки даты запуска, работа на заводе Thales Alenia в Канне шла в очень напряженном темпе (в три смены). Этап изготовления и испытаний аппаратов миссии ExoMars-2016 г. закончился 10 декабря, после чего из Турина (Италия) на Байконур двумя рейсами Ан-124 доставили сами зонды и более 50 т аппаратуры для окончательной проверки систем на месте.

Уолтер Куньо (Walter Cugno), директор программы ExoMars на Thales Alenia Space, заявил, что при необходимости некоторые завершающие работы могут быть проведены непосредственно в МИКе космодрома, хотя он не предвидит никаких дополнительных технических проблем.

** Европейцы подчеркивают, что дата запуска находится в пределах ранее предложенных планов: второе окно 2016 г. открывается 14-го и закрывается 25 марта. Две стартовые возможности соответствуют двум разным траекториям перелета к Марсу, и аппараты по-прежнему смогут прибыть к цели в октябре, как если бы они были запущены в январе 2016 г.*

Вопросы финансирования и роль России

«Некоторые люди думали, что мы никогда не доберемся до этой точки, – сказал в ходе брифинга по программе ExoMars на заводе Thales Alenia Space директор ЕКА по научным и автоматическим миссиям Алваро Хименес (Alvaro Gimenez). – И это еще не конец истории. Мы должны смотреть дальше – в направлении доставки образцов с Марса. Мы уже изучали российский пример возвратной миссии с [марсианской луны] Фобоса и говорили с NASA о том, что надо сделать для возврата образцов».

Несмотря на то, что правительства некоторых государств – членов ЕКА весьма неохотно финансировали проект ExoMars стоимостью 1.2 млрд евро (1.28 млрд $), миссия, имеющая принципиальное значение для космических исследований в Европе, смогла остаться в графике работ и сохранить дату запуска в 2016 г.

Резервная дата запуска 14–15 марта обеспечена российской РН «Протон-М». Россия является партнером ЕКА по этой программе, предоставляя два носителя для запусков и значительный объем научной аппаратуры для миссии ExoMars-2018.

Вопрос с финансированием, необходимым для второй фазы проекта, по-прежнему не снят. Европейцам не хватает 175 млн евро, а возможно, и больше: все зависит от результатов переговоров с промышленной группой.

В то время как все субподрядчики работают по контракту и никаких задержек в расписании миссии ExoMars-2018 с их стороны не предвидится, контракты на разработку базовых систем с Thales Alenia Space, британским отделением Airbus Defence and Space и германским OHB SE до сих пор не закрыты.

Хименес заявил: если переговоры с промышленностью будут тормозиться и весной, ЕКА попробует прибегнуть к серии небольших контрактов, которые основные подрядчики будут получать для возмещения своих расходов в рамках поддержания графика работ.

Как и в случае с первой фазой, вторая фаза проекта ExoMars, в настоящее время подразумевающая гораздо большее российское участие и создание европейского марсохода, имеет малые запасы времени по графику. Уже ходят слухи о переносе запуска на 2019 год, что означает использование другой траектории полета, чтобы прибыть на Марс в заданное время.

Пока это только разговоры, но они отражают полную драматизма историю проекта ExoMars с того момента, когда он был впервые предложен Италией. Разработка начиналась как миссия демонстрации технологии, которая позволяла бы Европе получить собственный опыт входа в атмосферу другой планеты, спуска и посадки. Постепенно фронт работ расширялся, охватывая значительный научный потенциал, марсоход и комплект аппаратуры. Бюджет удвоился.

Первый этап миссии опирается на орбитальный аппарат, который будет изучать остаточные газы в атмосфере Марса, и на посадочный модуль, который собственно и призван продемонстрировать технологии посадки (в частности, европейский сверхзвуковой парашют), а потом в течение нескольких дней работать на поверхности Красной планеты.

После того, как в 2011 г. NASA сначала уменьшило объем своего участия в программе ExoMars, а затем практически* вышло из нее по ряду объективных обстоятельств, Роскосмос принял предложение ЕКА по поддержке проекта.

«...Речь шла о том, чтобы фактически спасти миссию ExoMars», – отметил на презентации в Канне Сергей Савельев, заместитель главы Роскосмоса. По его словам, Федеральное космическое агентство вошло в проект на определенных условиях: «Первое условие такое: вхождение Роскосмоса в реализацию миссии не будет ограничиваться только предоставлением РН «Протон». Помимо этого, Роскосмос заявил об обязательном участии российских ученых в создании аппаратуры и экспериментах. Еще одним условием стал безусловный равный доступ к результатам научных исследований. Европейские партнеры с пониманием отнеслись к нашим предложениям и одобрили их».

