

2017
01 (408)

**НОВОСТИ
КОСМОНАВТИКИ**

Журнал для профессионалов
и не только

**110 лет
великому
Королёву**



ISSN 1561-1078

9 771561 107002 >

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. Головкин –
заместитель главнокомандующего ВКС –
командующий Космическими войсками,
В. А. Джанибеков –
президент АМКос, летчик-космонавт,
Н. С. Кирдод –
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 –
учредитель ООО ИИД
«Новости космонавтики»

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 13.01.2017

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.

В номере:

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ

1	<i>Красильников А.</i> Запуск «Союза МС-03», или Пегги идет на очередной рекорд
2	<i>Шамсутдинов С.</i> Биографии членов экипажа ТК «Союз МС-03»
3	<i>Красильников А.</i> Олег Новицкий: «На МКС мы работаем вместе, не отвлекаясь на политику»
7	<i>Красильников А., Хохлов А.</i> Полет экипажа МКС-50 Ноябрь 2016 года
13	<i>Лисов И.</i> Трудное возвращение «Шэньчжоу»

ЗАПУСКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

19	<i>Рыжков Е.</i> Еще один «Подсолнух»
21	<i>Афанасьев И., Лисов И.</i> Самый великий из всех великих. Первый пуск CZ-5
33	<i>Лисов И.</i> Китай осваивает навигацию по пульсарам
38	<i>Кучейко А.</i> Пятый спутник сверхдетального наблюдения. Пополнение в группировке DigitalGlobe
43	<i>Лисов И.</i> Гибрид «Фэньюня» и «Хайяна»
44	<i>Афанасьев И.</i> Плюс четыре
46	<i>Кучейко А.</i> GOES-R открывает новую серию
50	<i>Лисов И.</i> Четвертый «Тяньлянь»

СРЕДСТВА ВЫВЕДЕНИЯ

52	<i>Чёрный И.</i> Воронеж будет делать метановый двигатель
----	---

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ СТАНЦИИ

54	<i>Соболев И.</i> VeraColombo и наследство Messenger'a
----	--

ЮБИЛЕИ

58	<i>Красильников А.</i> Владимиру Алексеевичу Соловьёву – 70 лет
----	---

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

62	<i>Афанасьев И., Воронцов Д.</i> Тяжелое начало программы «Союз»
----	--

На обложке: Инженер-подполковник Сергей Павлович Королёв,
Москва, 1945 год

Фото из архива А. В. Глушко

Рассказ о праздновании юбилея главного конструктора
«110 лет великому Королёву» читайте в НК №3, 2017

Запуск «Союза МС-03», или Пегги идет на очередной рекорд

А. Красильников.
«Новости космонавтики»

17 ноября в 23:20:13.099 ДМВ (20:20:13 UTC) с 5-й пусковой установки 1-й площадки космодрома Байконур стартовые расчеты предприятий ракетно-космической промышленности России выполнили пуск ракеты-носителя «Союз-ФГ» (11А511У-ФГ № Р15000-060) с пилотируемым космическим кораблем «Союз МС-03» (11Ф732А48 № 733).

В составе экипажа: командир корабля, бортинженер-4 экспедиций МКС-50/51 – космонавт-испытатель 3-го класса Госкорпорации «Роскосмос» Олег Викторович Новицкий; бортинженер-1 корабля, бортинженер-5 МКС-50/51 – астронавт ЕКА, гражданин Французской Республики Тома Готье Песке; бортинженер-2 корабля, бортинженер-6 МКС-50 и командир МКС-51 – астронавт NASA Пегги Аннетт Уитсон. Позывной экипажа – «Казбеки».

В 23:29:01.509 корабль отделился от третьей ступени «Союза-ФГ» и оказался на орбите с параметрами (по данным Службы баллистико-навигационного обеспечения подмосковного ЦУПа; в скобках – расчетные значения):

- наклонение – 51,66° (51,67±0,06);
- минимальная высота – 200,15 км (200⁺²²);
- максимальная высота – 245,20 км (242±42);
- период обращения – 88,66 мин (88,64±0,37).

В каталоге Стратегического командования США «Союзу МС-03» был присвоен номер **41864** и международное обозначение **2016-070A**. Его полет получил обозначение 49S в графике сборки и эксплуатации МКС.

Стартовая масса корабля равнялась 7218 кг, в том числе: бытовой отсек – 1318 кг, спускаемый аппарат – 2899 кг, топливо в баках комбинированной двигательной установки – 880 кг.

«Союз МС-03» стал 306-м пилотируемым кораблем в мире и 137-м в СССР/России, достигшим околоземной орбиты. Это был также 1464-й орбитальный пуск с космодрома Байконур, 58-й полет «Союза-ФГ», 503-й старт с пусковой установки № 5 и 181-й запуск в рамках программы МКС.

Отметим, что американка Пегги Уитсон отправилась в свой третий космический полет, уже имея рекордный суммарный налет среди женщин (376 сут 17 час 21 мин 28 сек). А поскольку планируемая продолжительность нового полета составляет 179 суток (посадка намечается на 16 мая 2017 г.), то 24 апреля 2017 г. в 05:47:26 UTC Пегги предстоит превзойти рекорд по суммарному налету среди американцев, который пока принадлежит Джеффри Уильямсу (534 сут 02 час 48 мин 41 сек). Кто знает, может Уитсон в будущем замахнется и на абсолютный рекорд Геннадия Падалки (878 сут 11 час 29 мин 48 сек). Правда, Геннадий обещал его улучшить...

Поисково-спасательное обеспечение запуска «Союза МС-03» было организовано Росавиацией при поддержке Министерства обороны РФ. К нему привлекли 120 военнослужащих, три самолета (Ан-12 и Ан-26), шесть вертолетов Ми-8 и десять единиц автотехники повышенной проходимости, включая две поисково-эвакуационные машины. Авиация дежурила на аэродромах Крайний, Юбилейный, Упруг, Караганда, Новосибирск, Горно-Алтайск, Кызыл, Братск, Иркутск, Улан-Удэ, Чита, Хабаровск, Дальнереченск и Николаевка.

Биографии членов экипажа ТК «Союз МС-03»



**Командир ТК
Бортинженер-4 МКС-50/51
Олег Викторович
Новицкий**
526-й космонавт мира
114-й космонавт России

Родился 12 октября 1971 г. в г. Червень Минской области Белорусской ССР. В 1988 г. поступил в Борисоглебское ВВАУЛ, а через год перевелся в Качинское ВВАУЛ, которое окончил в 1994 г. по специальности «Командная тактическая авиация».

В 1994–1995 гг. Новицкий прошел переучивание в Борисоглебском ЦПЛС и до декабря 1995 г. проходил службу летчиком инструкторского истребительного авиаполка Учебного центра имени В.П. Чкалова. С декабря 1995 г. по сентябрь 2004 г. служил летчиком, старшим летчиком, командиром звена, заместителем командира авиационной эскадрильи штурмового авиаполка (ШАП) 4-й воздушной армии и 4-й армии ВВС и ПВО, Северо-Кавказский ВО. Освоил самолеты Л-39 и Су-25. Имеет общий налет более 700 часов. Принимал участие в операциях по наведению конституционного порядка в Чеченской Республике. Имеет звание «Ветеран боевых действий».

С сентября 2004 г. по июнь 2006 г. Новицкий учился на командном факультете ВВА имени Ю. А. Гагарина, затем служил командиром авиаэскадрильи ШАП 4-й армии ВВС и ПВО.

11 октября 2006 г. подполковник Олег Новицкий был отобран кандидатом в космонавты и 6 февраля 2007 г. зачислен в отряд космонавтов РГНИИ ЦПК. 9 июня 2009 г. по окончании ОКП ему была присвоена квалификация «космонавт-испытатель».

С августа 2009 г. Новицкий проходил подготовку в составе группы космонавтов, с октября 2010 г. готовился в составе экипажей. Первый полет на МКС выполнил с 23 октября 2012 г. по 16 марта 2013 г.

В 2015 г. с отличием окончил РАНХиГС при Президенте РФ по специальности «Государственное и муниципальное управление» с присвоением квалификации «магистр».

Герой Российской Федерации, летчик-космонавт РФ, полковник запаса (май 2012 г.) О. В. Новицкий – военный летчик 2-го класса, инструктор ПДП и офицер-водолаз. Он награжден медалями «За участие в боевых действиях», «За воинскую доблесть» II степени, «За отличие в военной службе» III, II и I степени, «За службу в Военно-воздушных силах» и часами «За личное мужество».

Олег Викторович женат на Юлии Владиславовне; у них две дочери: Яна (1996 г.р.) и Маргарита (род. 25.04.2016).



**Бортинженер-1 ТК
Бортинженер-5 МКС-50/51
Тома Готье
Песке**
549-й космонавт мира
10-й космонавт Франции

Родился 27 февраля 1978 г. в г. Руане (Франция). В 1998 г. окончил лицей имени Пьера Корнеля в Руане. В 2001 г. получил степень магистра в области разработки и управления космической техники в Национальном аэрокосмическом институте в Тулузе. Последний год обучения провел в Политехнической школе в г. Монреаль (Канада) по программе обмена студентов. В 2006 г. окончил летную школу и получил лицензию пилота транспортной авиации.

С апреля по сентябрь 2001 г. Песке проходил стажировку в качестве инженера в компании Thales Alenia Space в г. Канн (Франция). С октября 2001 г. работал инженером по динамике космических аппаратов в компании GMV S.A. в Мадриде (Испания), а с 2002 г. по 2004 г. – инженером-исследователем в Национальном центре космических исследований (CNES) Франции. В 2002 г. являлся представителем CNES в Консультативном комитете по космическим информационным системам передачи данных (CCSDS).

В 2004 г., будучи пилотом-любителем, был отобран для подготовки в качестве летчика в авиакомпанию Air France и с 2006 г. работал в ней пилотом авиалайнера Airbus A320. Налетав более 2300 часов на пассажирских самолетах, стал инспектором-инструктором по Airbus A320.

Прошел отбор в астронавты ЕКА в мае 2009 г., в ноябре 2010 г. завершил ОКП. Работал руководителем полета в ЦУПе в Мюнхене (Германия). Кроме того, в Европейском центре астронавтов отвечал за разработку планов по будущей кооперации с новыми партнерами, в частности с коллегами из Китая.

Тома Песке участвовал в тренировках в экстремальных условиях в пещере по программе CAVES, организованных ЕКА, и в экспериментах Seatest 2, проводимых NASA в подводной научной лаборатории Aquarius.

С ноября 2013 г. Песке проходил подготовку в составе дублирующего экипажа МКС-45/46/ЭП-18, затем готовился в дублирующем экипаже МКС-48/49, а с июля 2016 г. – в основном экипаже МКС-50/51. Он впервые отправился в космический полет.

Тома не женат.

Подготовил С. Шамсутдинов



**Бортинженер-2 ТК
Бортинженер-6 МКС-50/51
Командир МКС-50
Пегги Аннетт
Уитсон**
419-й космонавт мира
264-й астронавт США

Родилась 9 февраля 1960 г. в Маунт-Эйр, штат Айова, где в 1978 г. окончила среднюю школу. В 1981 г. получила степень бакалавра наук по биологии и химии в Веслеанском колледже Айовы, а в 1985 г. – степень доктора по биохимии в Университете Райса в Хьюстоне.

До 1986 г. Пегги Уитсон работала в Университете Райса, а затем перешла в Национальный исследовательский совет США с прикомандированием к Космическому центру Джонсона. В 1988–1989 гг. она была супервизором компании KRUG International, выполнявшей в Центре Джонсона подрядные работы по медицине. В 1989–1993 гг. Уитсон работала биохимиком-исследователем в Отделении биомедицинских исследований Центра Джонсона, в период с 1993 по 1996 гг. являлась заместителем начальника отделения.

Одновременно в 1991–1997 гг. Уитсон была адъюнктом при кафедрах медицины, биохимии и генетики Медицинского отделения Университета Техаса в Галвестоне. С 1997 г. она являлась адъюнктом Мейбевской лаборатории биохимической и генетической техники Университета Райса. В 1991–1992 гг. была членом советско-американской рабочей группы по космической биологии и медицине; в 1992–1995 гг. – научным руководителем проекта в программе «Мир-Шаттл», а в 1995–1996 гг. – сопредседателем российско-американской рабочей группы по научной программе полетов. 1 мая 1996 г. Пегги Уитсон была зачислена в отряд астронавтов NASA, в 1996–1998 гг. прошла курс ОКП и получила квалификацию специалиста полета.

Первый космический полет Пегги совершила с 5 июня по 7 декабря 2002 г. в качестве бортинженера-1 экипажа МКС-5 (старт – STS-111, посадка – STS-113). Второй полет – с 10 октября 2007 г. по 19 апреля 2008 г. на ТК «Союз ТМА-11» в качестве командира МКС-16.

Суммарное время пребывания П. Уитсон на орбите составляет 377 суток, что является рекордным показателем среди женщин. Уитсон выполнила шесть выходов в открытый космос общей продолжительностью 39 часов 46 минут.

Пегги Уитсон имеет многочисленные награды, в том числе семь медалей NASA. Она замужем за д-ром Клэрэнсом Ф. Сэмсом.



А. Красильников.
«Новости космонавтики»

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ

Фото О. Урусова

Олег Новицкий: «На МКС мы работаем вместе, не отвлекаясь на политику»

16 ноября в гостинице «Космонавт» города Байконур состоялась предстартовая пресс-конференция основного и дублирующего экипажей пилотируемого корабля «Союз МС-03».

Журналисты поинтересовались: чем является МКС для космонавтов? «МКС – это дом, это место работы, это место для дружбы, это место для демонстрации всему миру, что простые человеческие отношения приводят к огромному результату, – сказал Олег Новицкий. – Мы все там работаем вместе, не отвлекаемся ни на политику, ни на что иное. У нас есть работа, у нас есть отношения, у нас есть дружба. И это замечательное место, чтобы показать это всему миру».

Тома Песке согласен с командиром: «По-моему, МКС – это самый высокий знак международного сотрудничества. Это важно для нас и, я думаю, для всех в мире тоже. Мы должны обратить внимание на это и продолжать наше сотрудничество в будущем».

Пегги Уитсон подчеркнула, что МКС – это потрясающее место для жизни и работы.

▼ Дублирующий экипаж «Союза МС-03», селфи на аэродроме «Крайний»: Паоло Несполи, Федор Юрчихин и Джек Фишер

«Я считаю, мне очень повезло, что у меня есть возможность поработать на борту станции с моими друзьями. И МКС является просто великолепным примером того, какую работу могут делать совместно люди из разных стран мира», – отметила она.

А вот ответ командира дублирующего экипажа Фёдора Юрчихина наверняка заставил всех присутствующих серьезно задуматься. «Много лет назад я говорил, что МКС – это школа, в которую пришли все с разным опытом, но школа взаимного обогащения друг друга. И это замечательный пример того, как люди разных национальностей, разных культур, различных агентств, с разными языками и традициями и многим-многом разным могут совместно работать и совместно делать большую хорошую программу, имя которой – МКС, – сказал Фёдор. – Сегодня во мне уже, наверное, играют такие понятия, как сын своих родителей, муж моей жены, отец моих детей, потому что все чаще и чаще из разных СМИ звучит такое понятие, как третья мировая война. И это достаточно сильно напря-



Эмблема экипажа корабля «Союз МС-03»

Эмблема выполнена в форме классического рыцарского щита, от которого пошла вся геральдика и эмблематика. Ее разработал художник из Нидерландов Люк ван ден Абелен в сотрудничестве с командиром экипажа Олегом Новицким. Госкорпорация «Роскосмос» утвердила ее 28 марта 2016 г.

Согласно геральдическим традициям, эмблема поделена на четыре «поля». В одном из них изображен орел, взятый с герба штата Айова, в котором родилась Пегги Уитсон, в другом – мощный зубр, традиционно символизирующий Белоруссию и напоминающий о месте рождения Олега Новицкого. Изображенный в третьем поле лев является символом Нормандии – региона Франции, где появился на свет Тома Песке. В четвертом поле помещен космический корабль, идущий навстречу стывочной мишени на МКС.

В центре композиции, позади фамилий космонавтов, виднеется заснеженная гора Казбек, поскольку название знаменитой кавказской вершины экипаж выбрал в качестве позывного.

Венчают эмблему флаги стран, граждане которых составили экипаж, название космического корабля и логотип Роскосмоса. – Л.П.



Фото О. Урусова



Фото О. Урусова



Эмблема миссии Proxima

Астронавт ЕКА Тома Песке представил название и эмблему своего полета на МКС 12 ноября 2015 г. Европейская программа получила название «Проксима» (Proxima), продолжив традицию давать миссиям французских космонавтов имена звезд и созвездий. Это название было выбрано из более чем 1300 различных вариантов, предложенных на организованном ранее открытом конкурсе. Победителем стал 13-летний Самюэль Плана (Samuel Planas) из Тулузы.

Проксима Центавра – ближайшая к нам звезда, не считая Солнца, и наиболее логичная цель для первого путешествия за пределы Солнечной системы. Проксима (в переводе с латыни – ближайшая) также символизирует, насколько пилотируемая космонавтика приближена к человечеству.

Треки звезд на логотипе Песке символизируют будущее космических путешествий, а сама эмблема отражает тему исследований за пределами околоземной орбиты. Две стилизованные планеты обозначают Землю и Луну, либо Луну и Марс. Литера X в слове Proxima в центре эмблемы символизирует одноименную звезду. Буква X совпадает с общепринятым обозначением неизвестного («икс»), а также с числом 10, напоминая, что Тома Песке – десятый космонавт Франции. Три черты треков над центром композиции окрашены в цвета французского флага.

Интересно, что в августе 2016 г. ЕКА объявило об открытии экзопланеты, обращаемой вокруг Проксимы Центавра, и Тома отметил в социальной сети Facebook: «Похоже, мы правильно назвали мою миссию! Проксима Центавра должна вскоре стать нашим пунктом назначения». – Л.Р.

гает. И для меня – перед вами, может быть, это громко сказано, но вот последние герои, последний пример того, как люди могут работать вместе, как люди могут вместе делать одно и то же дело. Посмотрите, здесь сидят представители четырех стран (Россия, США, Франция и Италия. – А.К.). А сколько стран работает на МКС! А сколько разных людей на Земле работают по линии этой программы! Мы никогда об этом не забываем. Поэтому для меня и, я надеюсь, для моих товарищей это сегодня такая задача – показать нашим политикам, что можно жить по-другому».

Тем молодым девушкам, которые захотят пойти по ее стопам, Пегги Уитсон советует стремиться к своей мечте. «Я считаю, что основным моментом все-таки является стремление молодых поколений к достижению целей на своем жизненном пути. Каждый из нас должен стремиться к тому, чтобы сделать вещи лучше. И не просто на каком-то нормальном уровне или на таком уровне, на котором нам комфортно делать, а лучше...» – пояснила она.

Тома признался, что даже сейчас он до конца не верит в то, что скоро начнется его первый космический полет. «Я сейчас очень волнуюсь, сидя здесь перед всеми вами за стеклом. На самом деле, я знаю, что ракета и корабль готовы и что экипаж готов. И единственное, чего я хочу, – это почувствовать те перегрузки, хочу взлететь на этой ракете, хочу насладиться теми потрясающими моментами в космосе», – выразил он свои эмоции.

Француз рассказал, что они хорошие друзья с датчанином Андреасом Могенсенем,

которого он дублировал в прошлом году. «Он мне сразу позвонил, как только прилетел на МКС, и я его спросил, как прошли двое суток на корабле. Он ответил, что это были, наверное, два самых длинных дня в его жизни. Но у меня нет выбора, мне придется принять это как должное и провести два дня в «Союзе», – поведал Песке. – Я приготовил различные развлечения для моих коллег, поэтому постараюсь сделать все возможное, чтобы им было весело. Также я буду сфокусирован на выполнении динамических операций и маневров, наслаждаться видами Земли с борта «Союза» и предстоящей стыковкой».

Среди научных экспериментов, которые планируется выполнять на МКС в предстоящей экспедиции, Уитсон выделила совместный российско-американский Fluids Shift («Перемещение жидкостей»), направленный на изучение движения жидкостей в организме человека в невесомости. Кроме того, ей будут интересны эксперименты, связанные с ее профильным образованием, к примеру, по выращиванию стволовых клеток и размножению бактерий и микроорганизмов.

В ходе пресс-конференции дали слово чрезвычайно и полномочному послу Республики Беларусь в Республике Казахстан Анатолию Ничкасову. «Дорогие друзья, мне чрезвычайно приятно представлять сегодня Республику Беларусь и выполнить почетную миссию. Дело в том, что Олег Викторович Новицкий является уроженцем Республики Беларусь. Несколько дней назад ему был вручен флаг нашей Республики в посольстве



Фото С. Сергеева



Фото О. Урусова



Фото О. Урусова

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ

▲ В зале госкомиссии 16 ноября: Игорь Владимирович Бармин, Рано Фрузевна Джураева, Александр Николаевич Кирилин и Валерий Алексеевич Капитонов

в Москве, – рассказал посл. – А сегодня я прочитаю послание главы нашего государства персонально ему и всему экипажу. «Уважаемый Олег Викторович, выражаю особую признательность за то, что в такой ответственный момент, как подготовка к старту космического корабля, Вы не забываете о своих корнях, о Беларуси, чей флаг отправится в космос вместе с Вами. Где бы Вы ни находились, всегда помните, что Родина гордится достойным сыном героического и

трудолюбивого белорусского народа. Желаю Вам и Вашим коллегам успехов в выполнении важной миссии, благополучного возвращения на Землю. С уважением, Александр Лукашенко». Позвольте мне передать это послание вам».

В ответ Новицкий выразил благодарность от себя лично и от всего экипажа: «Действительно, очень приятно, что Александр Григорьевич нашел время обратить внимание на своих таких далеких землячков, которые корнями из Беларуси, но пока мы живем и трудимся в Российской Федерации. Это очень приятно и стоит очень дорогого. Спасибо!»

Олег рассказал, что он выбрал позывной «Казбек» в связи с тем, что длительное время служил на Северном Кавказе, летая в горах. «Высота Казбека – вторая по величине из всего Кавказского хребта. И на протяжении всей своей службы у меня там осталось очень много друзей и товарищей. И хочется привнести какую-то хорошую память на долгие годы», – объяснил он.

Тома Песке возьмет с собой в полет небольшой кусочек найденного в пустыне марсианского метеорита, чтобы потом вернуть его на Землю и в будущем отправить с ровером на Марс.

Пегги с нетерпением ждет того момента, когда ей представится возможность прилететь в Обзорный модуль Cupola, взглянуть с борта МКС на Землю и насладиться потрясающими видами. «Не могу сказать, что буду так уж скучать по Земле, по родным и близким. Нет, конечно, я буду скучать, но сейчас у нас есть огромные возможности, чтобы поддерживать с ними связь. У нас есть IP-телефония, и мы каждый день проводим конференции с семьями. Мы не чувствуем недостатка внимания на борту МКС. И, наверное, основное, чего мне будет не хватать на станции, это разнообразия еды», – призналась американка.

На это Песке сразу же добавил: «Но у нас будет французская еда. Я буду готовить новогодний ужин – это моя главная задача. Пегги будет готовить стол для празднования Рождества, Шейн (Кимброу. – А.К.) – на День благодарения, а Олег... будет все пробовать. Вот такой у нас план для того, чтобы все было хорошо».

Кстати, французскую еду для экипажа МКС приготовили известные шеф-повара – обладатель трех звезд «Мишлен» Ален Дюкасс и лауреат двух звезд «Мишлен» Тьерри Маркс, также удостоенный звания «Лучший шеф Франции».

В меню вошли 30 блюд, среди которых – бретонский омлет, телячьи щечки по-бургундски, говяжий язык «лукулла», томленое куриное филе в соусе из сморчков в желтом вине, лимонный мусс и три вида пряников.