Сергей Валентинович напомнил, что не все руководители одобрили вхождение России в проект: «Скажу честно: были как сторонники участия России в миссии ExoMars, так и скептики. Предлагаю отдать дань светлой памяти ушедшему из жизни Владимиру Поповкину, бывшему в то время руководителем Роскосмоса. Именно он внес личный большой вклад, взял на себя ответственность и, по сути, добился принятия положительного решения по поводу участия России в проекте на государственном уровне».

Соглашение о сотрудничестве в области исследования Марса и других тел Солнечной системы робототехническими средствами между Роскосмосом и ЕКА подписано 14 марта 2013 г. Оно закрепляет участие России в программе ExoMars и подразумевает дальнейшие возможные проекты в области исследований Юпитера и Луны.

Договором предусмотрено полноправное участие российских ученых и инженеров во всех международных научных и техническим группах, создающихся в рамках ExoMars, а также равные права российских и европейских участников проекта на научные данные. Россия участвует в выведении аппаратов в космос и в научной программе обоих этапов проекта, а также создает объединенный с Европой наземный научный комплекс проекта ExoMars для приема и обработки научной информации.

С. В. Савельев заявил, что Федеральное космическое агентство получило необходимые ресурсы для поддержки российского участия в программе: «Проект ExoMars – уникальный пример сотрудничества России и Европы по освоению дальнего космоса в новейшей истории. Уверен, что совместная работа Госкорпорации «Роскосмос» и ЕКА позволит отработать необходимые технологии для продолжения изучения ближайших к Земле планет и космических объектов. Миссия 2016 г. – только первый этап нашего сотрудничества, в будущем Роскосмос и ЕКА намерены реализовать совместные проекты по изучению ближнего и дальнего космоса».

Он отметил, что в ближайшее время готовая орбитальная станция и спускаемый модуль отправятся на космодром Байконур. «Мы уверены, что в марте 2016 г., когда состоится запуск, все мы станем свидетелями старта грандиозного проекта по изучению Красной планеты», – заключил заместитель главы Роскосмоса.

В 2018 г. стартует ExoMars Rover – высокоавтоматизированный шестиколесный вездеход массой около 270 кг. Европейский марсоход будет оснащен комплексом научных и исследовательских приборов Pasteur, в том числе двухметровым буром для изучения марсианского грунта. Предполагается, что он сможет проработать на Красной планете не менее полугода, ежедневно преодолевая по 100 м и проводя исследования грунта и атмосферы Марса и формируя стереокарты. Орбитальный аппарат TGO в этой миссии будет использоваться как ретранслятор для передачи данных от ровера на Землю.

▼ **Орбитальный модуль TGO перегружают в МИКе космодрома Байконур. 25 декабря 2015 г.**

** На спуске к поверхности посадочный модуль будет связываться с Землей через американский транслятор MRO (Mars Reconnaissance Orbiter), принадлежащий NASA. Американцы также предоставят приемо-передающий блок, который позволит наладить связь в дециметровом диапазоне между посадочным модулем и европейским орбитальным аппаратом Mars Express, находящимся на околомарсианской орбите с декабря 2003 г.*

A Goddess on a mountain top
Was burning like a silver flame
The summit of Beauty in love
And Venus was her name

Shocking Blue – 1969

Миссия спасена

«Рассвет» на орбите вокруг Венеры

И. Афанасьев.
«Новости космонавтики»

9 декабря Национальное агентство по научным исследованиям и разработкам Японии NRDA (National Research and Development Agency) и Японское агентство аэрокосмических исследований JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) сообщили, что межпланетная станция «Акацуки» (Akatsuki, あかつき)* успешно выведена на вытянутую орбиту вокруг Венеры. Попытка спасения амбициозной межпланетной миссии, продолжавшаяся пять лет, увенчалась успехом.

Межпланетный метеоспутник

Венеру часто сравнивают с Землей, задохнувшейся от «парникового эффекта»: вторая от Солнца планета очень горяча и окутана смертоносными облаками. В то время как в большинстве известных случаев атмосфера циркулирует гораздо медленнее, чем вращается планета, у Утренней звезды все наоборот: на экваторе Венера поворачивается в темпе пешехода (6 км/ч), атмосфера же кружится вокруг нее с ураганной скоростью – 300 км/ч.