Журналисты поинтересовались у Фёдора: каково это – быть дублером? «Дублером быть замечательно, потому что у дублеров впереди есть надежда, – ответил он. – У ребят (основной экипаж. – А.К.) уже надежды нет, им идти в путь. И воспользуюсь моментом: еще раз пожелаю им удачного старта. У каждого из них на руках замечательные часы. И вы можете спросить – они до секунды вам ответят, сколько осталось до старта. (Тома посмотрел на часы: «Один день, семь часов, двадцать девять минут, семь секунд».) У нас такого времени на часах нет. Этим самым мы и отличаемся от них».

Джек Фишер заверил, что его подготовка с Юрчихиным к полету на МКС в марте 2017 г. существенно не изменилась после принятия ГК «Роскосмос» решения о сокращении российской части экипажа станции с трех до двух человек. «Мы очень много времени тренировались с Фёдором в качестве командира и бортинженера, поэтому существенных изменений в плане подготовки по кораблю не будет. К сожалению, Паоло (Несполи. – А.К.) не отправится с нами на МКС со своими длинными руками, которые на самом деле играли важную роль для нас, потому что могли доставать до различных клапанов. Теперь же нам каким-то образом придется делать это самостоятельно», – признал американец.

Резвая стыковка

Первоначально запуск «Союза МС-03» был намечен на 16 ноября в 00:05 ДМВ с обеспечением полета к МКС по четырехвитковой схеме сближения. Однако затем возникла необходимость перейти на двухсуточную схему сближения, поэтому в середине октября с учетом баллистических условий старт корабля перенесли на 17 ноября в 23:20.

(На следующий год РКК «Энергия» предложила Роскосмосу использовать четырехвитковую схему сближения для пилотируемых «Союзов» и двухсуточную – для грузовых «Прогрессов». В случае одобрения этого предложения даты пилотируемых запусков придется подкорректировать, потому что на данный момент они стоят в графике с расчетом на двухсуточную схему.)

В ночь на 18 ноября после выхода на орбиту на «Союзе МС-03» штатно раскрылись



Фото С. Сергеева

«Казбеки» в «Белых медведях»

В день старта из-за холодной погоды «Казбеки» после облачения в аварийно-спасательные скафандры «Сокол-КВ-2» надели поверх них белые теплозащитные комбинезоны. Впервые они использовались экипажем корабля «Союз ТМА-07М» в декабре 2012 г. (НК № 2, 2013, с.22).

«Неофициальное название костюмов, разработанных НПП «Звезда» при участии специалистов ЦПК имени Гагарина, – «Белый медведь». В этом костюме космонавты будут чувствовать себя комфортно даже при температуре минус 40°С, – сказал ведущий специалист по подготовке космонавтов по системам жизнеобеспечения пилотируемых кораблей в ЦПК Дмитрий Гайдуков. – Еще одной его особенностью является то, что он быстросъемный и быстронадевающийся. То есть космонавту не нужно прилагать много усилий, чтобы его снять перед входом в транспортный пилотируемый корабль. Достаточно лишь отстегнуть его переднюю часть, которая крепится на лигучках и крючках, и из него можно свободно выйти».



Фото С. Сергеева

антенны и панели солнечных батарей, штанга стыковочного механизма выдвинулась в исходное положение, были протестированы система управления движением и навигации, система сближения «Курс-НА», телевизионная система и ручное управление.

На 3-м и 4-м витках полета корабль с использованием сближающе-корректирующего двигателя осуществил двухимпульсный маневр. Двигатель запустился в 03:06:20 (продолжительность работы – 88.2 сек, величина импульса – 35.61 м/с) и в 03:50:30 (64.2 сек, 26.05 м/с). После маневра «Союз МС-03» очутился на орбите наклонением 51.66°, высотой 315.99×334.87 км и периодом обращения 90.80 мин.

На 14-м витке не удалось построить тестовую ориентацию в орбитальной системе координат с помощью двигателей причаливания и ориентации (ДПО) «среднего пояса» вследствие аварии датчиков угловых скоростей. На 16-м витке эту ориентацию построили с использованием штатных «кормовых» двигателей ДПО. (А то, что не получилось на 14-м витке, теперь придется повторять на «Союзе МС-04», поэтому его полет к МКС также будет осуществляться по двухсуточной схеме.)

19 ноября на 17-м витке в 00:18:59 с помощью «кормовых» двигателей ДПО была проведена коррекция (14 сек, 0.98 м/с). В результате корабль перешел на орбиту наклонением 51.66°, высотой 317.55×334.98 км и периодом обращения 90.84 мин.

Точку прицеливания выбрали за 30 мин до пересечения экватора на 102 920-м витке станции. Маневры для выхода в эту точку были проведены на 32-м и 33-м витке 19 ноября в 23:02:39 и 23:46:39 ДМВ с приращениями скоростей 14.06 и 24.18 м/с соответственно. Орбита корабля поднялась до 372.5×418.6 км.

В ночь на 20 ноября «Союз МС-03» начал автономное сближение со станцией.

– Наблюдаем большие скачки по дальности и по скорости на «Курсе», – доложил Олег в 00:34 незадолго до начала облета МКС.

– Да, мы ожидали такой процесс, все должно идти нормально, – ответил ЦУП-М.

Напомним, что экипаж и «Земля» получают телевизионное изображение приближающейся станции с корабельной камеры. На данную картинку накладывается формат с параметрами сближения. Вот на этом формате сейчас и скакали величины дальности и скорости, поступающие от радиотехнической системы сближения «Курс-НА». Вдобавок к этому было видно, что изображение МКС перемещается туда-сюда. Иными словами, «Союз» водил носом...

– Есть перемещение станции по рыскаю влево и вправо, – проинформировал Новицкий об этом же.

– Мы наблюдаем продолжение колебаний, вызванных флуктуациями сигналов [«Курса»]. Процесс должен пройти автоматически на протяжении всего участка сближения. И даже при причаливании возможен подобный переходный процесс. Будем продолжать контролировать, – объяснила «Земля».

– Вас понял.

– Но мы находимся в «трубке» [допусков], все нормально.

После начала облета станции на дальности 340 м Олег сообщил о кратковременных пропаданиях обобщенной готовности системы ориентации. Несмотря на то, что корабль интенсивно «водил носом», ЦУП-М казался абсолютно спокойным.

– Все идет нормально. Облет продолжается. Потихонечку выходим на ось стыковочного узла [Малого исследовательского модуля «Рассвет»], – донеслось с Земли.

Но тут «Союз» на мгновение потерял МКС из поля зрения телекамеры...

– Есть уход станции вправо, – доложил Новицкий.

– Наблюдаем, ждите указаний... Ждем возвращение узла в центр [экрана]. Судя по углам пеленга, облет продолжается и проходит успешно. Потихонечку выходим на ось узла.

– Продолжаются колебания. Пропала дальность и скорость от «Курса».

– Да, наблюдаем, ждем восстановления... Так, немножечко установился процесс.

Наконец, корабль выполнил зависание примерно в 200 м от модуля «Рассвет». ЦУП-М дал указание «Казбекам» выдать команду, разрешающую «Союзу» начать автоматический процесс причаливания к станции.

– У нас чего-то пульт ИНПУ-1 медленно думает, – констатировал Олег.

– Понял вас. Ждем выдachi команды. Не торопитесь, – успокоил голос с Земли.

– Олег, имей в виду, такая свистопляска еще будет где-то на 40 м. Тут в общем надо смотреть, – вклинился в разговор руководитель полета Российского сегмента МКС Владимир Соловьёв.

– Понял. Так, команда выдана, прошла... Очень плохая ситуация с солнышком. Получается, в периферийные окна Солнце светит прямо в глаз.

– В [визире] ВСК? – уточняет ЦУП-М.

– Да.

– Тогда можете по камере пока контролировать. Солнышко должно скоро пропасть с периферии.

– По ней неудобно определять дальность. Тем временем на орбите наступает тень.

– По ВСК стало проще смотреть? Солнце ушло с периферии? – интересуется «Земля».

– Нет, светит в глаз.

В 00:58:12 «Союз МС-03» причалил к модулю «Рассвет». В это время МКС находилась на орбите наклонением 51.66°, высотой 404.14×420.24 км и периодом обращения 92.62 мин. Масса комплекса после стыковки составила 412 054 кг.

– Все, Олег, можешь передохнуть чуть-чуть. Надо сказать, что очень резвая была у нас эта стыковка. Прямо скажем, – признался Соловьёв.

– Согласен.



Фото НАСА

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

Полет экипажа МКС-50

Ноябрь 2016 года

ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ

Экипаж МКС-50:

Командир – Шейн Кимброу
Бортинженер-1 – Сергей Рыжиков
Бортинженер-2 – Андрей Борисенко
Бортинженер-3 – Олег Новицкий (с 19 ноября)
Бортинженер-5 – Тома Песке (с 19 ноября)
Бортинженер-6 – Пегги Уитсон (с 19 ноября)

В составе станции на 01.11.2016:

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»	BEAM
Node 2 Harmony	«Союз МС-02»
АРМ Columbus	«Прогресс МС-03»
JPM Kibo	Cygnus (ОА-5)

Акселерометр не выдержал ускорения

2 ноября в 03:22:00 UTC на 102643-м витке полета с использованием двух корректирующих двигателей Служебного модуля «Звезда» была осуществлена коррекция орбиты МКС. Двигатели проработали 96 сек вместо 90 сек по заданию и выдали импульс величиной 1.5 м/с. В результате станция перешла на орбиту наклонением 51.66°, высотой 401.7×425.8 км и периодом обращения 92.63 мин.

Величина импульса получилась на 7% больше предполагавшейся (1.4 м/с). Специалисты считают, что причиной этого стали: во-первых, более высокая тяга корректирующих двигателей, чем та, которая использовалась в расчетах; во-вторых, маленькая задержка в измерении и вычислении достигнутого приращения скорости. Кроме того, за 16 сек до планируемого времени выключения корректирующих двигателей подмосковный ЦУП зафиксировал отказ американского акселерометра, который используется бортовой вычислительной системой российского сегмента для определения времени выключения двигателей по достижении заданного приращения скорости.

Как бы там ни было, но превышение импульса не отразилось на обеспечении баллистических условий для запусков к МКС пилотируемого корабля «Союз МС-03» (17 ноября) и грузового корабля «Прогресс МС-04» (1 декабря).

Аппаратуру RapidScat отправили на покой

В ноябре Сергей Рыжиков в рамках эксперимента «Визир» (экспериментальная отработка системы координатной привязки фотоизображений с использованием ультразвуковых датчиков) с помощью системы СКПФ-У через иллюминатор №6 модуля

«Звезда» провел наблюдение американских городов Сакраменто и Финикс.

7 ноября в ходе американо-российского эксперимента EarthKAM он установил на иллюминаторе нижнего люка Узлового модуля Harmony с использованием универсального кронштейна цифровой фотоаппарат Nikon D2X и лэптоп SSC для автоматической фотосъемки земной поверхности по заявкам школьников и студентов. 9 ноября Сергей заменил 50 мм объектив фотоаппарата на 180 мм, а 12 ноября по окончании очередной сессии эксперимента демонтировал оборудование и уложил его на хранение.

2 ноября Шейн Кимброу сменил жесткий диск в лэптопе и дифракционную решетку на оборудовании Meteor, расположенном на рабочей стойке WORF над нижним иллюминатором Лабораторного модуля Destiny и предназначенном для исследования физических и химических свойств метеорных пылевых частиц. Неделю спустя он снова заменил жесткий диск.

10 ноября UrtheCast Уэйд Ларсон (Wade Larson), глава канадской компании UrtheCast, которая владеет камерами среднего и высокого разрешения, установленными снаружи модуля «Звезда», сообщил, что фирма понесет расходы из-за обесценивания актива в размере 7.8 млн \$. Это связано с напряженными отношениями между Россией и США и их союзниками, которые отразились на соглашении между компанией UrtheCast, Госкорпорацией «Роскосмос» и РКК «Энергия». Российская сторона требует пересмотра контракта начиная с 1 января 2017 г.

«Были некоторые геополитические проблемы, которые повлияли на наши отношения, а также, честно говоря, на нашу способность оперативно задавать работу нашим камерам», – признался Ларсон.

28 ноября NASA объявило о прекращении работы радиолокационного рефлекто-

метра RapidScat, который с конца сентября 2014 г. находился на внешней платформе EPF европейского Лабораторного модуля Columbus и использовался для измерения скорости и направления океанских ветров.

Напомним, что 19 августа в оборудовании RapidScat произошло короткое замыкание, которое привело к отключению блока распределения питания PDU-1 в модуле Columbus (НК №10, 2016, с.9). Попыт-

Первый российский 3D-принтер привезут на станцию через два года.

«В соответствии с планом в конце 2018 г. – отправка на МКС. Но до этого мы должны отработать все режимы, научить людей работать, – рассказал 10 ноября директор Института физики прочности и материаловедения (ИФПМ) Сибирского отделения РАН, профессор Томского политехнического университета (ТПУ) Сергей Псахье. – Если при 3D-печати на Земле можно включить мощную производственную вытяжку, систему фильтров, которая обезопасит персонал, то, когда то же самое происходит в замкнутом объеме космического пилотируемого аппарата, нам очень важно убедиться в том, что космонавты защищены».

Принтер разработан в рамках эксперимента «3D-печать» специалистами ТПУ, ИФПМ, Сколковского института науки и технологий («Сколтех») и РКК «Энергия». Сейчас уже собран действующий макет принтера.

«То, что в 2018 г. будет реализовано в качестве космического эксперимента, после 2020 г. пойдет в качестве штатной системы для наших лунных и марсианских комплексов», – добавил С.Г. Псахье.

На начальном этапе при печати предполагается использовать полимерный материал.

Напомним, что на МКС уже прошли испытания два 3D-принтера американской компании Made in Space и 3D-принтер Итальянского космического агентства ASI.



ки решить эту проблему были безуспешны (НК № 12, 2016, с.21-22). Стоит отметить, что перебои с питанием инструмента начались еще в августе 2015 г.

В 2017–2018 гг. отказавший RapidScat планируется с помощью дистанционного манипулятора SSRMS перенести в негерметичный отсек грузового корабля Dragon (полет SpX-13) для удаления со станции.

Изучаем адаптацию мышц и сухожилий к невесомости

В ноябре в рамках эксперимента «Альгометрия» (комплексное исследование изменений порога болевой чувствительности в длительном космическом полете) Сергей Рыжиков и Андрей Борисенко проводили измерения в режиме тензо- и термоальгометрии три раза в день – после завтрака, обеда и ужина.

В интересах эксперимента «Взаимодействие-2» (изучение закономерностей поведения экипажа в длительном космическом полете) они заполняли опросники и записывали результаты на карту памяти ноутбука RSE-Med. Другой опросник под названием «Социальная карта» заполнялся для эксперимента «Контент» (дистанционный мониторинг психофизиологического состояния космонавтов, а также внутригруппового и межгруппового взаимодействия на основе количественного анализа деятельности экипажа по связи с ЦУП-М).

В ходе исследования «Дан» (взаимосвязь между изменением давления в сонной артерии и переменами в чувствительности центрального дыхательного механизма) россияне определяли время задержки дыхания на выдохе и вдохе при нахождении в пневмовакуумном костюме «Чибис-М», при этом они снимали электрокардиограмму и измеряли артериальное давление с использованием комплекса «Гамма-1М».

7 ноября Сергей в рамках исследования «Матрешка-Р» (радиационная обстановка на трассе полета и на борту МКС) инициировал пузырьковые детекторы «аббл-дозиметр».

Часть из них он разместил на экспонирование в российских модулях, а другую часть передал Шейну для установки в модуле Destiny. Спустя неделю Рыжиков и Кимброу собрали детекторы и считали с них показания.

В интересах эксперимента «Пилот-Т» Сергей и Андрей тестировали надежность профессиональной деятельности космонавта в длительном космическом полете с помощью ноутбука RSE-Med и комплекса «Нейролаб-2010».

В эксперименте «Биокард» (изучение механизма перестройки в электрофизиологии сердца при воздействии отрицательного давления на нижнюю часть тела в условиях длительной микрогравитации) космонавты регистрировали электрокардиограмму в двенадцати отведениях с использованием комплекса «Гамма-1М» и измеряли артериальное давление сфигмоманометром «Тензоплюс» при нахождении в костюме «Чибис-М».

В середине месяца Рыжиков и Борисенко в ходе исследования БИМС (процессы информационного обеспечения медицинского сопровождения полета с использованием телемедицинского оборудования) изучали и снимали на видео зубные ряды в соответствии с зубной картой и с помощью телемедицинского бортового стоматологического комплекта ТБК-1С.

В рамках МОРЭЭ (мониторинг обмена веществ и его регуляции, динамики защитных систем организма и экологических факторов во время космического полета) россияне регистрировали в бортовом журнале прием жидкости, пищи и медицинских препаратов после завтрака, обеда и ужина, проводили психофизиологические обследования и биомепеданометрию прибором «Спрут-2».

В интересах эксперимента «Удод» изучалась возможность коррекции гемодинамических изменений в невесомости с помощью отрицательного давления на вдохе. Работа по «Кардиовектору» (получение новой начальной информации о роли правых и левых отделов сердца и системы кровообращения

в условиях длительного полета) состояла в измерениях с использованием одноименной аппаратуры и сфигноманометра «Тензоплюс». При этом сигналы автоматически регистрировались и записывались в бортовом ноутбуке RSE-Med.

Для эксперимента «Космокард» (влияние факторов космического полета на электрофизиологические характеристики миокарда и на их связь с процессами вегетативной регуляции кровообращения) в течение суток записывалась электрокардиограмма.

Во второй половине ноября Сергей Рыжиков при содействии Пегги Уитсон осуществил российский-американский эксперимент Fluid Shifts («Перемещение жидкостей») по изучению механизмов регуляции распределения жидких сред в организме и их влияния на изменения внутричерепного давления и функции зрительного анализатора в условиях длительного космического полета и воздействия отрицательного давления на нижнюю часть тела. 22 ноября он с целью исследования пространственного разделения жидкостей взял пробы воды из бортовой кухни, своей слюны, мочи и крови, а также принял радиоизотопный маркер. Пробы уложили в морозильник MELFI.

23 ноября Сергей и Пегги проверили функционирование прибора ССФР, привезенного на корабле «Союз МС-03». На следующий день Уитсон помогла Рыжикову провести обследование с помощью ультразвуковой аппаратуры Ultrasound-2, определить давление церебральной и кохлеарной жидкостей прибором ССФР и внутричерепное давление неинвазивным методом отоакустической эмиссии на частоте продуктов искажения аппаратурой DPOAE, сделать оптическую когерентную томографию для исследования строения глаза системой ОСТ и измерить артериальное давление аппаратурой CardioLab Holter и тонометром.

Кстати, американские ученые на основе полученных результатов эксперимента Fluid Shifts уже сделали вывод, что причи-

ной ухудшения зрения астронавтов во время длительного космического полета является нарушение в «круговороте» спинномозговой жидкости и деформация глазного яблока.

В интересах эксперимента «Нейроиммунитет» (получение научных данных о воздействии стрессоров различного генеза на систему иммунитета до, во время и после космического полета) россияне в течение суток записывали электрокардиограмму прибором «Космокард», брали пробы волос и слюны и выполняли психологическое тестирование.

В рамках эксперимента «Коррекция» (исследование эффективности фармакологической коррекции минерального обмена в условиях длительного воздействия микрогравитации) в бортовом журнале регистрировался прием жидкости, пищи и медицинских препаратов после завтрака, обеда и ужина, а также брались пробы венозной крови, обрабатывались на центрифуге «Плазма-03» и укладывались в морозильник MELFI.

Эксперимент «Мотокард» по изучению механизмов сенсомоторной координации в невесомости осуществлялся на бегущей дорожке БД-2 в модуле «Звезда» с помощью комплекса «Миограф».

Эксперимент «Спланх» (получение данных, отражающих специфику изменений различных отделов желудочно-кишечного тракта, которые возникают в условиях космического полета) подразумевал запись электрогастроэнтерографии с использованием прибора «Спланхограф».

В конце месяца Сергей Рыжиков и Тома Песке начали российско-американо-европейский эксперимент «Сарколаб» (изучение воздействия невесомости на мышцы и сухожилия человека) с помощью тренажера-динамометра MARES в модуле Columbus. Они выполняли упражнения, использовали систему мышечной электростимуляции PEMS и проводили ультразвуковое исследование икроножной мышцы, голеностопа и колена.

3 ноября Кимброу в течение суток собирал образцы мочи для экспериментов Biochemical Profile и Repository. Первый эксперимент определяет биомаркеры здоровья во время космического полета, а второй накапливает банк биоданных астронавтов за время длительных полетов. На следующий день он продолжил сбор мочи и взял образец крови, а 25 ноября повторил сбор биообразцов.

7 ноября Шейн заполнил анкету канадского эксперимента At Home in Space Questionnaire, изучающего психосоциальную адаптацию многонациональных экипажей во время длительных полетов. 15 ноября он обновил программное обеспечение (ПО) ноутбука медицинской стойки HRF-1, но после этого специалисты хьюстонского ЦУПа обнаружили некоторые проблемы совместимости с ПО самой стойки. 16–17 ноября Кимброу обновил ПО компьютеров стоек HRF-2 и HRF-3.

21 и 23 ноября Песке и Уитсон взяли первые образцы своей крови и выдыхаемой микрофлоры для канадского эксперимента Marrow, наблюдающего за воздействием микрогравитации на костный мозг человека. В тот же день они выполнили интерактивные задачи на планшетном компьютере iPad в интересах эксперимента Fine Motor Skills, изучающего воздействие невесомости на мелкую моторику человека.



▲ Сергей Рыжиков выполняет эксперимент «Удод»

30 ноября экипаж провел тренировку по оказанию экстренной медицинской помощи на МКС.

Потеряли новую центрифугу

В ноябре Борисенко в рамках эксперимента «Электронный нос» (исследование развития бактериальной и грибной микрофлоры на поверхностях материалов в условиях космического полета) с помощью портативной газовой сенсорной системы E-Nose проводил измерения в модуле «Звезда»: на поверхностях обеденного стола, зеркала в каюте, потолка в туалете, крышки контейнера бытовых отходов и воронки мочеприемника, за панелями интерьера.

2 ноября Кимброу проредил в оранжевое Veggie ростки красного салата латука, оставив самые сильные и рослые, и полил корневые подушки. 8 ноября он сфотографировал салат и проверил состояние оранжежей. В течение месяца Шейн регулярно поливал растения.

«В первую неделю жизни маленькая рассада получала слишком много воды, – сказала руководитель эксперимента Николь Дюфор (Nicole Dufour). – Это несколько замедлило ее рост, но она выздоровела после того, как мы посоветовали Кимброу использовать вентилятор, чтобы убрать влажность».

24 ноября в японском Эксперименталь-

ном модуле Kibo астронавты должны были заменить центрифугу в стойке по клеточной биологии CBEF, однако сумка с новой центрифугой... потерялась на станции!

«Казбеки» прибыли

7 ноября в рамках подготовки к стыковке пилотируемого корабля «Союз МС-03» с «Казбеками» (Олег Новицкий, Тома Песке и Пегги Уитсон) был протестирован канал передачи телевизионного сигнала в стандарте MPEG-2 через американские средства связи. На следующий день «Земля» проверила функционирование аппаратуры радиотехнической системы сближения «Курс-П» Функционально-грузового блока «Заря» со стороны Малого исследовательского модуля «Рассвет».

19 ноября в 21:58:12 UTC «Союз МС-03» причалил к модулю «Рассвет». После контроля герметичности 20 ноября в 00:40:31 были открыты переходные люки между кораблем и станцией, на стык установили быстроразъемные винтовые зажимы. «Фаворы» (Сергей Рыжиков, Андрей Борисенко и Шейн Кимброу) проинструктировали «Казбеков» по безопасности после стыковки. Аварийно-спасательные скафандры «Сокол-КВ-2» и их перчатки были высушены и уложены на хранение в «Союзе МС-03».