В последний год это небесное тело не имело активно работающих искусственных спутников: орбитальный зонд Venus Express, принадлежащий ЕКА, завершил свою успешную восьмилетнюю миссию в декабре 2014 г.: исчерпав запасы топлива, он выполнил смертельное погружение в густую атмосферу Венеры. Год спустя на орбите вокруг Венеры появился новый земной аппарат.

«Акацуки» – вторая японская миссия к планетам Солнечной системы. Первая – «Нодзоми» (Nozomi) – окончилась аварией: зонд, запущенный в 1998 г. с целью выхода на орбиту вокруг Марса, не смог этого сделать и в 2003 г. был полностью потерян.

«Акацуки»** был запущен носителем H-IIA с космодрома Танэгасима 21 мая 2010 г. и через семь месяцев приблизился к Венере. Вооруженный пятью научными приборами, он должен был выйти на 30-часовую орбиту вокруг Венеры и в течение 2.5 лет изучать строение и динамику атмосферы Венеры и физику облаков. Основной задачей миссии, по словам японских ученых, было разгадать, как эта планета – сестра Земли – стала такой горячей и неблагоприятной для жизни. Кроме проведения комплексных метеорологических исследований, планировалось фотографировать с орбиты молнии и фиксировать извержения вулканов (если они есть).

Аппарат стартовой массой 517.6 кг (из них 196.3 кг – топливо, 34 кг – научное оборудование) выполнен в виде параллелограмма размерами 1.04×1.45×1.40 м и оснащен двумя панелями солнечных батарей (СБ) площадью по 1.4 м^2 каждая, способными вырабатывать около 700 Вт электроэнергии на орбите Венеры к концу срока активного существования.

Изначально большие коррекции и маневр по выводу на орбиту вокруг планеты-цели возлагались на маршевый двигатель тягой 500 Н, впервые выполненный из керамического материала (нитрида кремния) и работающий на топливной паре АТ–НДМГ. Для стабилизация аппарата и разгрузки маховиков предназначались двигатели системы реактивного управления RCS, функционирующие на продуктах разложения монометилгидразина (ММГ): восемь тягой по 23 Н для направленных перемещений (четыре на верхней и четыре на нижней плоскости корпуса) и четыре по 3 Н для вращения вокруг оси Z.

Связь с Землей обеспечивает транспондер X-диапазона мощностью 20 Вт, работающий через антенну диаметром 1.6 м с высоким коэффициентом усиления. Отражатель антенны выполнен плоским, чтобы предотвратить концентрацию тепла на излучателе. «Акацуки» также имеет пару средненаправленных и пару ненаправленных антенн. Первые используются для сброса научных данных, когда остронаправленная антенна не обращена к Земле, последние – для приема телекоманд.

Комплекс научной аппаратуры состоит из шести инструментов. Пять приборов для получения изображений должны исследовать Венеру в длинах волн от ультрафиолета до длинноволновой инфракрасной области:

◆ камера для съемки молний и свечения LAC (Lightning and Airglow Camera) будет искать эти оптические явления в видимом диапазоне от 552 до 777 нм;

◆ ультрафиолетовая камера UVI (Ultraviolet Imager) будет изучать распределение конкретных атмосферных газов, таких как двуокись серы, в ультрафиолетовом диапазоне (293–365 нм);

◆ ИК-камера IR1 (Infrared 1) будет получать изображения теплового излучения, испускаемого поверхностными породами Венеры (0.90–1.01 мкм), и поможет исследователям определить действующие вулканы, если они существуют;

◆ ИК-камера IR2 (Infrared 2) обнаружит тепловое излучение, испускаемое нижними слоями атмосферы (1.65–2.32 мкм);

◆ длинноволновая инфракрасная камера LIR (Longwave Infrared Camera) будет изучать структуру высотных облаков в диапазоне теплового излучения (10 мкм).

Камеры UVI, IR1 и IR2 имеют поле зрения 12×12° и приемную матрицу размером 1024×1024. Камера LIR снимает в поле зрения 12.4×16.4° на матрицу 248×328 элементов. Будучи поисковым устройством, LAC использует всего лишь 8×8 элементов в области 16×16°, но с частотой 32 мкс.

Шестой бортовой прибор, ультрастабильный генератор USO (Ultra-Stable Oscillator), послужит для высокоточных навигационных измерений.