Кстати, перед стыковкой на МКС были зафиксированы два замечания. Во-первых,

▼ Олег Новицкий работает над экспериментом «Пилот-Т»





в 20:09 потерял программную активность первый канал центральной вычислительной машины модуля «Звезда». Учитывая то, что второй канал не функционировал, ЦВМ осталась работать только на одном (третьем) канале. Это нарушало полетное правило, согласно которому при стыковке должно функционировать не менее двух каналов, но выбора не было.

23 ноября ЦУП-М сделал рестарт ЦВМ и восстановил трехканальную конфигурацию. Правда, при этом потерялась связь со станцией в S-диапазоне и перестала поступать телеметрия. Оказалось, что перед рестартом не была выключена передача аварийной российской телеметрии Contingency, что и привело к данной проблеме...

Во-вторых, узел вращения BGA панели солнечной батареи 3А повернулся на несколько секунд на 4° больше допустимого угла при стыковке «Союза», что могло вызвать загрязнение ее продуктами сгорания топлива из двигателей корабля.

20 ноября началась разгрузка «Союза MS-03», и в первую очередь – срочных и американских грузов. Корабль законсервировали, за исключением газоанализатора. 21 ноября была заменена бортовая документация на доставленную на «Союзе», а спустя четыре дня документация сменили и на планшетах iPad.

22 ноября члены экипажа провели общую тренировку по перераспределению между собой ролей и обязанностей для правильного реагирования при чрезвычайной ситуации на станции. На следующий день «Казбеки» попрактиковались в надевании аварийных масок и вместе с «Фаворами» проверили расположение аварийного оборудования.

24 ноября был выполнен подробный аудит переносных огнетушителей PFE, комплектов ЕНТК, портативных дыхательных аппаратов РВА и кислородных масок.

Дистанционное управление наземным роботом

В этом месяце россияне в рамках эксперимента «Отклик» (регистрация ударов метеороидных и техногенных частиц во внешним

элементам конструкции станции с помощью пьезоэлектрических датчиков) контролировали работу одноименной аппаратуры в модуле «Звезда». 8 ноября Сергей и Андрей проверили функционирование датчиков и скорректировали точность определения координат места удара в районе некоторых панелей модуля «Звезда».

В ноябре в модуле «Звезда» россияне осуществили эксперимент «Контур-2» (отработка технологий телеуправления напланетными роботами с орбитального космического аппарата для решения задач исследования планет Солнечной системы). Они смонтировали задающий манипулятор с адаптером, видеокамеру Sony Z7E, наушники и джойстик и выполнили серию сеансов телеуправления с борта станции наземным малогабаритным мобильным роботом.

4 ноября в интересах эксперимента «Идентификация» (исследование динамики конструкции МКС при различных внешних силовых воздействиях с учетом изменения ее модульного состава) Сергей перезаписал на лэптоп RSE-1 данные с цифрового измерителя микроускорений ИМУ-Ц.

В ходе эксперимента «Бар» (отработка методов и средств обнаружения мест разгерметизации модулей МКС) Андрей в модуле «Заря» записывал акустический фон с помощью анализатора ультразвука АУ-1 в режиме облета панелей и кратковременной фиксации цифровой камеры Sony HVR-Z7E для проведения узкополосного анализа с разрешающей способностью ~1 Гц.

2 ноября Кимброу извлек камеру горения из многоцелевой стойки малых полезных нагрузок MSPR в модуле Kibo и проверил герметичность ее быстроразъемных соединений и уплотнений. Это оборудование используется для эксперимента Group Combustion по изучению горения топлива в невесомости. 11 ноября Шейн проконтролировал герметичность магистрали подачи азота и ее быстроразъемные соединения.

3 ноября в ходе эксперимента FLEX-2 в стойке изучения горения CIR наземные операторы обратили внимание на преждевре-

менное выгорание воспламенителя №2 во время калибровки радиометра. 25 ноября экипаж должен был сменить многопользовательскую аппаратуру горения топлива MDCA в стойке CIR, но не смог вынуть ее.

10 ноября Кимброу подключил лэптоп МРСС, используемый для передачи данных на Землю в режиме реального времени, к стойке изучения жидкости FSL. Он обновил программное обеспечение лэптопа, но неудачно, после чего специалисты ЦУП-Х принялись искать ошибки в файлах. И только 18 ноября проблема со связью между лэптопом и стойкой была решена. 22 ноября экипаж включил в FSL оборудование эксперимента Geoflow-2, моделирующего поток жидкой фазы в мантии Земли.

16 ноября Шейн заменил карты памяти в аппаратуре эксперимента Strata-1, моделирующего свойства реголита на малых космических телах.

21 ноября астронавты установили в модуле Columbus четыре держателя для образцов эксперимента Matiss, цель которого – исследование антибактериальных свойств материалов в космическом полете. В тот же день был сменен экспериментальный картридж в печи SQF, где проводится эксперимент METCOMP по изучению метастабильного затвердевания композитов.

28 ноября при подключении кабелей блока электроники и экспериментального блока аппаратуры эксперимента DECLIC, исследующего поведение критических жидкостей и кристаллизацию, из быстроразъемного соединения просочилось 400 мл воды. Утечку удалось устранить путем подключения кабелей в обратном порядке...

В тот же день астронавты демонтировали аппаратуру эксперимента Dynamic Surf-3 из установки по изучению физики жидкостей FPEF в стойке RyutaI модуля Kibo. В последующие два дня они установили вместо нее оборудование эксперимента Marangoni Ultrasonic Velocity Profiler-2 (UVP2). Как и Dynamic Surf 3, UVP2 изучает эффект Мараньони на границе раздела жидкости и газа.

30 ноября экипаж демонтировал оборудование успешно завершено европейского эксперимента SODI-DCMix-3 из перчаточного бокса MSG.

«Лебедь» взмыл вверх для запуска четырех спутников

В первой половине ноября Шейн занимался разгрузочно-погрузочными работами в корабле Cygnus (полет OA-5).

16 ноября по командам наземных специалистов дистанционный манипулятор SSRMS захватил корабль. Тем временем Кимброу провел тренировку по отделению «Лебедя». 18 ноября он установил четыре панели управления CPA на нижнем узле модуля Unity, демонтировал перемычки кабелей питания и передачи данных и убрал воздуховоды, поставил теплозащитную крышку и закрыл люк в корабль.

21 ноября в 11:19 UTC с помощью SSRMS «Земля» отсоединила «Лебедя» от модуля Unity и перевела его в положение для отделения. В 13:22 по команде Шейна и Тома корабль отправился в автономный полет. Спустя три минуты Cygnus выполнил маневр увода от станции, совершая своей 102 945-й виток. Масса ее была оценена в 406 514 кг.

«МКС получила более 5000 фунтов оборудования, принадлежностей и полезной нагрузки, которые привели станцию в отличную форму, – сказал Кимброу. – Нам было почетно работать с данным рейсом «Лебедя», тем более что он посвящен нашему коллеге Алану Пойндекстеру. От экипажа 50-й экспедиции – спасибо всем людям, которые сделали этот полет таким огромным успехом».

Перед отсоединением Cygnus от МКС было зафиксировано замечание: давление в полости между люками корабля и модуля удалось сбросить только до 2.9 мм рт. ст. за 140 мин, хотя планировалось снизить его до 1.8 мм рт. ст. за 70 мин. Впрочем, это не нарушало полетного правила, по которому давление в полости не должно превышать 4.6 мм рт. ст.

В 18:30 корабль выполнил первый маневр подъема орбиты. В 23:04 внутри «Лебедя» включили аппаратуру Saffire II для сжигания девяти образцов материалов. Каждый образец имел размеры примерно 5×25 см. Четыре образца были из кремния различной чистоты, два состояли из хлопка и стекловолокна и два – из органического стекла и номекса.

22 ноября в 00:14 в камерах аппаратуры Saffire II был подожен первый из девяти образцов – и спустя 2.5 часа все девять образцов успешно сгорели. В последующие дни вплоть до завершения полета с аппаратуры на Землю сбрасывались данные и видео, полученные в ходе эксперимента.

21–25 ноября корабль совершал полет на 5 км выше МКС, а 25 ноября двумя включениями маршевого двигателя орбита корабля была поднята почти на 100 км, до высоты 500 км, с целью запуска четырех малых спутников дистанционного зондирования Земли Lemur-2. Маневр был продиктован желанием заказчика – компании Spire – значительно увеличить срок существования аппаратов – с двух до девяти месяцев.

Спутники были отправлены в самостоятельный полет из пусковых контейнеров NRCSD-E американской фирмы NanoRacks, расположенных на внешней поверхности Cygnus, попарно 25 ноября в 21:05 и 26 ноября в 00:10. В дополнение к «родовому» обозначению аппараты получили собственные имена: Sokolsky, Xiaoqing, Anubhavthakur и Wingo. В каталоге СК США им дали номера от 41871 до 41874 и международные обозначения от 2016-062C до 062F.

27 ноября двумя тормозными импульсами, второй из которых начался около 23:00 и длился шесть минут, «Лебедь» свел себя с орбиты. Примерно в 23:40 он вошел в атмосферу и разрушился. Несгоревшие элементы конструкции упали в Тихом океане восточнее Новой Зеландии.

Интерьеры станции в реальном времени

14 ноября Кимброу настроил лэптоп с программным обеспечением TReK и видеокамеру высокой четкости, чтобы дать возможность участникам конференции Commerce Conference Space посмотреть интерьеры МКС в реальном времени.

17 ноября Шейн прочитал на видеокамеру детскую книгу «Я – человечество»

Джеффри Беннетта. Данные видеозаписи в дальнейшем используются в образовательных целях на Земле.

2 ноября Сергей и Андрей в ходе телемоста вышли на связь с участниками инженерного фестиваля в Национальном исследовательском технологическом университете МИСиС в Москве.

Еще 20 октября в модуле Columbus вышла из строя аппаратура Kenwood с системой пакетной передачи APRS, которую астронавты американского сегмента использовали для радилюбительской связи на частоте 145.825 МГц. 3 ноября Кимброу установил старую резервную аппаратуру любительской УКВ-связи, работающей на частоте 437.550 МГц. В 2017 г. на МКС планируется доставить новую радиостанцию.

4 ноября Кимброу по радилюбительской связи ответил на вопросы итальянских школьников из «Марко да Мело» в городе Мел.

7 ноября Шейн поговорил с ребятами из христианской школы Бока-Ратон в штате Флорида. 17 ноября он во время телемоста ответил на вопросы испанских студентов из Барселоны. 18 ноября экипаж в сеансе видеосвязи провел беседу с учениками средней школы в Уит-Ридже (штат Колорадо).

25 ноября Кимброу вышел на связь с детьми из Салезианской средней школы во Вроцлаве (Польша). 28 ноября Песке поговорил посредством телемоста со школьниками острова Бель-Иль (Франция).

В ноябре Рыжиков и Борисенко пообщались со студентами из Ингушетии с использованием радиостанции Kenwood TM D710 в модуле «Звезда».

Течеискатель в работе

2 ноября ЦУП-Х продолжил поиск источника белых частиц, обнаруженных снаружи станции в октябре (НК № 12, 2016, с. 21). На этот раз с помощью камеры локвой насадки Dextre на манипуляторе SSRMS в течение 40 (!) часов наблюдался клапан сброса в баке с аммиаком ATA на секции P1 американской поперечной фермы.

Кстати, 3 ноября в 03:03 UTC «снежинки» снова были зафиксированы на видео с каме-

ры высокого разрешения EHDC, расположенной на нижней внешней части секции P1.

4 и 9–10 ноября с использованием SSRMS и Dextre был осмотрен стыковочный адаптер IDA-2 на передней части модуля Harmony. При этом имитировался подход корабля к данному узлу в различных условиях освещенности, что поможет разработчикам составить программы стыковки.

15 ноября SSRMS избавился от насадки, установив ее на Мобильную базовую систему MBS. 16 ноября вышла из строя видеокамера CLPA на плече В манипулятора SSRMS. Запасных камер на станции нет, одну должен привезти японский грузовой корабль HTV-6 в декабре.

21 ноября манипулятор по командам с Земли перешагнул с модуля Harmony на MBS. На следующий день мобильный транспортер с манипулятором переехал по поперечной ферме из рабочей точки WS6 в точку WS7. 23 ноября SSRMS поменял точку стояния на MBS – узел захвата PDGF-3 на узел PDGF-1 – и нацелил насадку Dextre.

25 ноября была разгерметизирована шлюзовая камера модуля Kibo. 28 ноября был открыт внешний люк шлюза и выдвинут стол с расположенным на нем течеискателем аммиака RELL. Однако операция по взятию течеискателя манипулятором была отложена из-за проблем с программным обеспечением насадки Dextre: после взятия инструмента RMCT-2 сменным механизмом OTCM на второй руке насадки появилась индикация захвата, но при этом статус полезного груза показывал его отсутствие. В связи с этим стол был задвинут обратно в шлюзовую камеру, а внешний люк закрыт.

На следующий день, после того как программисты «откатали назад» версию программного обеспечения, манипулятор SSRMS с помощью насадки Dextre взял течеискатель и проверил его функционирование, направив в открытый космос, чтобы тот принял чистую среду в качестве эталона.

30 ноября с использованием RELL была просканирована секция P1. Кстати, операции с течеискателем проводятся как нельзя вовремя, учитывая появление белых частиц.

▼ Тома и Сергей монтируют тренажер-динамометр MARES



Ремонт американской системы получения кислорода

В ноябре россияне занимались переносом грузов из кораблей «Союз МС-02» и «Прогресс МС-03».

1 ноября Кимброу перезаправил водяные баки в выходных скафандрах EMU № 3003, № 3006 и № 3010.

Как известно, в конце октября ЦУП-Х включил систему получения кислорода OGA вследствие быстрой деградации водородного электролизера № 1, сопровождающейся падением напряжения. После анализа ситуации специалисты приняли решение о ремонте OGA. 7 ноября Шейн сменил датчик водорода в системе. 8 ноября он заменил деонизирующий патрон и продул магистрали рециркуляции в OGA. Правда, из-за трудностей с подстыковкой быстроразъемных соединений на шлангах всю воду удалить из системы не удалось. Эту процедуру было решено не заканчивать.

9 ноября Кимброу сменил водородный блок, содержащий электролизер, но не смог полностью подсоединить к нему шланг. Специалисты не нашли ничего другого, как посоветовать ему обмотать быстроразъемное соединение каптоновой лентой (термоскотчем)... В ночь на 10 ноября OGA была успешно включена. Однако при проверке обнаружилось, что Шейн забыл подстыковать магистраль подачи азота, поэтому он сделал это проснувшись поутру.

11 ноября Кимброу проверил присоединенный на скотч шланг и заверил «Землю» в том, что утечки воды нет. Повторный осмотр 16 ноября тоже не выявил утечки.

3 ноября Шейн сменил батарейки в двух новых газоанализаторах CSA-CP. 4 ноября космонавты заменили датчики измерителя потока ИП-1 на люке между переходным отсеком модуля «Звезда» и модулем «Поиск», а также блок продувки азотом БПА-М в системе обеспечения кислородом «Электрон-ВМ» в «Звезде».

5 ноября Кимброу должен был перестыковать кабель Ku-диапазона с контроллера приемопередатчика SGTRC-2 на контроллер SGTRC-1, однако по ошибке отсоединил не тот кабель, что привело к потере связи на полчаса...

7 ноября россияне обновили программное обеспечение пульта управления бегущей дорожки БД-2 в модуле «Звезда». 22 ноября они ремонтировали дорожку.

10 ноября космонавты занимались поиском причины перегрузки по току в шине обмена ПШО-31 в модуле «Заря» в районе сопряжения с переходным отсеком модуля «Звезда».

Начиная с 11 ноября, специалисты фиксировали периодическое пропадание приема телеметрии через блок передачи низкочастотной информации в Ku-диапазоне. Перегрузка беспроводных точек доступа проблему не решила. После анализа ситуации специалисты порекомендовали отключить порты виртуальной локальной компьютерной сети и перезагрузить блок размножения интерфейсов БРИ. Это немного помогло.

29 ноября космонавты почистили БРИ и проверили подстыковку разъемов, обнаружив, что один из них плохо подсоединен. Они закрепили его скотчем – и это решило проблему с пропаданием телеметрии.

16 ноября на американском сегменте МКС заменили планшеты iPad 3s на iPad Air 2. Эти планшеты астронавты используют для просмотра планов на день, различных процедур и сообщений.

21 ноября в модуле Tranquility сработал транспарант, свидетельствующий о возможной утечке смывной воды между туалетом и системой переработки урины UPA. Система UPA была выключена, а туалет переконфигурирован на использование внутренней емкости для воды. Экипаж обнаружил консервант урины на клапане и вытер это место. Пока специалисты разбирались с проблемой, астронавтам было разрешено пользоваться туалетом в модуле «Звезда».

22 ноября Уитсон заменила насос-сепаратор, клапан урины, шланги и кабель передачи данных – и туалет в модуле Tranquility снова заработал. 28 ноября астронавты сменили приемник урины, однако туалет не стал функционировать, пока этот приемник не заменили на другой.

22 ноября в модуле «Звезда» космонавты переставили местами преобразователи тока аккумуляторной батареи ПТАБ-1М в позициях А306 и А308. В последующие два дня они контролировали температуру на преобразователе в позиции А308.

22 ноября «Земля» провела тестирование аппаратуры системы «Курс-П» модуля «Звезда» со стороны агрегатного отсека в рамках подготовки к стыковке грузового корабля «Прогресс МС-04», планируемой на 3 декабря. 23 ноября был осуществлен межбортовой тест телеоператорного режима управления (ТОРУ). 28 ноября Сергей и Олег выполнили тренировку в режиме ТОРУ на бортовом тренажере.

24 ноября экипаж сменил панель управления в системе регенерации воды из конденсата атмосферной влаги CPB-K2M в модуле «Звезда». 28 ноября астронавтам наконец-то удалось снять прокладку с левого замка дверцы морозильника MERLIN-2. Теперь дверца будет закрываться плотно и влажность в морозильнике снизится.

29 ноября экипаж установкой светодиодного светильника SSLA в нижней каюте модуля Harmony завершил замену флуоресцентных светильников GLA в каютах американского сегмента на новые. 30 ноября в модуле «Заря» россияне провели диагностику блока распределения электропитания 11M156M, блока сборных шин БСШ-2 и блока фильтров БФ-2.

29 ноября космонавты высвобождали пространство в модуле «Рассвет» для установки экспериментальной системы регенерации воды из урины CPB-U-PC, которую планировалось привезти на станцию на «Прогрессе МС-04» (НК № 11, 2016, с.14).





И. Лисов.
«Новости космонавтики»

Трудное возвращение «Шэньчжоу»

18 ноября завершился месячный полет китайского экипажа на борту лаборатории «Тяньгун-2», начавшийся 17 октября стартом на транспортном корабле «Шэньчжоу-11» (НК № 12, 2016, с.1-11).

Вторая половина орбитальной вахты

1 ноября Цзин Хайпэн обратился с видеопоздравлением по случаю открытия 11-го китайского аэрокосмического салона в Чжухае.

3 ноября, в 16-й день полета, Цзин Хайпэн и Чэнь Дун поздравили с пятилетием образования сотрудников космического отделения почтовой службы Китая. Они поблагодарили их за письма соотечественников, которые получают на борту в цифровом формате. Ответные послания в том же формате отправляются в космическое почтовое отделение на Земле, где их распечатывают на специальных бланках и доставляют адресатам обычной почтой. Руководит необычным пунктом связи – помимо выполнения своих основных обязанностей – первый китайский космонавт Ян Ливэй.

По словам командира экипажа, эти послания – важная моральная поддержка: «От этих писем на душе становится тепло. Это большое счастье для нас. Хотя мы сейчас очень далеко от Земли, мы не чувствуем себя одинокими, потому что твердо убеждены – с нами народ нашей страны. Спасибо!»

4 ноября, выступая в роли специального корреспондента Синьхуа, Цзин Хайпэн обратился к телезрителям с пятым видеосообщением. Поздравив их с 85-летием главного китайского агентства новостей, которое будет отмечаться 7 ноября, он подробно рассказал о том, что и как едят космонавты на борту лаборатории «Тяньгун-2».

«Говоря о космической пище, многие думают, что она не отличается разнообразием и невкусна. Однако это не так, – сказал

командир. – Позвольте рассказать вам, что было у нас сегодня. Утром мы ели семь типов еды, включая овсянку, кокосовое масло, перепелиные яйца и маринованные огурцы. У нас было восемь вариантов на обед, в том числе жареный рис, макароны с мясом, тушеное мясо с картошкой, нори и суп из яиц. На ужин было восемь блюд, среди них макароны с бобами, рисовая поджарка с мясом, сушеные креветки с яйцом и баночные фрукты. И помимо этого есть еще пять типов закусок, такие как пряная свинина, жареные бобы и тофу. Неплохой выбор, не правда ли?»

Цзин Хайпэн заметил, что в начальный период полета космонавты старались есть легкую пищу, но теперь перешли на обычное меню, которое включает шесть категорий пищи почти 100 наименований и повторяется раз в пять суток, причем внутри каждого цикла космонавт может выбирать порядок блюд. Командир отметил, что в третьем полете еда стала более разнообразной и вкусной, нежели в первых двух. Специалисты уже знали вкус Цзина, но добавили в качестве приправы уксус из его родной провинции Шаньси, а для Чэнь Дуна подготовили лапшу и еще несколько специальных блюд, традиционных для провинции Хэнань. Ну а поскольку командиру предстояло отметить в полете юбилей, в бортовой запас заложили две баночки с чизкейком – каждая размером с ладонь. Космонавты умудрились даже готовить на орбите чай и пить его почти ежедневно.

В этом телерепортаже зрители впервые увидели манипулятор в лабораторном отсеке «Тяньгуна», рядом с переходным люком. Собственно, уже после снимков комплекса

сверху, сделанных 30 октября, стало ясно, что информация о наличии на нем большого внешнего манипулятора (НК № 11, 2016) недостоверна – подобного устройства элементарно не было видно на том месте, где оно рисовалось на компьютерных моделях. Теперь же ситуация прояснилась окончательно.

«Тяньгун-2» оснащен внутренним манипулятором длиной 1.35 м, похожим на руку человека с гибкой и ловкой кистью. Имеются также компьютерная станция для работы с ним и средства управления и контроля: бинокулярная глобальная камера, ручная камера, перчатка для съема данных и трехмерная мышь. Устройство является совместной разработкой Китайской исследовательской академии космической техники CAST, Харбинского технологического института, Пекинского технологического института, Северного политехнического института и Шэньянского института автоматки.

Выполняя команды с рабочей станции, манипулятор может выполнять сложные операции: снимать теплоизолирующее покрытие, открывать и закручивать винты, расстыковывать электрические разъемы, демонтировать оборудование и т.п. Сообщается, что после отработки технологии он может быть использован и вне герметичной кабины, что резко снизит стоимость обслуживания китайских орбитальных комплексов и отчасти устранил риск, связанный с работами космонавтов в открытом космосе.

Уникальной особенностью системы является возможность отдавать команды не только через датчики специальной перчатки, но и мозговыми импульсами в режиме пря-



▲ Экипаж «Шэньчжоу-11» управляет манипулятором силой мысли (слева) и беседует с Генеральным секретарем ЦК Коммунистической партии Китая Си Цзиньпином

мого считывания их в управляющий компьютер. Исследование такого рода проводится в космическом полете впервые в мире.

Эксперимент включает и более традиционные части – оценку динамики и прочности манипулятора и его ловкости при выполнении тестовых задач, таких как поимка шариков в свободном полете.

7 ноября, в 20-й день полета, свое видеообращение записал Чэнь Дун: он рассказал об упражнениях, предназначенных для сохранения физической формы.

«Вчера мы главным образом делали силовые упражнения – мы делаем их через день, – разъяснил бортинженер. – Нам нужно будет перенести некоторые вещи в спускаемый аппарат, прежде чем мы вернемся... и это будет требовать большой физической силы. Плохо, что мы растренировались за время длительного полета, и надо восстановить мышечную силу. В сущности мы используем для упражнений резиновый жгут в виде кольца. Я подвесил его в воздухе и попробовал новый фокус – пролететь сквозь него. Однако на полпути я потерпел неудачу – кольцо застряло на теле. Тем временем брат Цзин увеличил свою нагрузку и даже придумал новый метод тренировки ног.

Вчера после ужина мы надели космические костюмы «Пингвин»* и ходили на протяжении 3 часов 10 минут. Наземная группа сопровождения настаивает, чтобы мы надевали их, когда делаем упражнения, потому что они помогают сохранять функции мышц и тела в условиях невесомости.

Сегодня мы в основном работаем на велоэргометре. Поскольку он на борту один, нам приходится чередоваться, так что второй человек работает с эспандером. Обычно мы занимаемся этим полчаса. От этого устаешь, и не получается развить такую же силу, как на Земле; впечатление такое, как будто едешь на велосипеде в постели. Однако я после утреннего упражнения почувствовал себя отлично».

Как рассказала представительница Китайского центра космонавтов Ван Линьцзе, члены экипажа начинают упражнение с нагрузки 50 Вт, постепенно увеличивая ее. Чэнь Дун дошел до 200 Вт, что соответствует его возможностям на Земле, Цзин Хайпэн остановился на 150 Вт. Измеренные параметры сердечно-сосудистой системы порадовали врачей.

«И наконец у нас есть бег – китайцы в первый раз бегают в космосе! – сообщил Чэнь

Дун. – На самом деле в первые два дня мы не могли приспособиться к правильной позе для бега. Брат Цзин наконец-то освоил ее на третий день и был так рад, что бежал целый час, прежде чем связаться с Землей и сообщить об этом. Нам рекомендовали ограничить продолжительность бега половиной часа».

8 ноября один из участников китайского космического форума 9ifly.cn дал прогноз даты и времени посадки: 18 ноября за несколько минут до 14:00 пекинского времени. Это предсказание заслуживает упоминания, поскольку оказалось абсолютно точным, хотя и не вполне соответствовало заявленной перед стартом 33-суточной продолжительности полета. Однако к нему неминуемо приводил прогноз положения плоскости орбиты орбитального комплекса и положения самого объекта на орбите, которые, как мы знаем, повторялись с интервалом в трое суток.

9 ноября в 16:20 из помещения командного пункта Программы пилотируемых полетов в Пекине на связь с космонавтами вышел Генеральный секретарь ЦК КПК и председатель Центрального военного совета Си Цзиньпин. Глава партии и государства пронаблюдал, как Цзин и Чэнь в ходе эксперимента по распознаванию компьютером мозговых импульсов управляют движением манипулятора и его руки, а затем поблагодарил экипаж «Тяньгун-2» за напряженную и эффективную работу. Си Цзиньпин задал вопрос о состоянии здоровья и самочувствии космонавтов и пожелал от имени китайского народа успешного завершения программы полета, получив в ответ заверения, что все в порядке и все будет сделано как надо, в намеченный срок, а в конце – воинское приветствие обоих членов экипажа.

В этот день директор медицинского управления Центра космонавтов У Давэй сообщила, что все запланированные экипажу эксперименты проходят по плану, причем десять из них уже завершены. Цзин и Чэнь спят по семь часов в день. Состояние их здоровья хорошее, аппетит также не вызывает нареканий.

11 ноября Цзин Хайпэн отчитался перед телезрителями об эксперименте с выращиванием в бортовой оранжерее салата-латука, который начался на второй день полета на «Тяньгун-2» и рассчитан на 27 суток. Он сказал, что семена проклюнулись утром пятого дня полета, что очень обрадовало космонавтов. Отсняв ростки и сбросив фо-

В полете «Шэньчжоу-11» космонавты выполняли физические упражнения в течение двух часов ежедневно, тренируя в первую очередь сердечно-сосудистую и дыхательную системы и мышцы нижней части тела.

Основные средства поддержания физической формы в невесомости разработала для программы «Тяньгун-2» компания Shanxi Orient Fitness & Health Industry Co. Как рассказал в интервью 7 ноября ее главный конструктор Цинь Юньян, из-за жестких массовых ограничений суммарный вес велоэргометра и бегущей дорожки пришлось вписать в 10 кг. Это потребовало упрощения конструкции (так, дорожка не имеет бегущей ленты как таковой – вместо нее установлено два десятка параллельных роликов) и использования как можно более легких и в то же время прочных материалов.

Разработчики рассчитывают сделать для будущей космической станции не только более надежные и совершенные модели велоэргометра и бегущей дорожки, но и аппаратуру для нагрузочных упражнений. На это выделен лимит в 200 кг массы.



▲ Меню экипажа комплекса «Тяньгун-2» на 4 ноября 2016 г.

* Костюм массой около 15 кг имеет в своем составе резиновые полосы, обеспечивающие сжатие в вертикальном направлении – от плеч к ногам. Космонавт должен постоянно прикладывать усилия, чтобы выпрямиться. «Пингвин» позаимствован вместе с названием из российской системы поддержания физической формы космонавтов.

тографии на Землю, Цзин и Чэнь удалили защитную пленку и включили освещение – специальные светильники красного, синего и зеленого цветов, из которых первый самый мощный. С тех пор свет в оранжевое включается как минимум на 14 часов в сутки.

На шестой день после посадки они проредили ростки, оставив по два в каждой кювете, а еще через трое суток повторили процесс, сохранив по одному самому сильному растению. С этого дня салат благополучно рос, радуя космонавтов свежей зеленью. Растения поливали пять раз: первый интенсивный полив был после посадки; точечный, с помощью шприца, – после каждого прорезывания, а затем на 12-е и 15-е сутки.

«Сегодня мы проверили влажность и содержание питательных веществ в субстрате и дали нашим растениям света и воздуха, – сказал командир. – С помощью особого прибора мы проверяем, нуждаются ли растения в увеличении или уменьшении влажности... Мы также обдуваем воздухом корни салата, что помогает ему быстрее расти. Мы подобны крестьянам в космосе, и мы проводим каждый день по крайней мере 10 минут в заботах о салате».

В тот же день Чжан Лун из Института защиты растений при Китайском сельскохозяйственном университете рассказал о ходе школьного эксперимента с тутовым шелкопрядом и сообщил, что пять из шести личинок различных пород шелкопряда, доставленных на орбиту на «Шэньчжоу-11», успешно свили коконы. «Мы будем ждать их на Земле, чтобы проверить, изменился ли в космических условиях процесс намотки кокона, – сказал Чжан. – Это исследование поможет улучшить технологию гибридизации шелкопряда».

13 ноября космонавты завершили эксперимент по приему и обработке компьютером мозговых импульсов человека.

Полет подходил к концу. **14 ноября** в районе посадки в провинции Внутренняя Монголия руководитель группы обеспечения посадки «Шэньчжоу-11» Лю Цюань провел девятую и последнюю часовую комплексную тренировку поисково-спасательной службы. Как заявил представитель посадочной площадки Ли Цзюньчжи, «Шэньчжоу-11» впервые должны были встречать не только восемь вертолетов одной из бригад 38-й армии, но и два беспилотных дрона, что позволило расширить зону поиска и повысить его эффективность.

15 ноября приблизительно в 16:40 пекинского времени был проведен предпосадочный маневр комплекса со снижением условной средней высоты орбиты с 378.8 до 377.9 км.

В тот же день экипаж «Тяньгуна» беседовал с корреспондентами агентства Синьхуа на Земле, которые сообщили, что космические дневники Цзина и Чэня собрали уже более 100 млн просмотров.

«Все эти 30 дней после работы мы смотрели в иллюминаторы на ландшафты всего мира, – сказал командир, – и когда лаборатория проходила над Китаем, мы вдвоем испытывали особенные чувства. Мы все время ощущали любовь нашей Родины и наших семей, а также поощрение, заботу и поддержку китайцев во всем мире. Мы хотели бы использовать эту возможность, чтобы поблагодарить людей со всех концов Китая и



▲ Тренировка поисково-спасательной службы направить наилучшие пожелания китайцам всего мира».

Космонавты завершили в этот день эксперимент с салатом-латуком. Они продемонстрировали растения ученым на Земле по видеосвязи, а затем взяли образцы листьев и кусочки корней и уложили их в холодильник для доставки на Землю. Что случилось с оставшейся частью урожая, не уточнялось, но ранее Цзин Хайпэн утверждал, что съедать растения не планируется – просто потому, что без исследования на микрофлору невозможно дать заключение о пригодности их в пищу.

Накануне Чжэн Хуэйцун из Института физиологии и экологии растений Шанхайского биологического института сообщил о ходе другого биологического эксперимента с растениями риса и арабидопсиса (он же резуховидка Таля). «Мы хотели изучить ритм роста и цветения растений в условиях микрогравитации», – напомнил он и добавил, что растения чувствуют себя хорошо: рис достиг высоты 10 см, а часть кустиков арабидопсиса цвела.

Их-то космонавты и зафиксировали: благодаря короткому циклу развития за 48 суток с начала эксперимента арабидопсис успел сформировать стручки с семенами, которые предстоит прорастить уже на Земле. А вот рис будет жить на «Тяньгун-2» еще в течение примерно полугодия после ухода космонавтов. «В отличие от аналоговых экспериментов на МКС, которые обычно проводят астронавты или биологи на борту, мы разработали инкубатор так, чтобы ученые на Земле могли дистанционно контролировать освещение, температуру, влажность и объем питательного раствора», – пояснил Чжэн Хуэйцун.

Следует заметить, что перечень экспериментов, в которых участвовали космонавты, не был велик – немногим более 10 наименований и 40 повторений. Более того, на время нахождения космонавтов на борту были приостановлены некоторые эксперименты, проводящиеся в автоматическом режиме, – например, с высокоточным стандартом времени на холодных атомах.

Утром **16 ноября** были опубликованы предупреждения для летчиков о закрытии полосы спуска «Шэньчжоу-11» и пересечения ее воздушных трасс на 18 ноября между 13:33 и 14:13 пекинского времени.

В этот день Цзин Хайпэн и Чэнь Дун занимались сбором и упаковкой материалов научных экспериментов как в натуре (12 из 18 образцов, обработанных в интегрированной печи, замороженные растения и семена,

кюветы с шелкопрядом, пробы микроорганизмов, образцы слюны и мочи), так и на картах памяти, а также уборкой лаборатории. Отходы и мусор разного сорта (остатки пищи, отходы жизнедеятельности, упаковка, использованные батарейки и электроды и т.п.) помещались в вакуумную упаковку и в складировались в орбитальном отсеке «Шэньчжоу-11».

Спутник сопровождения ВХ-2 после повторного сближения с орбитальным комплексом 30 октября отстал примерно на 160 км и, проведя в период до 7 ноября новые маневры, вышел в точку в 37 км позади «Тяньгуна» и завис в ней, уравнивая с лабораторией высоту орбиты и скорость.

12 ноября малый КА поднялся на 0.5 км выше и вплоть до 19 ноября отставал от лаборатории. С учетом того, что сам «Тяньгун» снизился 15 ноября на 0.9 км, в итоге отставание достигло 800 км, так что свидетелем расстыковки «Шэньчжоу-11» он быть не мог. Новая серия маневров с временным спуском на 1.6 км ниже «Тяньгуна» позволила ВХ-2 вновь занять 26 ноября позицию примерно в 40 км сзади цели. По состоянию на 9 декабря взаимное положение объектов не изменилось.

Хотя сейчас стыковка с «Тяньгуном-2» еще одного корабля не планируется, Цзин и Чэнь не только навели в орбитальном доме идеальную чистоту, но и оставили небольшой подарок тем, кто может в случае изменения программы прилететь сюда.

Космонавты также записали обращение к ЕКА и европейскому астронавту Тома Песке, которому предстояло стартовать на МКС в составе экипажа Олега Новичкова утром 18 ноября, за несколько часов до посадки китайцев.

Цзин Хайпэн отметил плодотворное сотрудничество между Европейским центром астронавтов и его китайским аналогом, од-



▲ Салат-латук, доставленный с «Тяньгуна-2»



ним из примеров которого стали продукты питания европейского производства в меню экипажа «Шэньчжоу-11». Как оказалось, два чизкейка, которые Цзин и Чэнь съели в день рождения командира, испек французский повар Ален Дюкасс для Тома Песке, но астронавт решил отослать их в подарок в адрес Центра космонавтов Китая. Цзин Хайпэн пожелал Тома Песке успешной работы на борту МКС, а Чэнь Дун напомнил об участии Е Гуанфу в европейском «пещерном» эксперименте на Сардинии и сказал, что ждет с нетерпением возможности совместного полета с европейскими астронавтами в близком будущем.

17 ноября Цзин Хайпэн и Чэнь Дун провели по списку из 40 или 50 пунктов переключение систем «Тяньгуна» в режим автономной работы и передачи данных на Землю и покинули станцию.

Перед уходом оба хантяньюаня поблагодарили специалистов, обеспечивавших на Земле их полет, и всех, кто поддерживает китайскую космическую программу. Чэнь Дун снял защитный чехол с люка лаборатории и протер его рабочие поверхности. Затем Цзин Хайпэн и его бортинженер перешли в «Шэньчжоу» и закрыли за собой оба люка.

Расстыковка «Шэньчжоу-11» состоялась в 12:41 пекинского времени (04:41 UTC). Корабль сначала отошел на 30 м вперед по направлению полета, потом на 120 м. После того, как космонавты и ЦУП подтвердили нормальное состояние бортовых систем, «Шэньчжоу» выполнил маневр увода.

Вечером того же дня корабль провел коррекцию орбиты, увеличив среднюю высоту на 1,9 км. Целью ее было получение оптимальной траектории спуска и посадки.

Заместитель главного конструктора Пекинского космического центра управления Сунь Цзюнь сообщил, что из-за более высокой орбиты TG-2 по сравнению с TG-1 пришлось немного изменить момент выдачи тормозного импульса и подкорректировать циклограмму спуска. По-видимому, в результате протяженность внеатмосферного участка оказалась на пару минут больше, но при этом расчетная точка и угол входа остались прежними, а скорость входа чуть-чуть увеличилась.

Интересная деталь: во всех предыдущих полетах дата приземления выбиралась на следующий день после прохождения

Солнца через плоскость орбиты «Тяньгуна», однако при планировании экспедиции «Шэньчжоу-11» правило было нарушено: в день возвращения направление на Солнце составляло угол в несколько десятков градусов с этой плоскостью.

17 ноября по китайскому телевидению показали космический урок, который провели совместно Цзин Хайпэн на станции «Тяньгун-2» и Ван Япин на Земле. Синьхуа сообщило, что передача шла в прямом эфире, однако ясно, что утром перед расстыковкой для нее просто не было времени. Командир продемонстрировал шестую личинку шелкопряда, которая не окуклилась и потому не была опрарена в морозильник 26 октября вместе с остальными, а осталась в живых.

Приземление с приключениями

18 ноября в 12:30 по нескольким программам китайского телевидения начался прямой телерепортаж о посадке «Шэньчжоу». В оперативном центре Китайской программы пилотируемых космических полетов за происходящим лично наблюдал член Постоянного комитета Политбюро ЦК КПК, вице-премьер Госсовета Чжан Гаоли.

В 13:10 на 505-м витке корабля на подходе к западному берегу Южной Африки началось выполнение посадочной циклограммы. По команде ЦУПа корабль произвел программный разворот влево по рысканию на 90°, и в 13:11:22.156 в зоне намибийской станции Свакопмунд на высоте 394 км над точкой 29.0° ю. ш., 4.1° в. д. произвел отделение орбитального модуля. Последний остался на орбите, получив каталожный номер **41868** и международное обозначение **2016-061G**.

Немедленно после отделения «Шэньчжоу» возобновил разворот, приняв в итоге необходимую ориентацию для схода с орбиты: 180° по рысканию и -30° по тангажу. В 13:12:49 на высоте 393 км над точкой 25.7° ю. ш., 9.2° в. д. корабль начал выдачу тормозного импульса, который продолжался приблизительно три минуты и закончился уже над сушей. В результате «Шэньчжоу-11» перешел на траекторию спуска со скоростью около 15 км в минуту.

Пять вертолетов Ми-17 поисково-спасательной службы поднялись в воздух в 13:15, как только поступила информация о сходе КА с орбиты. Четыре из них заняли позиции в углах расчетной зоны посадки, представлявшей собой квадрат размером 36×36 км в пределах заявленной полосы шириной 60 км и длиной 340 км; пятый крейсировал над центром ква-

драта, то есть над расчетной точкой посадки. Еще три машины, выполняющие командные, связные и медицинские функции, поднялись в небо позже. Два беспилотника дежурили у северо-западного и юго-восточного углов посадочного квадрата. Один самолет и три поисково-эвакуационные машины дополняли состав задействованных средств.

Начался последний, неполный 506-й виток «Шэньчжоу-11». Пройдя в снижении над кенийской станцией Малинди, корабль построил ориентацию спускаемым аппаратом в надр. В 13:34:17 над территорией Пакистана в зоне радиовидимости станции Карачи на высоте 140 км прошло разделение спускаемого аппарата массой 3300 кг и приборно-агрегатного отсека. СА ушел вниз и сразу же развернулся теплозащитным экраном вперед для входа в атмосферу.

В 13:37:21 над Тибетом в зоне видимости наземной станции Хэтянь (Хотан) СА прошел 100-километровую отметку. Минуту спустя оптическая камера станции Юймэнгуань обнаружила два объекта: СА и следующий за ним и начинающий гореть ПАО. Пока все шло «по накатанной» и соответствовало порядку предыдущих посадок.

В 13:43:11 объект приняла камера GF-1605 при радиолокационной станции Баян-Обо. Одновременно радар LM-313 «Хуэйшоу-1» (回收一号)* определял текущие координаты и скорость СА; последняя уже снизилась до 3400 м/с и быстро падала, составив к концу аэродинамического торможения 200 м/с.

В 13:47:06 прошло сообщение об отстреле крышки и вводе парашютной системы, встреченное аплодисментами в Пекинском ЦУПе. Сразу после этого появилась нечеткая, на пределе увеличения, «картинка» с камеры на вертолете или беспилотнике, в которой угадывался СА под основным куполом. Было видно, как в 13:49:51 отделился и камнем пошел вниз лобовой экран теплозащиты. Объект вели еще более пяти минут, пока он не растаял в шумах. Теперь зрителим показывали попеременно то машину поисковиков, спешащую куда-то по шоссе, то картинку с вертолета, шарящего камерой ИК-диапазона сквозь облачность в поисках спускаемого аппарата, а комментаторы за кадром не знали, что сказать, и повторяли одно и то же.

Лишь в 14:07 в ЦУПе приветствовали аплодисментами доклад Цзин Хайпэна: «Это «Шэньчжоу-11». Приземление прошло нормально. 01-й и 02-й в хорошем состоянии». Еще через 10 минут на экран выдали наконец картинку с вертолета, где были видны отстреленный и погашенный купол, лежа-

* Радиолокатор был введен в строй в августе 1999 г. и отслеживал возвращение всех кораблей «Шэньчжоу», экспериментального лунного аппарата CE-5T1 и даже операции по сведению с орбиты российского орбитального комплекса «Мир».

щий на боку аппарат и четыре человека в спецодежде возле него.

Как сообщила потом «Жэньминь жибао», первым приветствовал космонавтов и поздравил с возвращением член поисковой группы Ли Тао. После этого глава команды спасателей У Юаньлян залез в СА, произвел осмотр и первичное медицинское обследование и доложил по команде, что Цзин и Чэнь чувствуют себя нормально и могут выйти из корабля.

Получив это сообщение, в 14:37 главнокомандующий пилотируемой программой генерал-полковник Чжан Юся объявил, что полет завершился полным успехом. Вице-премьер Чжан Гаоли выступил затем от имени КПК, Госсовета КНР и Центрального военного совета. Он зачитал поздравительное письмо от высшего руководства страны и заявил, что успех миссии «Шэньчжоу-11» – огромный прорыв для всей космической отрасли Китая.

Чжан Юся сказал, что приземление произошло в 14:03, но почти через час Синьхуа уточнило информацию и объявило, что СА совершил посадку в 13:59 пекинского времени (07:59 UTC). Долгое ожидание оказалось обманчивым: от отделения ОМ на орбите и до касания прошло 48 минут – лишь чуть больше, чем в полетах «Шэньчжоу-9» (46 мин 45 сек) и «Шэньчжоу-10» (46 мин 01 сек).

Как выяснилось ближе к вечеру, «Шэньчжоу-11» сел в точке с координатами 42°29'11.7" с. ш., 112°42'57.36" в. д., перелетев расчетное место ровно на 100 км. Этим и объяснялись все «косяки» репортажа: в фактическом районе парашютного спуска вертолета с телевизионной камерой на борту просто не было. Экипажи получили правильное целеуказание в 13:43, когда стал слышан радиомаяк СА на частоте 243 МГц, и, чтобы преодолеть расстояние порядка 90 км до точки посадки, пилотам двух ближайших машин потребовалось около получаса.

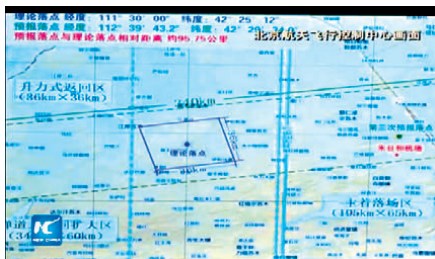
Следует отметить, что восприятие событий было совершенно разным у зрителей, смотревших репортаж по разным каналам. Китайскоязычным было проще всего: они могли понять, что именно говорится по громкой связи и о чем докладывает экипаж, и своевременно оценить обстановку. Англоязычным на канале CCTV News повезло намного меньше, особенно после ухода СА под парашютом из виду, когда видеоряд не давал почти ничего, а комментариев – еще меньше. На этом фоне хорошо отработал телеканал Синьхуа – его сотрудники аккуратно «срисовали» с экранов ЦУПа все четыре поисковых прогноза (см. таблицу) и соответствующие им карты. По ним ситуация читалась гораздо лучше.

Первый баллистический прогноз был выдан на основании данных наземных станций Свакопмунд и Малинди и отражал фактические результаты выдачи тормозного импульса. При расчете второго, очевидно, использовались данные из Карачи перед входом в атмосферу. Оба эти прогноза давали точку, близкую к расчетной, с отклонением 3.87 и 3.14 км к югу соответственно. Таким образом, «Шэньчжоу-11» отработал тормозной импульс вовремя и с правильным приращением скорости.

Третий прогноз почти совпал со временем ввода парашютной системы и, таким образом, зафиксировал результаты аэроди-

Прогнозные и фактические точки посадки «Шэньчжоу-11»

Прогноз	Время выдачи	Ожидаемое время посадки	Координаты точки посадки
Расчетная точка			42°25'12.0" с.ш., 111°30'00.0" в.д.
1-й прогноз	13:28	13:59:14.500	42°23'09.6" с.ш., 111°29'24.0" в.д.
2-й прогноз	13:40	13:59:10.000	42°23'31.2" с.ш., 111°29'42.0" в.д.
3-й прогноз	13:49	13:56:37.670	42°29'24.0" с.ш., 112°39'43.2" в.д.
4-й прогноз	14:02	13:59:38.896	42°29'45.6" с.ш., 112°43'58.8" в.д.
Фактическая точка		13:59	42°29'11.7" с.ш., 112°42'57.4" в.д.



▲ Точка посадки (справа) ушла на 100 км за пределы расчетного района (квадрат в центре)

намического торможения СА в атмосфере. Именно он впервые позволил подкованному зрителю сделать вывод об отклонении от расчетной точки сразу на 101.50 км к востоку. Специалистам центра управления, конечно, еще раньше стало ясно, что СА идет с большим перелетом, и недаром наземная съемочная группа рванула в новый район еще до ввода парашюта.

Что именно «пошло не так» на этапе торможения СА в атмосфере – пока не известно. Это не был баллистический спуск – в таком случае космонавты приземлились бы с большим недолетом. Возможно, в силу каких-то особенностей системы управления вела аппарат выше идеальной траектории, и скорость гасилась не так быстро, как закладывалось в расчет.