** По-японски «Рассвет». Известна также под техническим наименованием VCO (Venus Climate Orbiter, спутник для изучения климата Венеры) и под проектным обозначением Planet-C.*

*** Бюджет миссии включал сумму, эквивалентную 174 млн $ за КА и 116 млн $ за запуск.*

▲ В заголовке: снимок Венеры, выполненный ультрафиолетовой камерой UVI 7 декабря 2015 г. Дистанция около 72 000 км Руководитель проекта «Акацуки» Масато Накамура рассказывает об успешном выходе станции на орбиту планеты

Ускользающая удача

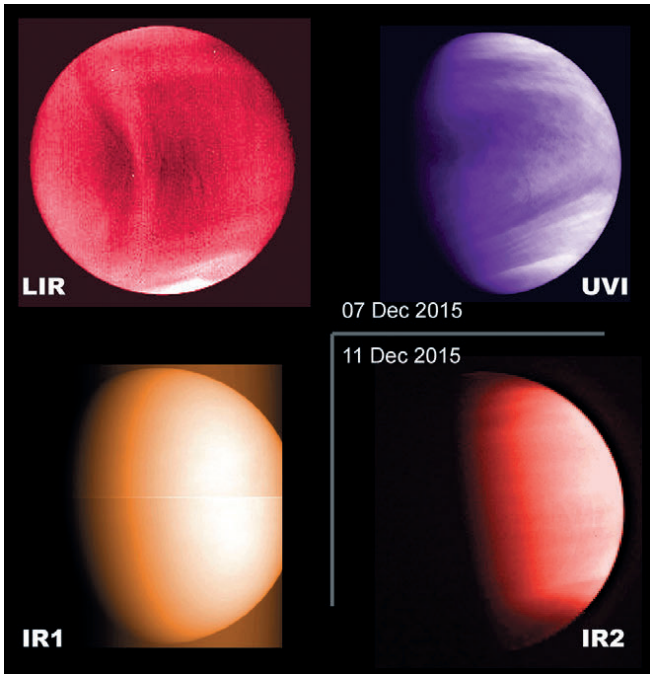
Полет к Венере проходил штатно. 28 июня состоялось пробное включение маршевого двигателя OME на 13 сек с расчетным приращением скорости 11.7 и фактическим 12.1 м/с. 8 и 22 ноября и 1 декабря на двигателях RCS состоялись подлетные коррекции продолжительностью 21, 2.1 и 0.4 сек соответственно.

7 декабря 2010 г. в 08:49 токийского времени маршевый двигатель «Акацуки» должен был включиться на 717.5 секунд, чтобы снизить скорость на 748 м/с и перевести аппарат на орбиту вокруг планеты с перицентром 550 км, апоцентром от 180 до 200 тыс км и периодом обращения четверо земных суток. Позднее планировалось снизить апоцентр до 80 000 км, а период – до 30 часов.

Маневр начался вовремя, включение двигателя было подтверждено, после чего связь пропала – зонд ушел за диск Венеры. Молчание длилось гораздо больше расчетных 21 минуты, связь восстановилась примерно через час. Выяснилось, что сигнал идет только через всенаправленную антенну с низким коэффициентом усиления. Потребовалось еще какое-то время, чтобы определить состояние зонда. Сначала предположили, что неисправно основное остронаправленное «блюдце», но позже специалисты обнаружили, что аппарат стабилизирован закруткой с частотой 10 об/мин и удаляется от Венеры по пролетной траектории, находясь в «безопасном» режиме...

На следующий день JAXA признало, что маневр закончился неудачей. Еще через двое суток на пресс-конференции чиновники агентства сообщили: двигатель нормально проработал лишь 152 секунды и снизил скорость на 135 м/с, а этого было недостаточно, чтобы выйти на орбиту вокруг Венеры. Изучение телеметрии и наземное моделирование показали, что вероятной причиной неисправности могли стать солевые отложения*, возникшие в клапане CV-F между баллоном гелия для наддува и баком горючего. В результате за время работы двигателя расход горючего все время снижался, а соотношение компонентов увеличилось с 0.80 до 1.13. В конце концов из-за избытка окислителя температура скачком выросла – и газы повредили горловину камеры сгорания. Сопловой насадок полностью или частично отломился.

Точные измерения траектории показали, что «Акацуки» находится на гелиоцентрической орбите с перигелием 91.4, афелием 111.0 млн км и периодом обращения 203.2 суток. Исходя из периодов обращения получалось, что следующая встреча зонда с Венерой состоится через шесть лет – в декабре 2016 или январе 2017 г.: за это время аппарат сделает 11 оборотов вокруг Солнца, а Венера – 10.



▲ Первые снимки камерами «Акацуки» с орбиты Венеры

17 апреля 2011 г. аппарат благополучно прошел перигелий. Поток тепла был на 37 % выше номинального, температура бортовых систем поднялась на 30–40°C выше расчетных, и, хотя она оставалась в пределах допустимого, были опасения за исправность научной аппаратуры. Было отмечено ухудшение свойств теплоизоляционных матов, но при последующих прохождениях перигелия скорость деградации снизилась.