Следует заметить, что на заключительном этапе спуска Цзин Хайпэну и Чэнь Дуну изрядно повезло. Дрейфуя под парашютом на восток с попутным ветром, СА совершил посадку среди разбросанных по степи ферм монгольских скотоводов, недолетев всего 9 км до магистральной железнодорожной линии Пекин – Чжанцзякоу – Уланьчаб – Эрэн-Хото – Улан-Батор и идущей параллельно ей автострады. Еще немного, и он оказался бы в опасной близости от перегона Чжужихэ – Сайхан-Тала (г. Сунид-Юци), повторив сомнительное «достижение» Германа Титова на «Востоке-2».

Более того, западнее станции Чжужихэ располагалось обширное поле ветряков одноименной ветроэлектростанции, и до его границы СА недолетел всего 2.5 км. Далее, в 16 км южнее места посадки находилась авиабаза Джурх (Чжужихэ), а еще немного к юго-востоку – одноименный крупный военный полигон. Ну и последнее, но немаловажное: уже на малой высоте СА пересек свежестроенную линию электропередачи. Ее опоры можно видеть на некоторых снимках в километре западнее точки приземления.

Четвертый баллистический прогноз, появившийся через три минуты после реальной посадки и уточнивший скорее время касания, нежели координаты, служил руководством к действию для поисково-спасательного отряда. Указанная в нем точка находилась у фермы Чаганьхушу как раз на

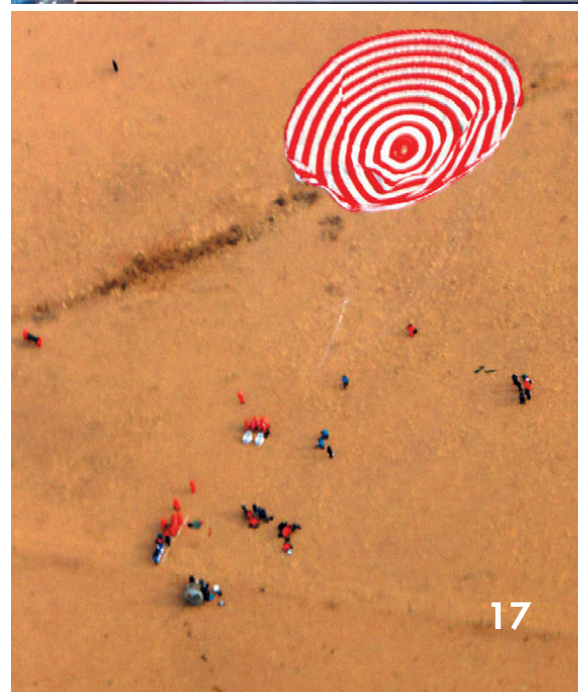
западной границе поля ветряков, так что их лениво вращающиеся огромные лопасти были хорошо видны на кадрах с вертолетов.

Фактически же СА приземлился в 1.75 км к юго-западу от прогнозной точки. Точное место посадки было названо на китайском форуме в 16:03; его удалось подтвердить Андрею Красильникову, который сумел наложить сделанные с вертолета фотографии СА и парашюта на Google-карту местности. Как выяснилось, после срабатывания двигателей мягкой посадки СА завалило на бок и потащило примерно 40–45 м.

Хотя кадры с баллистическими прогнозами были показаны в прямом эфире и там же называлась примерная величина промаха, в официальных источниках место посадки не было названо ни в день приземления, ни после него. Агентство Синьхуа передало лишь, что СА совершил посадку «в ожидаемом районе» и что после приземления Цзин Хайпэн самостоятельно открыл люк аппарата. Реальное место приземления фигурировало 18 ноября лишь в публикациях гонконгских изданий, и только 8 декабря местная газета «Силин-Гол жибао» позволила себе упомянуть, что «Шэньчжоу-11», оказывается, приземлился не в Сыцзыване, как все предыдущие корабли, а на территории хошуна Сунид-Юци вблизи фермы Чаганьхушу!

Погода на месте посадки была далека от комфортной: +7°C при довольно сильном (4 м/с) и неприятном северо-западном ветре. Поэтому примерно через полчаса после прибытия на место четверо сотрудников Центра космонавтов помогли выбраться наружу Цзин Хайпэну и на руках перенесли его в сто-

▼ Камера «взяла» парашют «Шэньчжоу-11» с предельной дистанции





ящее рядом кресло, причем командир активно махал группе встречающих руками. Космонавта укутали в теплый спальный мешок и накрыли сверху одеялом. Тут же подошли четверо поисковиков, зацепили кресло специальными крюками на штыках в спецодежду лямками и унесли Цзина прочь – скорее всего, к вертолету. Ту же последовательность операций проделали и с Чэнь Дуном, который также выглядел вполне здоровым.

В 19:00 обоих космонавтов, опять же в креслах, в костюмах с новыми полетными звездочками, вынесли по трапу из самолета в пекинском военном аэропорту Сицзяо.

– Возвратились благополучно и в отличной форме, ждем указаний. Космонавт Цзин Хайпэн, – доложил командир генерал-полковнику Чжану Юся.

– Полетное задание выполнено, – добавил Чэнь Дун.

– Хорошо, очень хорошо. Поздравляю вас. Как вы себя чувствуете?

– Отлично!

Жена, имя которой так и не было названо, преподнесла Чэнь Дуну букет цветов, и через несколько минут микроавтобус увез вернувшийся экипаж в городок Центра космонавтов для послеполетной реабилитации.

Подведение итогов

Отчитываться перед прессой в пресс-канцелярии Госсовета пришлось в этот вечер заместителю руководителя Центра Хуан Вэйфэн. Из подробностей, которые она привела, отметим, что в ходе полета все системы жизнеобеспечения работали штатно, экипаж съел 95% заложеной на борт еды и вернулся в хорошем физическом состоянии.

Успех «Шэньчжоу-11», заявила Хуан Вэйфэн, продемонстрировал, что Китай приобрел возможность длительных космических полетов. Космонавты опробовали некоторые ключевые технологии, такие как бегущая дорожка, специфические средства диагностики (ультразвук) и систему дистанционных медицинских консультаций. Выращивание растений в бортовой оранжерее, помимо чисто научного интереса, оказалось и эффективным средством психологической

разгрузки. (Кто бы сомневался!) Отличная работа космонавтов подтвердила эффективность системы их отбора и подготовки.

Заместитель директора Канцелярии пилотируемой программы Китая Ян Ливэй заявил, что полет «Шэньчжоу-11» стал ключом к успеху второго и третьего ее этапов. «Мы сделали еще один важный шаг к достижению цели создания космической станции», – подытожил он.

Хуан Вэйфэн сообщила, что уже начался набор третьей группы космонавтов, состав которой будет определен в 2017 г. В нее войдут не только летчики ВВС НОАК, но и технические специалисты в космической области.

Самые важные результаты экспериментов были сняты с борта «Шэньчжоу-11» на месте посадки и отправлены в Пекин вместе с экипажем. Уже 19 ноября доставленные материалы были переданы представителям Центра космических приложений Китайской АН.

В ночь на 19 ноября спускаемый аппарат погрузили на специальную машину для транспортировки на железнодорожную станцию. Его привезли в Пекин 20 ноября и под противным мокрым снегом доставили в 5-ю академию. СА вновь открыли в торжественной обстановке 22 ноября и извлекли образцы второй группы срочности, аппаратуру для экспериментов школьников Гонконга, упаковки с семенами растений из провинций Юньнань, Нинся и Шэньси и от тьянцзиньской компании Tasly Group, а также предметы символики: традиционный церемониальный тибетский шарф хада, воздушный змей из Вэйфана и флаг китайской организации юных волонтеров.

Специалисты осмотрели СА и нашли его состояние нормальным. Тем не менее, сказал заместитель главного конструктора «Шэньчжоу-11» Ма Сяобин, необходимо считать информацию, записанную на борту во время спуска сквозь плотные слои атмосферы в условиях отсутствия связи и «проанализировать сложный процесс возвращения». Эти данные, добавил он, станут основой для обслуживания кораблями этого типа будущей пилотируемой станции «Тяньгун» на высоте 393 км.

Карантин экипажа продолжался 20 суток – дольше, чем после «Шэньчжоу-10», когда реадaptация и послеполетные исследования потребовали лишь 15-суточной изоляции. 7 декабря Цзин Хайпэн и Чэнь Дун приняли участие в традиционной итоговой пресс-конференции.

«На этот раз во время полета я ощущал полное спокойствие и наслаждался невесомостью, – сказал командир. – Была обеспечена очень надежная техническая поддержка. Хочу отметить, что технологии и оборудование в космической лаборатории очень надежные, в особенности скафандр и система управления. Если сравнить с предыдущими полетами, то в этот раз качество оборудования превзошло все наши ожидания и порадовало. Ракета, команда, космическая лаборатория, наше снаряжение и питание – все было подготовлено по высшему разряду. Меню особенно удалось в течение всех этих тридцати трех дней».

Чэнь Дун заявил, что освоился с невесомостью не сразу, поначалу все время прихо-



дилось за что-нибудь держаться, но в итоге он научился не только летать по лабораторному модулю, но и делать вращение и сальто. «Это мой первый полет в космос, и самый необычный опыт в моей жизни, – сказал бортинженер. – Я впечатлен легкостью движения в условиях невесомости: как будто мое тело – это перышко. Кроме того, рассветы и закаты на орбите выглядят очень красиво и впечатляюще. И отдельным удовольствием было наблюдать, как прорастают семена салата, которые мы посеяли в космосе».

Говоря о своем бортинженере, Цзин Хайпэн заявил, что поставил бы Чэнь Дуну оценку 100 баллов из 100 возможных. Он добавил, что быт на борту очень скрасила возможность смотреть телевизионные передачи, особенно во время еды.

В свою очередь, Хуан Вэйфэн сообщила, что состояние здоровья космонавтов соответствует ожидаемому и что врачи будут постоянно наблюдать за ними еще в течение месяца, чтобы убедиться в полном завершении послеполетной реабилитации.

Итоги полета «Шэньчжоу-11»

Основное задание: Осуществление стыковки с космической лабораторией «Тяньгун-2» и продолжительного полета на ней

Старт: 16 октября 2016 г. в 23:30:31.409 UTC

Место старта: КНР, Автономный район Внутренняя Монголия, Центр космических запусков Цзюцюань, площадка №43, пусковая установка №91

Стыковка: 18 октября в 19:23:45 UTC к стыковочному узлу лаборатории «Тяньгун-2»

Расстыковка: 17 ноября 2016 г. в 04:41 UTC

Посадка: 18 ноября в 05:59 UTC на 506-м витеке

Место посадки: КНР, Автономный район Внутренняя Монголия, хошун Сунид-Юци, 42°29'11.7" с. ш., 112°42'57.36" в. д.

Длительность полета: 32 сут 06 час 28 мин

Орбита (высота над поверхностью земного эллипсоида):

16 октября, 1-й виток: $i = 42.79^\circ$, $H_p = 197.3$ км, $H_a = 369.6$ км, $P = 89.98$ мин

18 октября, 32-й виток: $i = 42.79^\circ$, $H_p = 383.1$ км, $H_a = 392.2$ км, $P = 92.12$ мин

Экипаж: Цзин Хайпэн (командир), Чэнь Дун

Еще один «Подсолнух»

Е. Рыжков специально для «Новостей космонавтики»

2 ноября в 15:20:00 по японскому времени (06:20:00 UTC) с площадки 1 космодрома Танэгасима пусковая группа компании MHI (Mitsubishi Heavy Industries Ltd.) при содействии специалистов Японского аэрокосмического агентства JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) провела пуск ракеты-носителя H-IIA F31 с геостационарным метеорологическим КА Himawari-9.

Первоначально назначенная на 1 ноября вторая в 2016 г. миссия с полигона Танэгасима была перенесена на сутки из-за плохой погоды и стала 31-м пуском H-IIA с 2001 г. (и 43-м для ракет семейства H-II с 1994 г.), причем в 19-й раз использовался носитель в конфигурации H-IIA (202). Выведение прошло штатно, и через 27 мин 51 сек спутник отделился от последней ступени на геопереходной орбите со следующими параметрами:

- наклонение – 22.38°
- высота в перигее – 244 км;
- высота в апогее – 35853 км;
- период обращения – 631.0 мин.

В каталоге Стратегического командования США аппарат получил номер **41836** и международное обозначение **2016-064A**. Уже 9 ноября КА был доведен на геостационар и стабилизирован в точке 140.8° в.д.

Himawari-9 (ひまわり9号, означает «Подсолнух») – девятый японский геостационарный метеорологический КА. Этот и предыдущий по номеру аппарат – приемники многоцелевого спутника MTSat-2 (Multifunctional Transport Satellite-2, он же Himawari-7), созданного по заказу Управления гражданской авиации Японии CAB (Civil Aviation Bureau) и Японского метеорологического агентства JMA (Japan Meteorological Agency) для слежения за движением на дорогах и передачи метеоинформации (табл. 1).

7 октября 2014 г. на смену MTSat-2 был запущен аппарат нового поколения Himawari-8 (HK № 12, 2014), который к 16 октября пришел в точку стояния 140.7° в.д. на геостационарной орбите. После орбитальных испытаний 18 декабря 2014 г. с него получили первые изображения с целевой аппаратуры, а 7 июля 2015 г. КА начал официально использоваться взамен Himawari-7.

Himawari-8 и -9, работающие под управлением агентства JMA, построены компанией Mitsubishi Electric на базе платформы

DS-2000 и оснащены усовершенствованным оптическим оборудованием, позволяющим отслеживать возникновение атмосферных явлений, а также измерять температуру поверхности моря и выявлять содержание вулканического пепла в воздухе. Стартовая масса каждого КА около 3500 кг, сухая масса около 1350 кг, расчетный срок службы – 15 лет. Спутник получает питание от одной арсенид-галлиевой солнечной батареи (СБ), которая вырабатывает до 2.6 кВт электроэнергии. В развернутом состоянии КА имеет длину около 8 м.

Аппарат работает в режиме трехосной ориентации, используя для управления положением в пространстве двигатели малой тяги и маховики. Платформа имеет срок службы более 15 лет, однако активный срок миссии установлен в 8 лет (7 лет в использовании и год на параллельные наблюдения).

Система радиосвязи работает в диапазонах Ku (прием сигнала 13.75–14.5 ГГц; отправка сигнала 12.2–12.75 ГГц), Ka (отправка сигнала 18.1–18.4 ГГц) и UHF (прием сигнала 402.0–402.4 МГц).

Himawari-9 предназначен для покрытия области Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) из точки стояния 140.7° в.д. при работе в паре с Himawari-8, который он заменит в 2022 г. или раньше – при исчерпании ресурса последнего.

Основной инструмент Himawari-9 – это 16-канальный многоспектральный тепловизор ANI (Advanced Himawari Imagers), работающий в видимом и инфракрасном (ИК) спектре. Видимая область – три диапазона длин волн, ближний ИК-спектр – тоже три диапазона, средне- и длинноволновой ИК – 10 диапазонов (табл. 2).

Прибор спроектирован и построен международной компанией Exelis Geospatial Systems (сейчас Harris Space & Intelligence Systems) и имеет аналогичные спектральные и пространственные характеристики с датчиком ABI (Advanced Baseline Imager), который планируется использовать в серии американских метеоспутников GOES-R. ANI может получать изображения с разрешением до 0.5 км. В сентябре 2015 г. генеральный директор Австралийского бюро метеорологии доктор Роб Вертесси заявил, что Himawari-8 «генерирует примерно в 50 раз больше данных, чем предыдущий спутник».

Наблюдения с помощью радиометра видимого и ИК-излучения происходят следующим образом. Сканирующее зеркало во внутренней части аппарата активируется и на протяжении некоторого времени сканирует Землю широтными полосами, смещаясь с севера на юг. В определенное время ориентация сканирующего зеркала меняется и происходит сканирование заданной территории, например Японии. Свет, собранный скани-



Табл. 1. Японские метеорологические спутники серии Himawari

Название	Дата запуска (UTC)	Космодром	Ракета-носитель	Результат запуска	Дата прекращения работы
GMS-1 (Himawari-1)	14.07.1977	Мыс Канаверал	Delta 2914	Успех	Июнь 1989 г.
GMS-2 (Himawari-2)	11.08.1981	Танэгасима	N-II (N8F)	Успех	Ноябрь 1987 г.
GMS-3 (Himawari-3)	03.08.1984	Танэгасима	N-II (N13F)	Успех	Июнь 1995 г.
GMS-4 (Himawari-4)	06.09.1989	Танэгасима	N-I (H20F)	Успех	Февраль 2000 г.
GMS-5 (Himawari-5)	18.03.1995	Танэгасима	N-II (F3)	Успех	Июль 2005 г.
MTSat-1	15.11.1999	Танэгасима	H-II (F8)	Авария	
MTSat-1R (Himawari-6)	26.02.2005	Танэгасима	H-IIA (F7)	Успех	04.12.2015
MTSat-2 (Himawari-7)	18.02.2006	Танэгасима	H-IIA (F9)	Успех	В резерве
Himawari-8	07.10.2014	Танэгасима	H-IIA (F25)	Успех	Работает
Himawari-9	02.11.2016	Танэгасима	H-IIA (F31)	Успех	Проходит орбитальные испытания



Табл. 2. Используемые диапазоны длин волн

Диапазон	Himawari 6/7	Himawari 8/9
Видимый	1 канал (черно-белый)	3 канала (цветной)
Ближний ИК	Нет	3 канала
СВ ИК	2 канала	4 канала
ДВ ИК	2 канала	6 каналов
Итого	5 каналов	16 каналов

рующим зеркалом, разлагается в спектр по нужным диапазонам длин волн. Далее, с помощью детектора свет преобразуется в электрический сигнал, который посылается на Землю.

Продолжительность цикла, которая у предыдущего поколения спутников Himawari-MTSat составляла 30 минут, у Himawari 8/9 сокращена до 10 минут, причем внутри него возможно проводить мониторинг определенных зон с высокой периодичностью (пример: территория Японии «просматривается» каждые 2.5 минуты). Более того, по сравнению с предыдущим поколением КА горизонтальную разрешающую способность улучшили вдвое.

Благодаря увеличению частоты и детальности просмотра удастся в подробностях понимать процессы перемещения и разви-

тия облаков, которые вызывают тайфуны и обильные дожди, а также с высокой частотой наблюдать за распределением атмосферных аэрозолей и вулканического пепла. Данные, полученные от Himawari 8/9, используются для составления картины облачности, а при последующей компьютерной обработке можно высчитать такие параметры, как температуру, направление и скорость ветра в воздушном пространстве, которые имеют самое разнообразное применение в сфере численного прогноза погоды.

Информацию с нового аппарата будут получать синоптики из 30 стран Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР). Однако в связи с тем, что некоторые страны не способны обеспечить стабильное интернет-соединение для приема метеоданных, Национальное метеорологическое управление Японии разработало систему HimawariCast, передающую данные со спутника не напрямую, как, например, в Австралию, а в сжатом виде через другие КА. При поддержке Всемирной метеорологической организации WMO (World Meteorological Organization)

Япония установила такое оборудование в Таиланде, Вьетнаме, Камбодже и ряде других государств Юго-Восточной Азии.

Специалисты отмечают, что, благодаря спутникам Himawari, в АТР значительно выросла эффективность прогнозов возникновения и движения тайфунов – одной из главных причин стихийных бедствий в этой части Земли.

Роль метеорологических спутников

Благодаря возможности метеоспутников проводить метеонаблюдения и изучать равным образом распределение облаков, водяного пара, морского льда и т.д. над большой территорией, даже в тяжелых условиях океана, в пустыне или горной местности, очень эффективным становится обзор всей Земли – атмосферы, морей и океанов, а также криосферы. В частности, при наблюдениях за тайфунами на море это является очень действенным инструментом для наблюдений.

Всемирная метеорологическая организация WMO, являющаяся одним из важных столпов Всемирной службы погоды WWW (World Weather Watch), призывает к созданию Мировой сети спутникового метеонаблюдения (Space-based Global Observation System), состоящей из многочисленных геостационарных метеоспутников и полярных метеоспутников. Япония, будучи вовлеченной в данную деятельность, с 1978 г. реализует вывод на орбиту и активную эксплуатацию геостационарных метеоспутников.

Himawari 8/9 унаследовали данную традицию. Изначально Япония, Восточная Азия, государства в Западной части Тихого Океана использовали данные метеонаблюдений только для прогнозирования погоды. Однако спутники Himawari 8/9 будут проводить наблюдения и предсказания движения тайфунов, концентраций сильных проливных дождей, изменений климата, а также обеспечивать безопасность движения кораблей и воздушных судов.

Эксплуатация спутников Himawari 8/9 осуществляется частной компанией под эгидой «Частной финансовой инициативы» (Private Finance Initiative). Сюда входит вся наземная инфраструктура, включая антенны и т.д., а также сам прием данных наблюдений от спутника и управление им.





И. Афанасьев, И. Лисов.
«Новости космонавтики»



Самый великий из всех великих

Первый пуск CZ-5

3 ноября в 20:43:13.998 по пекинскому времени (12:43:14 UTC) со стартового комплекса № 101 Площадки космических запусков Вэньчан на острове Хайнань был осуществлен первый пуск РН нового поколения «Чанчжэн-5» (长征五号, CZ-5, «Великий поход-5») с разгонным блоком (РБ) «Юаньчжэн-2» (远征二号, YZ-2, «Дальний поход-2») и экспериментальным КА «Шицзянь-17» (实践十七号, SJ-17, «Практика-17»).

Носитель и разгонный блок выполнили программу полета, хотя и с некоторыми отклонениями. Спутник массой около 4000 кг впервые в китайской практике был выведен непосредственно на близкую к геостационарной орбиту дрейфа с параметрами:

- наклонение – 0.32°;
- высота в перигее – 35894 км;
- высота в апогее – 38789 км;
- период обращения – 1516.9 мин.

В каталоге Стратегического командования США спутнику «Шицзянь-17» были присвоены номер **41838** и международное обозначение **2016-065A**.

Подготовка и пуск

Изготовление, сборка и испытания ступеней первого летного экземпляра с заводским номером Y1 на Тяньцзиньском космическом предприятии по выпуску ракет «Великий поход» завершились в начале августа. 16 августа там прошла торжественная церемония выпуска носителя и разгонного блока.

В тот же день специализированные транспортные суда «Юаньван-21» и «Юаньван-22» вышли из порта базирования Цзяньинь, а уже 22 августа в порту Тяньцзинь на них погрузили негабаритные контейнеры с блоками ракеты. 26 августа оба корабля вышли в море и 31 августа пришли в

порт Цинлань в городском округе Вэньчан на Хайнане. 1 сентября началась разгрузка, и контейнеры по автодороге доставлялись на космодром. Было объявлено, что разгрузка займет около недели, а на входные испытания ступеней и блоков нужно около 10 суток. Вертикальная сборка ракеты начнется примерно 20 сентября и продлится четверо суток, после чего в течение месяца будут идти испытания, в конце октября состоится вывоз на старт, а в начале ноября – пуск. Между тем неофициальные источники уже 24 августа назвали дату пуска – 3 ноября.

26 сентября на 67-м Международном астронавтическом конгрессе в Гвадалахаре заместитель директора Канцелярии программы пилотируемых космических полетов Китая У Пин подтвердила, что первый пуск CZ-5 с Вэньчана состоится в начале ноября 2016 г. Через несколько дней, 1 октября, в неофициальном порядке стало известно, что он назначен на 3 ноября в 18:00 по местному времени.

Работы с новым носителем на технической позиции космодрома продолжались почти два месяца. 19 октября головной блок – обтекатель с разгонным блоком и спутником внутри – перевезли из МИКа космических аппаратов в МИК носителя и установили на CZ-5.

Ранним утром 28 октября ракету в вертикальном положении на мобильном стартовом столе с кабель-заправочной мачтой доставили из МИКа на стартовый комплекс и установили над отверстием газоотводного канала возле стационарной башни обслуживания. Вывоз изделия по прямому железнодорожному пути длиной 2800 м занял около двух часов.

2 ноября были опубликованы предупреждения для летчиков о закрытии опасной зоны вокруг стартового комплекса на 3 ноя-

бря с 17:50 до 18:30 пекинского времени. Районы падения по трассе полета северо-западнее и северо-восточнее острова Лусон (Филиппины) предусмотрительно закрыли на более длительный срок – с 17:30 до 21:10. Итак, ожидаемые дата и время старта получили подтверждение.

Прямой репортаж со старта вели сначала несколько каналов в Сети, позднее подключилось и Центральное телевидение Китая. Около 16:00 была объявлена трехчасовая готовность, из чего наблюдатели сделали вывод о часовой задержке. За пару минут до 19:00 стало ясно, что старт откладывается вновь. Причины названы не были, но в 19:40 по громкой связи объявили новое время пуска – 20:40. В итоге старт состоялся еще на три минуты позже.

Хотя в интернет-трансляции были слышны отрывистые доклады и команды, из-за языкового барьера она не могла передать всего драматизма этих последних часов и минут. Каково это было, сторонние наблюдатели прочувствовали утром 4 ноября, когда один из членов пусковой команды выложил в открытый доступ стенограмму ряда событий и расшифровку основных реплик по громкой связи. Ниже представлен ее перевод. Позывные: «Ноль-первый» – 36-летний руководитель пуска Ху Сюйдун (胡旭东), «Сто десятый», «Сто двадцатый» и т.п. – другие, столь же молодые члены стартового расчета.

28 октября. Испытания всех систем CZ-5 завершены, ракета вывезена на стартовый комплекс. Началась фаза заправки и подготовки к пуску.

30 октября. Во время «мокрого прогона» возникли проблемы: положение ракеты на старте несколько отличается от расчетного, и во время финального отсчета



▲ «Ноль-первый» – Ху Сюдун

один из двигателей ускорителя нештатно качнулся в кардане до предельного угла. Могло ли это вызвать повреждение двигателя? Нужно ли возвращать ракету в Тяньцзинь для ремонта?

31 октября. Ситуация с двигателем ускорителя обсуждалась с участием командира Войск стратегического обеспечения НОАК и командира Военно-космических сил. По результатам обследования двигатель допущен к пуску.

3 ноября, день пуска. Время старта – 18:00:00; пусковое окно с 18:00 до 20:40.

Около 10:30 пекинского времени. Появилось подозрение об утечке жидкого кислорода в ускорителях № 1 и № 3.

Ноль-первый: «Всем номерам сохранять готовность, обратный отсчет будет остановлен на отметке Т-7 час».

Ноль-первый: «Перенос времени пуска на 19:01:00».

17:36. Нештатная ситуация при захолаживании двигателей первой ступени.

Ноль-первый: «Сто десятому, остановить дренаж жидкого кислорода. Остановить заправку керосина. Всем системам сохранять готовность, обратный отсчет будет остановлен на отметке Т-1 час».

18:20. Оператор полезной нагрузки докладывает, что с точки зрения спутника окно можно продлить до 21:00.

19:02. Ноль-первый: «Ноль-второму, первому оператору гелиевых станций первой ступени вернуться на пост!»

19:10. Руководство решило, что, если нештатная ситуация с захолаживанием первой ступени не будет устранена до 19:30, будет рассматриваться вопрос об отмене пуска. Команда стартового комплекса начала подготовку к переносу, группа экстренного реагирования находилась на позиции.

▼ «Сто двадцатый» – Лю Бин приобрел всекитайскую известность за свой радостный, но нецензурный, возглас после выхода КА на орбиту



В результате отличной работы группы двигательных установок (использование входа D7 для продувки) в 19:33 температура кожуха подшипника насоса водорода двигателя № 1 первой ступени начала падать.

Ноль-первый: «Новое время старта – 20:40:00».

20:30. Нештатная работа программного обеспечения консолей системы мониторинга: данные не обновляются, идут сообщения об ошибках.

20:38. Ноль-первый: «Задержка обратного отсчета на Т-3 мин. Перенос времени пуска на 20:41:17».

20:39. Ноль-первый: «Задержка обратного отсчета на Т-2 мин. Перенос времени пуска на 20:41:56».

Т-90 сек. Сто двадцатый: «Переход на бортовое питание».

Ошибка главного компьютера, аварийный сигнал.

Т-60 сек. Сто двадцатый: «Ноль-первому, прервать пусковые операции».

Ноль-первый: «В чем проблема?»

Сто двадцатый: «Ноль-первому, ожидайте».

Сто двадцатый: «Ноль-первому, можно продолжать».

Т-10 сек. Ноль-первый: «10, 9, 8...»

Система наведения: «Не вижу данных!»

Система ориентации: «Не получаю данных по углу отклонения».

Сто двадцатый: «Ноль-первому, ожидайте».

Ноль-первый: «7, 6...»

Т-6 сек. Система ориентации: «Готов». Сто двадцатый: «Ноль-первому, готов».

Ноль-первый: «5, 4... Перевести отсчет на Т-10 сек!»

Время пуска перенесено на 20:43:04.

Ноль-первый: «10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, зажигание».

Старт состоялся в 20:43:13.9983 пекинского времени.

Через 10 секунд после того, как была нажата кнопка «Зажигание», стартовый комплекс озарился пламенем. Из газоотводного лотка вырвались клубы дыма. Могучая ракета величественно поднялась и, ускорясь, устремилась в мурное ночное небо.

Дальнейшие события представлены в таблице 1. Расчетные времена даны из брошюры, розданной участникам пуска, имеющиеся фактические – по доступным записям на экране Центра управления запуском.

Примерно через три минуты после старта отработали и отделились четыре ускорителя, а еще примерно через две минуты были сброшены половинки головного обтекателя. В 20:51 на высоте 196 км был зафиксирован первый запуск двух двигателей второй ступени. Они отработали 356 секунд и на 832-й секунде полета выключились по достижении орбитальной скорости. Это произошло на высоте около 170 км – для CZ-5, как и для Ariane 5, такой полет со снижением оказался энергетически выгодным. Телеметрия на этапе первого включения шла на морское судно-ретранслятор «Юаньван-7», после него – на спутник «Тяньлянь-1» № 02.

Около 10 минут продолжалась баллистическая пауза. В 21:07 на высоте около 170 км на подходе к экватору в зоне видимости кораблей «Юаньван-6» и «Юаньван-5» дви-



Табл. 1. Циклограмма первого пуска CZ-5

№ п/п	Событие	Время от старта, сек	
		расчет.	фактич.
1	Старт	0.000	0.000
2	Начало программного разворота	17.000	
3	Выключение внешних двигателей ускорителей	170.930	
4	Выключение внутренних двигателей ускорителей	171.930	
5	Отделение ускорителей	172.960	*182.173
6	Сброс головного обтекателя	285.460	285.867
7	Выключение двигателей центрального блока	471.310	
8	Разделение ступеней, включение двигателей второй ступени	475.110	476.233
9	Выключение двигателей второй ступени	830.507	832.449
10	Второе включение двигателей второй ступени	1422.507	1422.440
11	Выключение двигателей второй ступени	1765.728	1779.010
12	Начало точной коррекции скорости	1767.728	
13	Окончание точной коррекции скорости	1782.728	
14	Отделение головного блока, баллистическая пауза	1783.028	1821.010
15	Первое включение двигателя РБ	1863.028	1901.370
16	Выключение двигателя РБ, баллистическая пауза	1910.344	2020.913
17	Второе включение двигателя РБ	21220.364	
18	Выключение двигателя РБ, начало точной коррекции скорости	22278.186	
19	Окончание точной коррекции скорости, разворот для отделения КА	22318.186	
20	Отделение КА	22438.186	

* Недостоверное значение – по видеозаписи отделение прошло на 176-й секунде от старта.

гатели второй ступени включились вновь, проработав примерно до 21:13. Еще через 42 секунды состоялось отделение головного блока, встречное в Центре управления запуском бурными аплодисментами и громким гулом восторженных голосов.

Новый носитель подтвердил свою работоспособность, и теперь исход миссии YZ-2 целиком зависел от РБ. По циклограмме YZ-2 должен был выдать два импульса (табл. 1) –



один на доразгон вблизи перигея геопереходной орбиты, другой – в апогее. Такую схему выбрали преднамеренно с целью про-верить работу РБ с двумя включениями.

Еще на фоне первого из них гул в главном зале 508-го сооружения достиг апогея. Специалисты кричали, обнимались, фотографировались с большим красным флагом. Их вахта закончилась: за работой РБ следил Пекинский ЦУП. Начиная с 21:25 ответственные руководители выходили на трибуну, чтобы объявить об успехе и поздравить сотрудников.

Табл. 2. Объекты, зарегистрированные после пуска CZ-5

Объект	Номер	Межд. обозн.	Параметры орбиты			
			i	Ир, км	На, км	P, мин
Вторая ступень	41839	2016-065B	19.49°	164	29098	503.3
Орбитальный блок на ГПО	41838	2016-065A	19.51°	216	35824	629.8
КА на целевой орбите	41838	2016-065A	0.32°	35894	38789	1516.9
РБ после увода	41840	2016-065C	0.04°	35641	39970	1540.8

На самом деле успех CZ-5 не был стопоренным. Внимательные зрители отметили, что выключение второй ступени РН произошло на 13.3 сек позже расчетного времени и – что еще более странно – первое включение РБ продолжалось не 47.3 сек по циклограмме, а 119.5 сек. В результате разгонник израсходовал 493 кг топлива и выдал приращение скорости порядка 130 м/с*, хотя должен был – только 51 м/с. Следовательно, вторая ступень недодала порядка 80 м/с и не обеспечила достижение целевой орбиты с апогеем 33 000 км.

Как следствие, на первом витке средства Космического командования США определили существенно разные орбиты для второй ступени и орбитального блока (табл. 2). Перигейный импульс, необходимый для перехода с первой на вторую, составлял примерно 128 м/с, что отлично совпало с приведенной выше оценкой.

Второй импульс выдавался в апогее геопереходной орбиты через 5 час 54 мин после старта, то есть в 02:37 ночи по Пекину. Расчетная продолжительность включения была 1057.2 сек, что соответствовало расходу топлива в 4363 кг. Естественно, второй импульс и отделение КА в 02:56 (10:56 UTC) по телевидению уже не показывали и сообщали о нем с почти двухчасовой задержкой.

* Оценка для массы головного блока в 12 000 кг.

Американцы нашли «Шицзянь-17» на нестандартной квазисинхронной орбите с апогеем около 38 800 км. Чтобы достичь ее, РБ должен был обеспечить приращение скорости 1700 м/с. Примерно через два часа после отделения полезного груза YZ-2 выполнил импульс увода, подняв апогей почти до 40 000 км. Это означало, что он дрейфует над экватором со скоростью 25° в сутки на запад, регулярно погружаясь в геостационарный пояс.

Зачем для КА потребовалась столь необычная орбита, догадаться несложно. При запуске с Вэньчана и прямом выведении с выдачей первого импульса в нисходящем узле первого витка конечная точка на геостационаре лежит примерно над 60° з.д., над Южной Америкой, где Китай располагает лишь арендуемыми средствами мониторинга и управления. Отсюда следовало, что КА нужно как можно скорее перегнать на запад, в пределы рабочей зоны китайских НИПов и КИПов. Начальная орбита с периодом 1517 мин как раз и обеспечивала западный дрейф со скоростью 19.2° в сутки.

По сообщению CAST, после отделения КА группа управления полетом обеспечила проведение двух коррекций наклона и пяти коррекций высоты периода обращения. Орбитальные элементы позволяли установить, что 6 ноября состоялась первая коррекция наклона. 10 ноября примерно в 21:53 пекинского времени над точкой 165° в. д. аппарат отработал тормозной импульс 27.5 м/с, в результате которого апогей был снижен до 37 200 км, а скорость дрейфа уменьшилась до 9.5° в сутки. Еще два маневра, судя по орбитальным элементам, были выполнены 11 ноября: первый в 10:30 с приращением скорости 23 м/с и второй около 19:30 с приращением 1.3 м/с. В результате 12 ноября «Шицзянь-17» вышел на геостационарную орбиту в точке 162.9° в. д. с наклоном 0.81° и остаточным дрейфом на уровне 0.01° в сутки.

«Шицзянь-17»

Решение о том, что первая CZ-5 будет нести экспериментальный спутник «Шицзянь-17» (SJ-17), было принято в июне и объявлено 8 августа 2016 г. После запуска SJ-17 официально описывается как экспериментальный спутник, предназначенный для демонстрации ряда новых технологий в области автономной навигации, двигательных уста-

новок на нетоксичном топливе, новых источников питания, а также для наблюдения за космическими объектами.

Сообщается, что спутник разработало и изготовило в 2013–2016 гг. за собственные средства отделение телекоммуникационных спутников Китайской исследовательской академии космической техники CAST при участии Национального университета оборонной науки и технологий NUDT. Административным руководителем и главным конструктором проекта является Ван Дяньцзюнь (王典军), за которым также числится спутник-ретранслятор «Тяньлянь-1» № 04 (см. с. 50).

После выхода в рабочую точку КА должен быть передан в эксплуатацию оператору China Satcom: он будет обеспечивать услуги в области связи и вещания и программу экспериментов.

Согласно сообщениям агентства Синьхуа и отраслевой газеты «Чжунго хантянь бао», «Шицзянь-17» массой несколько менее 4000 кг выполнен на новой спутниковой платформе DFH-4S, известной также как DFH-3B и впервые опробованной при создании по коммерческому контракту спутника Laosat-1. На втором экземпляре DFH-4S планируется, в частности, завершить испытания интегрированной системы электроники новой платформы.

В составе системы электропитания КА тестируются фотоэлектрические преобразователи на арсениде галлия с четырьмя переходами и с обратным переходом, имеющие более высокую эффективность по сравнению с типовыми элементами с тремя переходами, которые в настоящее время находятся в оперативном использовании на большинстве КА.

Для удержания спутника в точке стояния, а также для маневрирования при выполнении задач экспериментальной миссии КА имеет холловские электроракетные двигатели с магнитной фокусировкой НЕР-100MF тягой 80 мН с удельным импульсом 1800 сек и энергопотреблением 1.35 кВт – это совместная разработка 502-го института Китайской корпорации космической науки и техники CASC и Харбинского технологического института НИТ, руководителем которой был профессор Юй Дажэнь (于达仁). По сообщению НИТ, первое включение холловских двигателей в полете было произведено 22 ноября.

На SJ-17 также установлен бортовой ЖРД, работающий на «зеленом» топливе – динитрамиде аммония ADN (Ammonium Dinitramide), который можно использовать вместо токсичного гидразина с сохранением приемлемого значения удельного импульса. Разработчиком двигателя выступает 502-й институт. Тест «зеленого» двигателя в полете, по-видимому, состоялся 24 ноября. Китайская пресса отмечает, что тем самым Китай становится второй страной в мире, освоившей технологию нетоксичного ракетного топлива. При использовании динитрамида аммония уменьшается риск заражения при разливах компонента. Кроме того, в случае падения КА данное топливо будет абсолютно безвредно для окружающей среды.

«Шицзянь-17» должен также продемонстрировать технологию навигации с



использованием космических спутниковых навигационных систем (СНС), а конкретно – боковых лепестков сигналов китайской СНС «Бэйдоу».

По словам Ван Дяньцзюня, результаты испытаний КА «Шицзянь-17» будут иметь большое значение для создания новой геостационарной платформы DFH-5. Например, для нее предстоит испытать встроенный бак компонентов топлива.

Вкладом NUDT, в котором проект имеет собственное наименование «Тяньфан-1» (天方一号), является модуль литий-ионных аккумуляторных батарей с композитной силовой конструкцией, полимерным корпусом, интегрированной системой контроля вибраций и теплового режима и т. д.

Наконец, в полете будут проверены оптические приборы «для наблюдения за космическим мусором на высоких орбитах». Эта оптика также может быть использована в целях «осведомленности о ситуации (обстановке) в космосе», а в перспективе – для инспекции различных КА для изучения их внешнего вида и определения назначения.

В одном из докладов на конференции China Satellite 2016, проведенной в Пекине 28–30 октября, «Шицзянь-17» значился в одной строке с «Шицзянь-15» как спутник для отработки наведения, навигации и управления в близком совместном полете. «Шицзянь-15», выведенный на орбиту 20 июля 2013 г., «прославился» многократными экспериментами по сближению и продолжительному совместному полету с другими китайскими КА (9 августа 2013 г. с запущенным одним с ним носителем КА «Чуаньсин-3»; 17–20 августа 2013 г. с выведенным на орбиту ранее КА «Шицзянь-7»; с ним же в период с мая по сентябрь 2014 г.; вновь с «Чуаньсином-3» в мае 2016 г.; НК №9, 2013; №7, 2014). Открытое сопоставление с ним нового КА заставляло думать о появлении в Китае геостационарного спутника-инспектора.

По мнению зарубежных экспертов, факт тестирования технологий спутниковой инспекции и ситуационной осведомленности может быть подтвержден как задача SJ-17 в случае его частого орбитального маневрирования с целью сближения с другими КА. Пока известен лишь один факт такого рода: стабилизовавшись в точке 163° в. д., «Ши-

цзянь-17» к 15 ноября 2016 г. уравнивал период обращения, наклонение орбиты и положение ее восходящего узла с находящимся в этой же позиции китайским телекоммуникационным спутником «Чжунсин-5А», так что расстояние между двумя КА в течение этого и следующего дня менялось в диапазоне от 51 до 87 км.

Американская компания AGI (Analytical Graphics Inc.) в лице созданного ею Коммерческого центра космических операций ComSpOC (Operations Center Commercial Space) выбрала миссию SJ-17 для демонстрации своих услуг по космической ситуационной осведомленности. По сообщениям AGI, 30 ноября примерно в 17:36 UTC он сблизился с целью на расстояние всего в 4 км, а к 9 декабря вошел со вторым КА «в режим копланарного облета, оставаясь на расстоянии от 86 до 115 км».

Публично доступные орбитальные элементы на оба объекта подтверждают факт близости параметров их орбит в период с 15 по 29 ноября и после 8 декабря, причем во втором случае SJ-17 преднамеренно держит наклонение на 0.013° ниже, а восходящий узел на 1.1° западнее, чем у партнера. Элементы на SJ-17 в период с 30 ноября по 7 декабря указывают на маневрирование объекта, но недостаточно надежны для расчета траекторий. Последние устойчивые элементы за 29 ноября действительно предсказывают сближение 30 ноября в 17:36 UTC, но вполне умеренное – до расстояния в 58 км. Разумеется, AGI может располагать более подробной и точной непубличной орбитальной информацией от Стратегического командования США, но без указания источников и методики расчета заявления о сближении до 4 км не выглядят убедительно.

Тем не менее западные эксперты считают наблюдаемые маневры четкой подсказкой о замысле миссии SJ-17 в качестве аппарата-первопроходца космической ситуационной осведомленности и тестирования навигационных технологий для сближения с объектами на геостационарной орбите – достаточно тесного, чтобы получить оптическое изображение объекта или тайно преследовать его, перехватывая входящий трафик.

Спецслужбы США уже используют подобные объекты для подслушивания на геостационарной орбите – ради решения

«Чжунсин-5А» – старейший геостационарный телекоммуникационный аппарат Китая. Спутник был заказан у американской компании Lockheed Martin для китайского оператора China Orient Telecommunications Satellite, принадлежащего Министерству телекоммуникаций КНР. Аппарат со стартовой массой 2984 кг, имевший первоначально два названия – «Чжунвэй-1» для внутреннего употребления и Chinastar-1 для внешних пользователей – был выведен на орбиту китайским носителем CZ-3В 30 мая 1998 г. и размещен в точке 87.5° в. д. После объединения трех китайских спутниковых операторов в компанию China Satcom он был переименован в «Чжунсин-5А» (Chinasat-5A), а в ноябре 2013 г. переведен в позицию 142° в. д. и сдан в аренду гонконгскому оператору APT Satellite под названием APStar-9A. В конце апреля 2016 г. спутник перевели в новую точку 163° в. д.

Расчетный срок службы КА «Чжунсин-5А» (15 лет) уже полностью исчерпан, что делает спутник удобной целью для экспериментов со сближением на минимальное расстояние. Выбор китайского спутника для этих испытаний позволяет избежать любых потенциальных политических последствий, которые возникли бы при приближении к иностранному (коммерческому или государственному) объекту на геостационарной орбите.

этой задачи специальные спутники-шпионы «припарковываются» рядом с иностранными спутниками связи. Это дает возможность перехватывать различные типы коммуникаций, включая телефонные разговоры через спутник, и все данные, проходящие через коммерческие КА связи, к которым шпионские агентства не смогли получить доступ через наземные средства сбора информации. Западные эксперты считают, что в России аналогичную задачу выполняет спутник «Луч», запущенный 27 сентября 2014 г.

В США действует также программа космической ситуационной осведомленности на геосинхронной орбите GSSAP (Geosynchronous Space Situational Awareness Program), которая на сегодня включает четыре спутника для патрулирования вдоль геостационара и изучения объектов-резидентов, включая съемку с высоким разрешением и прием радиоизлучения со спутников.

Космический сбор разведывательных данных и космическая ситуационная осведомленность – две области, в которых на протяжении последних лет сосредоточены усилия основных космических держав в продолжающейся милитаризации космоса. Третья область, к которой проявляется большой интерес, – создание инструментов для роботизированного обслуживания КА, которые, разумеется, могут быть использованы как для технического обслуживания и защиты собственных национальных космических средств, так и для доступа внутрь иностранных спутников.

«Шаг за шагом достигнем цели»

Ракета-носитель CZ-5 (НК №11, 2008, с.48-50; №3, 2008, с.48-49) – самый мощный и одновременно наиболее часто и давно упоминаемый носитель в линейке новых китайских средств выведения. Именно с него началась разработка унифицированного

Табл. 3. Шесть официально представленных вариантов носителей семейства CZ-5

Обозначение	ПН на НОО i=42°, т	ПН на ССО h=700 км, т	ПН на ГПО (i не уточняется), т	Конфигурация	Высота на старте, м	Стартовая масса, т
CZ-5-540(HO)	10	–	6	5 м «центр» + 4×2.25 м ЖСУ + водородная вторая ступень	58	490
CZ-5-522(HO)	20	–	11	5 м «центр» + 2×2.25 м ЖСУ + 2×3.35 м ЖСУ + водородная вторая ступень	60	630
CZ-5-504(HO)	25	–	14	5 м «центр» + 4×3.35 м ЖСУ + водородная вторая ступень	62	870
CZ-5-340(HO)	13.5	5.5	6	3.35 м «центр» + 4×2.25 м СЖО + 3.35 м керосиновая вторая ступень + водородная третья ступень	55	594
CZ-5-320(HO)	3	–	1.5	3.35 м «центр» + 2×2.25 м СЖО + 3.35 м керосиновая вторая ступень + водородная третья ступень	52	431
CZ-5-200	1.5–1.08	–	–	3.35 м «укороченный центр» + 2.25 м керосиновая вторая ступень + 2.25 м перекисная третья ступень	25	103

Примечание. ПН на ГПО указана для варианта с верхней ступенью

семейства. Хотя проект был анонсирован в феврале 2001 г.*, сами разработчики уверяют, что концептуальные исследования начались много раньше: основные принципы, реализованные сейчас, были заложены 30 лет назад, еще во второй половине 1980-х годов.

Необходимость в новом носителе назрела под влиянием высоких темпов роста экономики Китая первой половины 1990-х и была обусловлена предложениями по расширению космической программы, разработкой пилотируемых кораблей, а также планами по увеличению массы выводимых полезных грузов и ужесточению требований к экологической безопасности. Как уже неоднократно говорилось, находящиеся в то время в эксплуатации РН легкого и среднего класса CZ-2, CZ-3 и CZ-4 этим требованиям совершенно не отвечали. Ряд аварий, случившихся после выхода китайских носителей на рынок коммерческих запусков, ясно высветил их недостатки.

* Полномасштабную разработку CZ-5 планировалось тогда начать в 2002 г., а первый пуск с космодрома на острове Хайнань выполнить в 2008 г.