Тем временем JAXA планировало повторную операцию по переводу аппарата на околовенерианскую орбиту. 7 и 14 сентября 2011 г. были сделаны кратковременные (на 2 и 5 секунд) тестовые включения маршевого двигателя OME. Он работал, но развивал тягу лишь 40 Н и со значительной боковой составляющей. Использовать двигатель по назначению было невозможно, да и опасно, потому что с каждым новым запуском сопло разрушалось все сильнее.

Остался только один вариант: проводить коррекции и выдавать тормозной импульс с помощью четырех двигателей реактивной системы управления с суммарной тягой 92 Н. Поскольку они не нуждались в окислителе, было решено оставшиеся 65 кг четырехокиси азота слить за борт, чтобы облегчить аппарат. Эта операция была выполнена в три этапа 6, 12 и 13 октября 2011 г.

Коррекция траектории была проведена также в три этапа 1, 10 и 21 ноября 2011 г. с помощью двигателей RCS с приращением скорости 88.6, 90.6 и 63.8 м/с соответственно. Афелий уменьшился на 3 млн км, а новый период составил 199 суток, что сдвинуло повторное сближение с Венерой на 22 ноября 2015 г. После этого команды с Земли погрузили зонд в состояние «спячки», чтобы продлить его жизнь за пределами расчетного 4.5-летнего ресурса.

Зонд достиг наиболее удаленной точки от Венеры 3 октября 2013 г. и после этого с каждым оборотом вокруг Солнца приближался к планете. Тем временем баллистики определили, что не смогут вывести аппарат на орбиту с ретроградным вращением (в одну сторону с вращением самой Венеры и ее атмосферы) без дополнительного маневра. 6 февраля 2015 г. JAXA официально объявило об изменении схемы подлета и о намерении выйти на орбиту 7 декабря 2015 г.

Большая коррекция DV4 была проведена в три этапа – 17, 24 и 31 июля 2015 г. 30 августа аппарат в последний раз прошел перигелий, 11 октября выполнил подлетную коррекцию и нацелился на рандеву с Венерой, а 1 декабря начал наблюдения планеты. Минимальное расстояние до нее на пролете оценивалось в 541 км.

7 декабря 2015 г. в 08:51:29 токийского времени (6 декабря в 23:51:29 UTC) по бортовым часам четыре верхних двигателя RCS были включены на 1233 секунды. Они не предназначались для столь долгой непрерывной работы, но все закончилось благополучно. Выдав заданный импульс 196 м/с, двигатели выключились после 1228 сек работы.

Пока радиосигнал с борта шел к Земле, аппарат развернулся нижней стороной вперед в готовности по команде сделать вторую попытку другой четверкой двигателей. Однако этого не потребовалось: японский космический робот схватил удачу за хвост ровно через пять лет после первой попытки!

Не упустить второй шанс

9 декабря JAXA официально сообщило, что «Акацуки» выведена на желаемую ретроградную орбиту с параметрами:

- наклонение около 3° относительно экватора Венеры;
- высота перицентра около 400 км;
- высота апоцентра около 440 000 км;
- период обращения около 13 суток 14 часов.

Аппарат «находится в добром здравии». Всего через пять часов после тормозного импульса он снял диск Венеры камерой IR1 с расстояния 68 000 км. Еще через полчаса были опробованы камера UVI и LIR. Камеру IR2 задействовали 11 декабря, а аппаратуру LAC и USO планируется включить и проверить в последующие дни. Тестирование научной аппаратуры рассчитано на три месяца.

На 26 марта 2016 г. запланирована последняя коррекция с приращением скорости около 32 м/с для снижения апогея до 310 000–340 000 км и периода до девяти суток. Наклонение орбиты со временем будет расти и через два года достигнет 25°.

Регулярную эксплуатацию аппарата планируется начать в апреле 2016 г. и продолжать в течение двух лет. Несмотря на то, что «Акацуки», по-видимому, все еще сможет достичь большей части своих целей, его миссия будет совсем другой в нескольких ключевых аспектах. Например, он будет наблюдать за Венерой с гораздо большего расстояния, чем в среднем планировалось изначально, и с меньшим разрешением. В связи с этим, возможно, потребуется коррекция научной программы полета.

** По аналогичной причине в топливной системе Mars Observer в 1993 г. возникла утечка паров, уничтожившая этот зонд NASA.*