Концепция построения будущей системы средств выведения явно зарождалась под влиянием успешных пусков советской сверхтяжелой транспортной системы «Энергия–Буран», получивших широкий международный резонанс, а также после изучения мирового тренда в области перспективных одноразовых РН. Китайские специалисты предложили создать новое поколение ракет с модульным принципом построения, имеющие отдельные общие элементы (двигатели, топливные баки унифицированных диаметров), разработанные с учетом существующей технологической и пусковой инфраструктуры, но с использованием новейших и самых передовых технологий проектирования, изготовления, сборки, транспортировки, испытаний и эксплуатации.

Основу новой системы средств выведения должны были составить носители легкого, среднего и тяжелого классов на базе вновь разработанных двигателей, «чистых» экологически и гораздо более совершенных по энергетике. Предполагалось, что со временем они постепенно заменят существующие ракеты, обеспечив экономически выгодное, безопасное и надежное выведение КА

массой от 1 до 25 т на низкие околоземные орбиты, и до 14 т – на геопереходные орбиты и на траектории полета к Луне и планетам Солнечной системы.

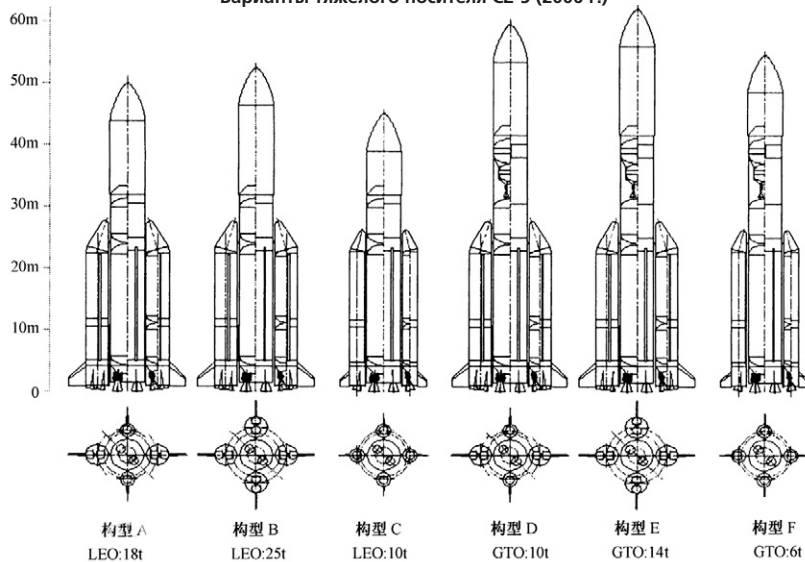
Ответственность за разработку модульного носителя была возложена на Китайскую исследовательскую академию ракет-носителей CALT (China Academy of Launch Vehicle Technology). И хотя, как уже говорилось выше, концептуальные исследования к тому времени проводились уже очень давно, впервые реальный проект семейства РН, собранного из шести стандартизированных ракетных модулей, был продемонстрирован на аэрокосмическом салоне Farnborough-2006 (НК № 10, 2006, с. 47).

Почти десятилетний разрыв между появлением первых сведений о начале разработки семейства и первой официальной демонстрацией концепции обуславливался многими факторами, в числе которых было и снижение темпов экономического роста страны второй половины 1990-х – начала 2000-х, и явные трудности, встретившиеся при разработке двигателей и освоении новых технологий, о чем будет сказано ниже.

Итак, 6 февраля 2001 г. на форуме по космическим технологиям в Пекине Лун Юэхао, председатель Научно-технического комитета CALT и административный руководитель проекта РН CZ-3А, озвучил предложение о разработке новых РН и строительстве космодрома на Хайнане. Уточненное описание семейства было представлено на авиасалоне в Учжае и на 53-м Международном астронавтическом конгрессе осенью 2002 г., а еще более подробная информация, включая типы двигательных установок и массовые характеристики – на 54-м конгрессе в Бремене в сентябре 2003 г.



Варианты тяжелого носителя CZ-5 (2006 г.)



Разработка нового семейства носителей была санкционирована Госсоветом КНР в июне 2004 г. и приобрела статус национального проекта в 2006 г. Было объявлено, что главным конструктором всего семейства модульных ракет является Лун Лэхао (龙乐豪) из CALT, а тяжелой РН – Ли Дун (李东). Административным руководителем работ стал Ван Цзюэ (王珏) – сначала по всем новым носителям, а позднее – только по CZ-5.

Уже тогда в китайской специальной литературе достаточно подробно описывалось семейство носителей, составленное из комбинации блоков-модулей трех диаметров – 2.25 м¹⁾, 3.35 м²⁾ и 5.0 м³⁾. По первоначальному плану модуль диаметром 2.25 м предполагалось оснастить одним вновь разработанным кислородно-керосиновым двигателем тягой 120 тс, а модуль диаметром 3.35 м – двумя такими двигателями. На пятиметровый блок планировалось поставить два кислородно-водородных двигателя тягой 50 тс также новой разработки. Любой из модулей мог работать в качестве первой ступени, причем для увеличения тяговооруженности ракеты служили блоки меньшего диаметра, навешиваемые в качестве стартовых ускорителей (в комбинации двух или четырех штук).

Необходимую энергетику при запуске полезных грузов как на низкие круговые, так и на высокоэллиптические околоземные орбиты и отлетные траектории должны были обеспечить также верхние ступени трех разных типов. Существующая третья ступень ракеты CZ-4A диаметром 2.9 т с двумя двигателями тягой по 11 тс на долгохранимом топливе служила бы малым РБ; в качестве среднего РБ (или второй ступени) предлагался новый

модуль диаметром 3.35 м с двумя-четырьмя новыми кислородно-керосиновыми двигателями тягой 15 тс; самый большой РБ (вторая ступень) диаметром 5 м оснащался двумя новыми кислородно-водородными двигателями тягой по 8 тс каждый.

Небывалая прежде гибкость (с точки зрения массы выводимого полезного груза) семейства должна была стать результатом комбинации ракетных блоков. Самые легкие варианты носителей могли складываться из нижнего и верхнего модулей по последовательной схеме («тандем»). Ракеты среднего класса получались путем навешивания на первую ступень двух-четырех стартовых ускорителей. Пятиметровый двухступенчатый кислородно-водородный «центр», снабженный двумя-четырьмя боковыми блоками диаметром по 3.35 м, образовывал самые мощные варианты. Несколько менее грузоподъемные носители могли оснащаться ускорителями меньшего диаметра или их комбинацией с большими блоками.

Таким образом, самая мощная ракета выполнялась по полуступенчатой схеме для полетов на низкую орбиту или по 2.5-ступенчатой при выполнении высокоэнергетических миссий.

Западные эксперты, наблюдавшие за процессом становления проекта по отрывочным сообщениям в китайских СМИ, с 1999 г. отождествляли линейку с названием «Великий поход-5» (CZ-5), отражающим следующий этап национальных средств выведения после CZ-4 – самого нового на тот момент носителя, находившегося в эксплуатации. Предполагалось, что разработка изначально будет сфокусирована на пятиметровом двухступенчатом «центре», поскольку уже летающие на тот момент «Великие походы» пол-

ностью покрывали весь диапазон полезных нагрузок, поднимаемых ракетами модульного семейства меньшего диаметра.

С момента официальной презентации в составе семейства фигурировали шесть модификаций, отличающихся типом и числом модулей, из которых они складывались (табл. 3). Самый мощный вариант, который обозначался как CZ-5-504 и оснащался четырьмя навесными ускорителями диаметром 3.35 м, укрепленными вокруг основной первой ступени («центра») диаметром 5 м, должен был стать не только самой тяжелой китайской ракетой – предполагалось, что он сможет конкурировать (с точки зрения энергетических возможностей) с любым зарубежным носителем пост-шаттловской эры.

К тому времени «моноблочные» варианты (без боковых ускорителей) из перечня модификаций исчезли. Интересный момент: никаких планов по замене существующей ракеты CZ-2F для запуска пилотируемых кораблей «Шэньчжоу» не было, в результате чего зарубежным наблюдателям стало ясно, что разработка малых и средних РН вряд ли будет продолжаться так, как первоначально предполагалось.

Так и получилось. Никакой новой «информационной волны» о состоянии работ по самому мощному варианту с водородным «центром» не родилось (работа вроде бы шла, но никаких эксклюзивных данных или фотоснимков не публиковалось), однако в октябре 2006 г. одновременно с решением о реализации проекта CZ-5 было официально одобрено и разделение семейства на ракеты среднего и тяжелого классов. Ранние модели CZ-5 с 3.35-метровым кислородно-керосиновым «центром» превратились в самостоятельные семейства носителей, имеющие собственный потенциал развития, а под изначальным именем остались лишь версии с пятиметровым кислородно-водородным центром. Проект среднего носителя CZ-7, ранее проходивший под обозначениями CZ-5-340 и CZ-5-320, был одобрен в 2008 г. и уже в мае 2010 г. перешел в стадию опытно-конструкторских работ. Последним⁴⁾ – в августе 2009 г. – был одобрен легкий носитель CZ-6 (ранее назывался CZ-5-200). Затягивание разработки эксперты связывали с тем, что полномасштабное финансирование было выделено только в 2007 г.⁵⁾

Причин разделения линейки носителей на три типа не называлось. В официальной прессе мелькало волшебное слово «оптимизация». Неофициально же существует несколько точек зрения на этот процесс, исходящих из одного принципа.

Официально считается, что «размежевание» и оптимизация позволили разделить ряд носителей по целевым задачам и сферам применения, а сокращение номенклатуры ракетных модулей – снизить время и стоимость разработки. Последнему способствовало и разнесение новых носителей по срокам проектирования и испытаний, что позволило в том числе проводить испытания сложных изделий после успешной отработки более «простых». Например, CZ-6 стал стендом для летных испытаний двигательных установок боковых блоков и верхней ступени CZ-7. В свою очередь, в пуске «семерки» был отработан боковой блок CZ-5.

1) «Калибр», освоенный китайской промышленностью при производстве первой МБР DF-4 и первого космического носителя CZ-1.

2) «Калибр», освоенный при производстве МБР DF-5 и носителей CZ-2, -3, -4.

3) Совершенно новый типоразмер. Более поздние сообщения свидетельствовали, что диаметр самого крупного блока мог превысить 5 м.

4) Как известно, в итоге «последний стал первым» – CZ-6 стартовал в сентябре прошлого года (НК № 11, 2015, с. 48-50).

5) Известный скепсис правительства понятен: вплоть до 2005 г. главным китайским космическим начинанием был первый этап пилотируемой программы, к тому же введенный США в конце 1998 г. запрет на запуски КА китайскими носителями лишил CZ-5 и его младшие версии коммерческой привлекательности.

Кроме того, выбранная последовательность проектирования и испытаний обеспечила ввод носителей в эксплуатацию в нужное время. Сообщалось, что возможности CZ-5 будут востребованы ближе к 2020-м годам, тогда как CZ-6 и CZ-7 уже сейчас смогут решать практические задачи, «перехватывая» нагрузки существующих ракет.

Неофициально же эксперты полагают, что проблемы, вставшие перед разработчиками примерно в 2005–2007 гг., заставили более четко наметить этапность проекта, отвязав реализацию главной задачи (модульность) от достижения максимальных высоких характеристик по массе выводимого груза (конкурентоспособность с самыми мощными зарубежными носителями) и определив зоны ответственности.

Конструктивная и технологическая сложность CZ-5 оказала самое непосредственное влияние на сроки реализации проекта. При закладке 30 октября 2007 г. нового предприятия в Тяньцзине для производства этих ракет было сказано, что «пятерка» ожидается в 2015 г. Это была весьма точная оценка, но, как ни странно, даже через год после этого говорили, что первый испытательный полет базового носителя планируется на 2013 год, а его штатная эксплуатация – с 2014 г. Впоследствии заявляемая дата первого старта все время ползла «вправо», потому что разработка CZ-5 действительно потребовала решения сложных проблем.

Во-первых, выяснилось, что пятиметровый криогенный блок быстро создать не удастся. Уже много позже, в марте 2013 г., Лян Сяохун, заместитель директора CALT и член Всекитайского комитета Народного политического консультативного совета Китая 12-го созыва, сообщил в интервью ежедневнику China Daily: «Наш план столкнулся с некоторыми трудностями». При этом он сослался на три неудачных эксперимента*, прошедших к тому моменту, и отметил, что основная сложность – в изготовлении крупногабаритных элементов конструкции: «Хотя на счету китайских ракет семейства «Великий поход» – более 100 успешных пусков, проблемы в освоении CZ-5 связаны с большими размерами: диаметр [блоков] 5 м вместо 3.35 м у предыдущих носителей».

В теории новая ракета позволяла выводить на орбиту очень тяжелые спутники и компоненты станций. «Но когда объект крупногабаритный, технические риски его изготовления и функциональные дефекты эксплуатации также растут, – констатировал Лян, заметив, что увеличенный размер заставил китайских производителей заменить станочный парк, который до этого не производил части ракет столь крупных размеров; на заводах пришлось устанавливать новое оборудование и модернизировать технологии. – В проекте CZ-5 промышленность достигла своего потолка».

Из этих соображений стало ясно, что пятиметровый «центр» надо делать не в

первую, а в последнюю очередь, когда будут готовы боковые навесные модули (без них он сам не полетит, это все-таки не Delta IV, а довольно-таки классический носитель с «сильными» ускорителями и «оптимально-слабым» центральным блоком).

Кроме того, шесть и более первоначальных вариантов CZ-5 – это, как сейчас говорят, «хотелки». В настоящее время ракеты принято делать все-таки под более или менее конкретные полезные нагрузки, которых – даже у Китая – совсем «не великое множество». Есть (или разрабатываются) вполне конкретные аппараты, распределенные по более или менее формализованным нишам, под которые можно планировать конкретные миссии и заказывать носители. Промежуточные варианты либо отсутствуют, либо притянуты за уши.

Между тем в 2008 г. Ли Дун все еще анонсировал шесть версий «пятерки», отличающихся конкретным набором четырех ускорителей и наличием или отсутствием второй ступени. После «ребрендинга» самый тяжелый полуступенчатый вариант стал называться CZ-5B, а соответствующий ему 2.5-ступенчатый – CZ-5E.

Ну и наконец: когда CZ-5 начинался как «модульное семейство» (конкретно – «носитель из кубиков»), предполагалось, что инженерам придется прежде всего создавать новые двигатели. Через какое-то время выяснилось, что разработать, спроектировать, испытать, довести и поставить «в серию» параллельно и одновременно ЖРД двух классов (мощные кислородно-керосиновые и мощные кислородно-водородные) невозможно**. Возобладал постепенный подход: сначала делаем одно, потом с какого-то этапа – другое.

Китайские инженеры прагматично решили делать не просто стендовые образцы (скажем, для отработки нового бокового ускорителя), а строить на базе последних летные варианты ракет, которые по мере ввода в строй смогут заменять существующие носители семейства «Великий поход» аналогичного класса. Так появились «шестерка» и «семерка». И если острая нужда в первой ракете, которая представляет собой летающий стенд для испытаний двух новых керосиновых двигателей, сомнительна, то CZ-7 безо всяких абстрактных замыслов – нужный носитель, закрывающий все самые сложные и перспективные задачи, решаемые до сего дня ракетами CZ-2F и семейством CZ-3A.

Со временем в семействе CZ-5 «вымерли» варианты с «тонкими» ЖСУ, не нашедшие заказчика, и к настоящему времени оно официально представлено лишь двумя базовыми моделями тяжелого носителя с 3.35-метровыми ускорителями – для низкой орбиты и для высокоэнергетических траекторий (табл. 4). Полуступенчатый вариант 504 сохранил имя CZ-5B, а вариант 504(HO) со второй ступенью обозначили просто CZ-5. Возможности носителей ока-

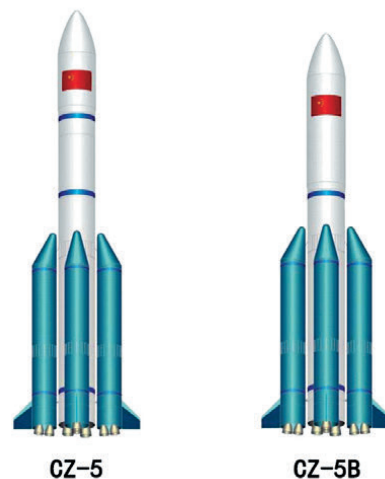


Табл. 4. Базовые варианты ракеты-носителя CZ-5 по публикации 2014 г.

Вариант	CZ-5	CZ-5B
Число ступеней центрального блока	2	1
Число стартовых ускорителей	4	4
Высота ракеты-носителя, м	56.97	53.66
Диаметр центрального блока, м	5.0	5.0
Диаметр ускорителя, м	3.35	3.35
Стартовая масса, т	867	837
Стартовая тяга, тс	1077	1077
Масса полезной нагрузки, т		
на низкой орбите		23
на солнечно-синхронной орбите	15	
на геопереходной орбите	13	
к Луне	8.2	
на геостационарной орбите*	5.1	

* С использованием «апогейного» блока YZ-2.

зались несколько ниже проектных – масса, выводимая на низкую орбиту, теперь составляет лишь 23 т, а на геопереходную – 13 т.

Читатель вправе спросить: с чем связана столь странная нумерация и почему в ней нет CZ-5A? На самом деле такой вариант существует и предназначается для запуска на низкую орбиту перспективного китайского пилотируемого корабля со спускаемым аппаратом конической формы (HK №8, 2016), отличаясь от CZ-5B главным образом головным обтекателем и системой аварийного спасения. Однако «китайский ПТК НП» пока не утвержден к реализации, и CZ-5A остается чисто бумажным проектом.

«Модульный немодульный суперноситель»

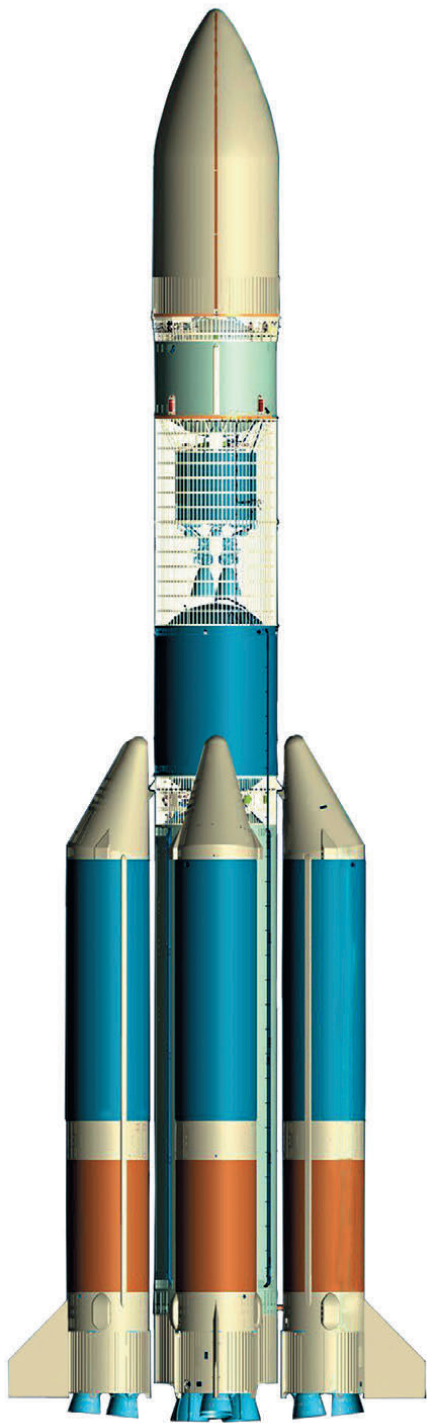
В первый полет отправился самый мощный вариант «пятерки» с четырьмя жидкостными стартовыми ускорителями (ЖСУ) диаметром по 3.35 м каждый и с верхней криогенной ступенью диаметром 5 м, дополнительно оснащенный «апогейным» разгонным блоком YZ-2. Космическую головную часть защищал крупногабаритный головной обтекатель (ГО) диаметром 5.2 м.

Заявленная стартовая масса носителя оказалась больше, чем показано в табл. 4, и составила 878.566 т при высоте 56.97 м. Очевидно, сюда входит масса YZ-2 с грузом, которая в официально распространенных материалах значилась как 12.000 т, а неофициально утверждалось, что общая масса головного блока близка к 13 т, то есть к максимальной грузоподъемности CZ-5 на ГПО.

Рассмотрим конструкцию CZ-5 подробнее, учитывая, что, к сожалению, ее реальная массовая сводка не опубликована, а приводимые в Сети данные, особенно в части

* После успешного пуска CZ-5 даже демонстрировались кадры взрыва при наземных стендовых испытаниях кислородно-водородного двигателя.

** Эйфория от обладания матчастью (и, возможно, чертежами на РД-120 и/или РД-801), полученной в «лихие девяностые», прошла, столкнувшись с реалиями переноса советских технологий на китайскую почву.



второй ступени, устарели и недостоверны. Для контроля будем использовать, с одной стороны, расчетные данные о расходе компонентов при полете по циклограмме, а с другой – априорную информацию о массе носителя. Помимо стартовой массы 878.6 т, в публикациях на сайте CALT указывалось, что масса изделия при вывозе на старт была около 100 т (включая, естественно, заправленный головной блок), а сухая масса носителя близка к 10% от полной, то есть составляет около 88 т.

Первая ступень CZ-5-500 – первая полностью криогенная маршевая ракетная ступень*, спроектированная, изготовленная и испытанная в Китае. В качестве компонен-

тов топлива служат жидкий водород (горючее) и жидкий кислород (окислитель), с температурой -252°C и -183°C соответственно.

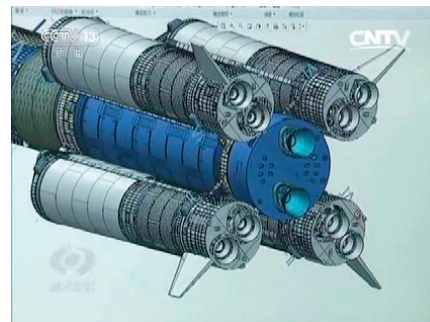
В первых публикациях по проекту фигурировала ступень диаметром 5.0 м, длиной 31.02 м и массой 175.6 т, включая 158.3 т топлива. Однако для огневых испытаниях в 2005 г. была изготовлена ступень длиной 33 м, а на летной ракете, судя по снимкам, ее длина близка к 32.3 м. Полагая, что весь прирост приходился на баковые отсеки, можно приблизительно оценить ее новые параметры. Мы считаем, что первая ступень CZ-5 высотой 32.3 м имеет сухую массу около 18.5 т. Она состоит из хвостового отсека с маршевыми двигателями, двух топливных баков (сверху – емкость для окислителя, снизу – для горючего), соединенных межбаковым отсеком, и переднего межступенчатого переходника. Оболочки баков, вмещающие примерно 166.5 т жидкого кислорода и жидкого водорода, и сухие отсеки собраны из фрезерованных алюминиевых панелей. Наддув осуществляется газообразным кислородом (бак окислителя) и водородом (бак горючего), газифицированными и подогретыми в теплообменниках двигателей.

На ступень установлены два кислородно-водородных жидкостных ракетных двигателя YF-77 суммарной тягой 104 тс на уровне моря и около 143 тс – в вакууме (см. описание ниже). Каждый YF-77 закреплен в карданном подвесе и может индивидуально отклоняться в двух плоскостях, обеспечивая управление полетом центрального блока по тангажу, рысканью и вращению. Продолжительность работы ступени – от 475 до 480 сек (по некоторым источникам, до 520 сек).

Первая ступень центрального блока включается на старте вместе с четырьмя ЖСУ, благодаря чему отпадает нужда в системе зажигания мощных маршевых двигателей в полете, и возникает возможность проверить основные двигательные установки на стартовом столе, а ограничение событий разделения сбросом «бустеров» и отделением ГО способствует общему снижению риска.

Каждый из четырех боковых жидкостных ускорителей CZ-5-300, обеспечивающих при старте основную тягу, имеет высоту 27.8 м при диаметре 3.35 м. В раннем варианте проекта указывалась длина 26.28 м, сухая масса 12 т и масса заправки 135 т, что меньше расхода компонентов в реальном полете (около 139 т). Здесь тоже не остается иного выбора, кроме как принять большую массу ускорителя.

Изделие сухой массой около 15 т состоит из хвостового отсека с маршевыми двигателями, двух топливных баков (сверху – емкость для окислителя, снизу – для горючего), соединенных межбаковым отсеком, и переднего обтекателя характерной формы. Как и у центральной ступени, оболочки топливных баков (вмещают приблизительно 144 т жидкого кислорода и керосина) и сухие отсеки каждого ускорителя собраны из фрезерованных алюминиевых панелей; передний обтекатель – пластиковый. Над-

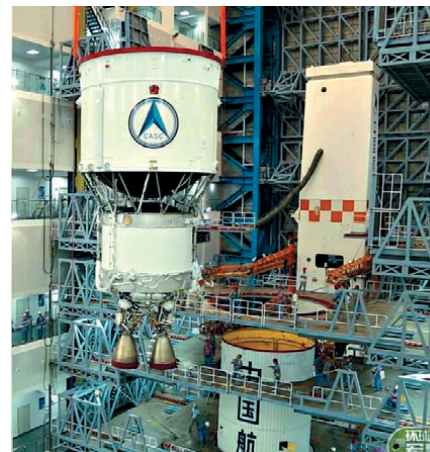


дув осуществляется газифицированным кислородом (бак окислителя) и гелием (бак горючего), подогретыми в теплообменниках двигателей. К хвостовому отсеку крепится трапециевидный аэродинамический стабилизатор, так что максимальный поперечный размер носителя достигает 17.3 м.

На каждом ускорителе имеется по два кислородно-керосиновых двигателя YF-100, обеспечивающих общую тягу 244.6 тс на уровне моря и 273.2 тс в вакууме. Внешний двигатель установлен в карданном подвесе и может отклоняться в тангенциальном направлении, что обеспечивает управление носителем по всем каналам на этапе работы ускорителей. Напомним: YF-100 используется также на первой ступени и боковых ускорителях среднего носителя CZ-7 и на первой ступени легкой ракеты CZ-6 (НК № 11, 2015, с. 59-60; НК № 8, 2016, с. 49-50).

С момента старта ускорители работают в течение 171–172 сек, после чего на высоте около 72 км отделяются путем подрыва пироболтов. Для безударного разделения служат две группы небольших твердотопливных двигателей в верхней и нижней частях каждого ускорителя.

Вторая ступень центрального блока применяется для выведения на геопереходные орбиты и отлетные траектории. По компоновке она напоминает вторую ступень PH Delta IV с топливными баками разных диаметров. Бак для горючего (жидкий водород), установленный сверху, имеет тот же диаметр, что и первая ступень (5 м), тогда как бак для окислителя (жидкий кислород) диаметром 3.35 м, закрепленный снизу на стержневой ферме, вместе с двумя двигателями YF-75D скрыт межступенчатым переходником длиной порядка 8 м. Над верхним баком располагается отсек системы управления PH. Общая длина ступени близка к 12.5 м.



▲ Вторая ступень на сборке PH CZ-5

* До этого китайские инженеры имели опыт создания третьих ступеней ракет CZ-3 и CZ-3A, отличающихся значительно меньшими объемами топливных баков и более низкими параметрами двигателей.

Двигатели YF-75D (см. описание ниже) имеют систему повторного запуска в полете, развивают общую тягу 18 тс и могут работать в составе ступени до 780 сек.

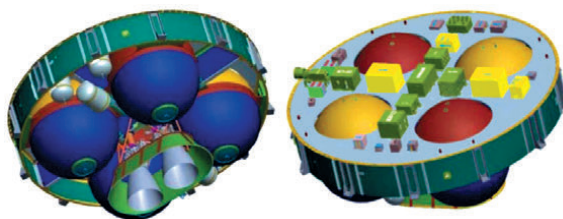
Массовые характеристики этой ступени «гуляют» в публикациях сильнее всего. Сухая масса указывается в пределах от 3.1 до 5.1 т, а масса компонентов – от 17.1 до 26.5 т. Между тем даже наибольшая оценка не является удовлетворительной, так как в первом пуске два YF-75D за 698 секунд плановой работы в двух включенной должны были сжечь примерно 28.5 т кислорода и водорода! Максимальная же суммарная продолжительность их работы соответствует расходу в 31.7 т компонентов. Поэтому мы полагаем, что общая масса второй ступени близка к 40 т, из которых до 33 т приходится на топливо.

Для «скругления» переходных орбит в апогее, а также для выполнения высокоэнергетических миссий в состав CZ-5 может включаться разгонный блок YZ-2. Он представляет собой вариант жидкостной верхней ступени YZ-1, которая была испытана в полетах 30 марта и 25 июля 2015 г. в составе ракет семейства CZ-3 при запуске спутников «Бэйдоу» (НК №5, 2015, с.56 и №9, 2015, с.34) и YZ-1A и использована 25 июня 2016 г. в первом пуске носителя CZ-7 (НК №8, 2016, с.46), адаптированный к применению на CZ-5. Указывается, что блок может обеспечить точное разведение нескольких объектов по различным орбитам, расширяя возможности нынешних РН и избавляя от необходимости снабжать КА собственными бортовыми двигательными установками (в том числе апогейными).

Использование РБ на долгохранимых компонентах «поверх» криогенной верхней ступени некоторым экспертам представляется странным. Однако это решение обусловлено ограниченным ресурсом второй ступени CZ-5: выведение на геостационарную орбиту занимает многие часы, в течение которых крайне трудно предотвратить испарение криогенных компонентов (особенно водорода), необходимых для выполнения апогейного импульса.

При запуске первых китайских геостационарных спутников применялись твердотопливные апогейные двигатели, которые хорошо справлялись со своей задачей, но не обеспечивали высокую точность выдачи импульса и не имели возможностей повторного запуска, присущих системам на жидком топливе. Начиная с платформы DFH-3 (1994 г.) для этого используется апогейный ЖРД тягой 490 Н.

С точки зрения энергетических характеристик YZ-1 можно сравнить с российским РБ «Фрегат», который часто используется на РН «Союз» при выведении на орбиту нескольких полезных нагрузок, в том числе европейских навигационных спутников Galileo. YZ-2 содержит не один, а два маршевых двигателя YF-50D, работающих на долгохранимых самовоспламеняющихся компонентах топлива – четырехокиси азота (окислитель) и несимметричный диметилгидразин (горючее). Каждый YF-50D развивает тягу 6.5 кН (663 кгс) при удельном импульсе



▲ Проектный облик разгонного блока YZ-2

315 сек и способен выполнять по меньшей мере два включения на протяжении 6.5 часа полета, чтобы «скруглить» геостационарную орбиту или обеспечить выход КА на другие типы высокоэнергетических траекторий.

YZ-2 выполнен в форме плоского барабана с коническим адаптером полезного груза; его максимальный диаметр – 5.2 м, а высота – 3.8 м. РБ имеет в своем составе четыре сферических топливных бака, емкости со сжатым газом для вытеснительной подачи, инерциальную навигационную платформу, систему связи и систему управления ориентацией, состоящую из нескольких двигателей малой тяги. Сухая масса блока оценивается в 1.8 т, заправленная – в 8 т, он может нести полезный груз массой до 5 т.

Для носителей типа CZ-5 применяются композитные двухстворчатые обтекатели двух типоразмеров. Вариант CZ-5B для низкой околоземной орбиты располагает «удлиненным» ГО длиной 20.5 м и массой около 4 т, который может вмещать крупногабаритные аппараты, такие как модули космической станции. Вариант для запуска на высокоэнергетические траектории использует «укороченный» обтекатель длиной 12.267 м, обеспечивающий достаточный объем для больших геостационарных спутников связи или для четырех навигационных спутников типа «Бэйдоу», установленных сверху блока YZ-2. Судя по фотографиям, цилиндрическая часть YZ-2 высотой около 1.4 м зачитывается в длину обтекателя. Масса этого ГО оценивается в 2.5 т. Оба ГО имеют внешний диаметр 5.2 м и внутреннюю зону для размещения полезной нагрузки максимальным диаметром 4.5 м.

Обтекатель с инкапсулированным полезным грузом устанавливается в верхней части полностью собранной ракеты, защищая КА от аэродинамических, тепловых и акустических нагрузок, испытываемых во время полета в атмосфере. Когда носитель покидает плотные слои атмосферы, ГО сбрасывается.

Стоит сказать и несколько слов о производственной и пусковой инфраструктуре CZ-5. Специально для изготовления тяжелого носителя в 2007–2012 гг. был построен новый завод в портовом городе Тяньцзинь. Выбор места обусловлен требованиями транспортировки крупных блоков ракеты к стартовым площадкам – в нынешних условиях центральный модуль диаметром 5 м можно доставить на космодром только по воде. Новый завод имеет площадь более полу-миллиона квадратных метров, а стоимость его строительства оценивалась суммой в 4.5 млрд юаней (650 млн \$). По сообщениям СМИ, он способен выпускать до 12 носителей в год.

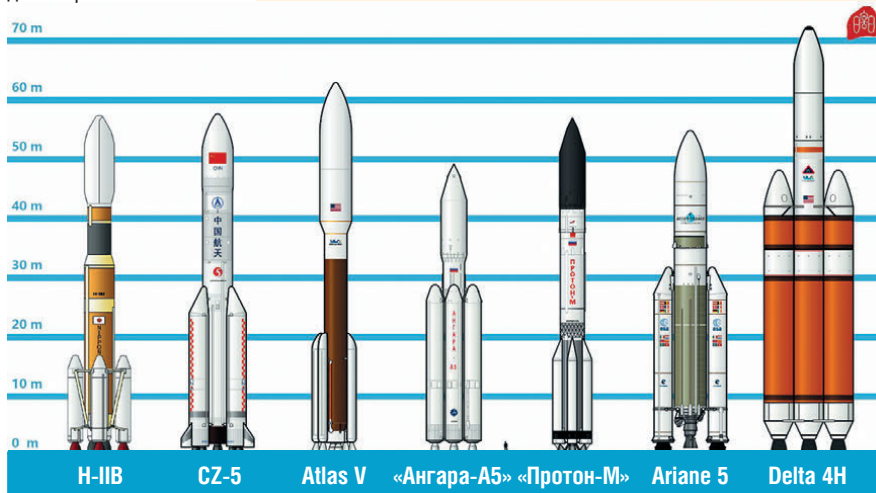
Стартовый и технический комплексы космодрома Вэньчан достаточно подробно описаны в статье о первом пуске CZ-7 (НК №8, 2016, с.52-53); здесь напомним лишь некоторые факты. Общая площадь нового космодрома составляет 30 км². РН доставляется на космодром в контейнерах в виде транспортабельных «полуготовых» модулей, вертикально собирается в помещении МИКа («сооружение 501») высотой 99.4 м с помощью кранов и талей и транспортируется на стартовый комплекс вертикально на мобильной платформе. Аналогичная схема применяется с 1999 г. для РН CZ-2F по пилотируемой программе, прочие же носители на всех китайских космодромах по сей день собираются и испытываются непосредственно на старте.

Табл. 6. Сравнение современных носителей тяжелого класса

Параметр	Ракета-носитель				
	CZ-5B/CZ-5	Delta IV Heavy	«Протон-М»	«Ангара-А5»	Ariane 5
Разработчик	CALT	ULA	ГКНПЦ имени М.В.Хруничева		EADS
Стартовая масса, т	837/867	733	702	773	777
Масса полезного груза:					
- на низкой околоземной орбите, т	23	28.37	22	24*	21
- на геопереходной орбите, т	13	13.81	6.3	5.4**	10.5
Относительная масса полезного груза:					
- на низкой околоземной орбите, %	2.75	3.87	3.13	3.1	2.7
- на геопереходной орбите, %	1.50	1.88	0.9	0.7	1.35
Число ступеней (включая стартовые ускорители и разгонные блоки)	2/4	3	3/4	3/4	3
Число ракетных блоков	5/7	4	3/4	6/7	4
Число маршевых двигателей	10/14	4	12	6/7	4

* С космодрома Плесецк.

** С разгонным блоком «Бриз-М» при пуске с космодрома Плесецк.



Стартовый комплекс носителя включает два крупных сооружения: стартовый стол с заглубленным газоотводным каналом («сооружение 101») и неподвижную башню обслуживания («сооружение 102») высотой 92 м. Стартовая площадка оснащена системой подавления акустических нагрузок, предусматривающей распыление больших объемов воды на пусковой платформе и в газоотводных каналах при запуске двигателей носителя.

29 июня 2013 г. на стенде в районе Пекина состоялось огневое испытание комплектного стартового ускорителя CZ-5. Подчеркивалось, что двигатель успешно проработал 180 сек и все запланированные задачи теста выполнены.

Огневые испытания криогенного центрального блока CZ-5 состоялись 9 февраля и 23 марта 2015 г., а вторая ступень прожигалась 24 июля и 17 августа того же года. Уже в сентябре стендовый образец носителя прибыл на космодром Вэнчан, где в ноябре прошли примерочные испытания и тренировка персонала (НК № 1, 2016, с. 51). В феврале 2016 г. испытания носителя CZ-5 завершились с положительными результатами.

Китайский водород

После успешного завершения первой миссии CZ-5 многие отечественные наблюдатели посетовали, что «китайцы и здесь нас обскакали, использовав мощные криогенные двигатели сразу на двух ступенях тяжелого носителя, в то время как реальное применение кислородно-водородного разгонного блока для российских ракет постоянно отодвигается».

Не вдаваясь в нюансы работ в области отечественных высокоэнергетических двигательных установок (в конце концов данная статья совсем о другом), расскажем вкратце о том, как Китай пришел к такому положению.

Благодаря высокому удельному импульсу и экологической безопасности, кислородно-водородные двигатели занимают особое положение в области силовых установок и находятся в центре внимания ракетно-космической индустрии мира.

Официально исследования по применению жидкого водорода в качестве ракетного топлива в Китае начались в январе далекого 1961 г. по предложению академика Цянь Сюэсяня. Это время принято за точку отсчета, символизирующую начало разработки всех кислородно-водородных двигателей Китая.

Не будем полемизировать о том, на каком уровне находилась тогда наука и техника в Поднебесной и была ли она способна проводить даже самые простейшие опыты с новыми компонентами. Подчеркнем лишь, что разработка реально начиналась с нуля (доступ к зарубежным – прежде всего, американским – технологиям в Китае был крайне ограничен, а европейские и советские проекты кислородно-водородных двигателей на тот момент только-только переходили с чертежных досок на стенды для испытаний отдельных узлов и агрегатов). Тем не менее китайские специалисты сообщают, что уже в марте 1965 г. в сотрудничестве с Институтом механики Китайской АН они спроектировали тяговую камеру (стендовый двигатель) на 200 кгс, работающую на жидком кислороде и



▲ Вид на донную часть центрального блока CZ-5 с установленными двигателями YF-77

газообразном водороде, и успешно провели несколько огненных испытаний.

В 1970 г. была разработана тяговая камера на 800 кгс на жидком кислороде и жидком водороде и выполнены испытания системы зажигания, что стало важным этапом в развитии технологии в области криогенных двигателей.

По поручению главного конструктора РН CZ-1 академика Жэнь Синьмина (任新民), в октябре 1970 г. Пекинский институт космических двигательных установок (11-й институт CALT) начал разработку прототипа кислородно-водородного двигателя тягой 4 тс для установки на верхнюю ступень (разгонный блок) перспективной РН для запуска аппаратов на высокоэнергетические траектории. ЖРД с турбонасосной подачей компонентов в камеру и с питанием от газогенератора впервые успешно прошел 20-секундные огневые стендовые испытания 25 января 1975 г.

31 марта 1975 г. Госсовет КНР одобрил «проект 331» по созданию телекоммуникационного спутника и ракеты-носителя с криогенной верхней ступенью для его запуска. Главным конструктором носителя был назначен Жэнь Синьмин. Началось техническое проектирование первого летного кислородно-водородного двигателя YF-73 – четырехкамерного двигателя открытой схемы* с двукратным включением, характеристики которого приведены в таблице 5. После восьми лет напряженной работы 8 апреля 1984 г. этот двигатель успешно доставил экспериментальный китайский спутник связи типа DFH-2 на геопереходную орбиту.

Благодаря разработке YF-73 в Китае были освоены многие ключевые технологии, которые составили прочный фундамент для дальнейшего развития. Среди них:

- ◆ конструкции, уплотнения, легкая пенная теплоизоляция и пористые материалы с транспирационным охлаждением, используемые в среде жидкого водорода;

- ◆ высокоскоростные подшипники и криогенные рабочие колеса с высоким КПД, используемые в среде жидкого водорода. Проблема синхронизации высокоскоростных турбонасосов водорода и кислорода решена путем применения упругих опор;

- ◆ набор процедур для замещения воздуха нейтральным газом и газообразными компонентами, продувки и предваритель-

ного захлаживания контуров кислорода и водорода систем двигателя;

- ◆ производство, хранение, транспортировка и безопасность применения жидкого водорода.

Двигатель YF-73 использовался в 13 пусках носителя CZ-3 в 1984–2000 гг. и в трех из них не обеспечил выполнение полетного задания. После 26 мая 2000 г. РН CZ-3 и ЖРД YF-73 выведены из эксплуатации в связи с низкой надежностью криогенной ступени и недостаточной грузоподъемностью носителя.

С учетом тенденций роста массы и размеров геосинхронных спутников связи, на базе YF-73 уже в 1982 г. началась разработка однокамерного кислородно-водородного двигателя YF-75 открытой схемы, обладающего более высокими характеристиками (прежде всего, тягой). Новый ЖРД предназначался на третью ступень носителя CZ-3A, позволяя увеличить массу полезного груза, запускаемого на геопереходную орбиту, с 1500 кг до более чем 2600 кг.

Огневая стенка тяговой камеры YF-75 изготовлена из медно-циркониевого сплава. Заготовка подвергается ковке и гибке, для того чтобы сформировать нужную форму, а затем механической обработке с образованием каналов охлаждения; наружная (силовая) стенка из никеля наносится методом гальванопластики. С целью снижения массы расширяющаяся часть сопла выполнена путем сварки пучка витых труб.

Ротор турбонасоса водорода двигателя YF-75, отличающийся, по словам разработчиков, простотой конструкции и хорошей балансировкой, вращается с частотой 42 000 об/мин. Для повышения устойчивости ротора применена двойная упругая опора. Китайские специалисты смогли создать инжекционный стенд и испытывать двигатель с имитацией высотных условий, что позволило гораздо глубже разобраться в рабочих процессах и оптимизировать конструкцию YF-75. Он испытывался 12 раз в наземных условиях, накопив в общей сложности 3000 сек работы без сбоев.

Новая двигательная установка для ступени CZ-3A состояла из двух одинаковых YF-75. В первом полете, состоявшемся 8 февраля 1994 г., на геопереходную орбиту было успешно доставлено два спутника.

* В западной терминологии – с газогенераторным циклом.

Двигатель используется до настоящего времени на носителях CZ-3A/3B/3C. К 1 ноября 2016 г. выполнено 77 пусков, из которых один закончился аварией на начальном этапе полета и в одном из-за нештатной работы YF-75 аппарат был выведен на орбиту с отклонением от задания.

Для первой и второй ступени криогенного центрального блока PH CZ-5 нового поколения предстояло разработать две высокоэнергетические кислородно-водородные двигательные установки. Каждая включала два автономных двигателя, смонтированных на общей монтажной раме и индивидуально отклоняющихся в карданном подвесе для управления по всем каналам.

Разработка началась в 2000-х годах. В январе 2002 г. проект двигателя YF-77 для первой ступени был одобрен Комитетом оборонной науки, техники и оборонной промышленности (КОНТОП, ныне ГУОНТП). Ответственность за разработку вновь была возложена на Пекинский институт космических двигательных установок, ставший к этому времени подразделением Исследовательской академии космических двигательных технологий AALPT («б-я академия», Сиань, провинция Шэньси).

Согласно техническому заданию, для первой ступени предстояло спроектировать сравнительно недорогой высоконадежный двигатель одноразового применения с «земной» тягой на одну камеру 52 тс (около 510 кН).

Исходя из соображений минимальных затрат на проектирование и постройку была выбрана открытая схема с двумя турбонасосными агрегатами (для горючего и для окислителя) с отдельными выхлопными патрубками: в теории она позволяла испытывать на стенде крупные сборочные узлы (газогенератор, турбонасосы, камеру, сопло) по отдельности еще до полной интеграции готового двигателя.

Обе турбины питаются от генератора газа, работающего на основных компонентах (смесь, богатая горючим). Камера до критического сечения сопла имеет регенеративное охлаждение, в то время как сопловой насадок, сваренный из трубок, охлаждается водородом, который сбрасывается через нижнюю часть сопла за срез. Для первоначальной раскрутки турбонасосов служат одноразовые твердотопливные заряды (пирошашки), а для зажигания смеси в газогенераторе и камере – пиротехнические воспламенители. Клапаны и дроссели – шаровые, с приводами, работающими

на сжатом гелии. При наземных испытаниях тяга и соотношение компонентов в смеси задаются с помощью трубки Вентури и клапанов компонентов. Двигатель также имеет двойной теплообменник для подачи горячих газообразных компонентов (водорода и кислорода) в баки для наддува.

Все подсистемы смонтированы на камере сгорания, и двигатель целиком поворачивается в карданном подвесе в двух ортогональных плоскостях с помощью двух независимых исполнительных механизмов.

Распылительная головка использует коаксиальные форсунки (распылительные элементы), часть которых выступает над огневой стенкой для создания перегородок, которые не позволяют развиваться высокочастотным колебаниям.

Турбонасосный агрегат горючего с титановым корпусом включает двухступенчатый насос с бустером, приводимый в действие с помощью двухступенчатой осевой турбины, ротор которой вращается с частотой 35 000 об/мин, создавая давление на выходе 165 атм. Турбонасос окислителя включает одноступенчатый центробежный насос со спиральным (шнековым) бустером с приводом от двухступенчатой турбины. Он вращается с частотой 18 000 об/мин, создавая давление на выходе 140 атм.

Пятидесятилетний, получивший наименование YF-77, стал первым китайским криогенным ракетным двигателем с высоким уровнем тяги, разработанным для установки на основную ступень носителя. Специалисты подчеркивают, что, с точки зрения конструкции, материалов, производства и испытания, при его разработке сделан гигантский шаг от YF-75, которым оснащалась третья ступень ракет семейства CZ-3A.

По схеме и внешнему виду YF-77 напоминает двигатель Vulcain-1 европейской PH Ariane 5 или LE-7 для японской H-II. Подобно своему зарубежному собрату, он использует газогенераторный цикл, менее эффективный по сравнению с замкнутой схемой с дожиганием генераторного газа в основной камере, однако имеет более низкие характеристики, чем европейский или японский двигатель. Несмотря на это, первый китайский криогенный двигатель большой тяги считается огромным технологическим скачком по сравнению с предшественниками YF-73 и YF-75. Его характеристики также представлены в таблице 5.

Предварительный проект двигателя был сделан в середине 2002 г., и первый набор



▲ Двигатель YF-77

компонентов был изготовлен в первом квартале 2003 г. В том же году начались испытания исходных компонентов и подсистем. Первый тест камеры был выполнен 6 июня, а газогенератора – 30 июля 2003 г. В период с декабря 2003 г. по март 2004 г. провели два испытания ТНА окислителя и одно – ТНА горючего. 17 сентября 2004 г. успешно прошел 50-секундный прожиг полностью укомплектованного прототипа двигателя. Предсерийный двигатель был успешно испытан в середине 2007 г.

В мае 2013 г. официально началась кампания по сертификации YF-77. К сентябрю 2013 г. всего было выполнено более 70 тестов на 12 двигателях при общей наработке 25159 секунд.

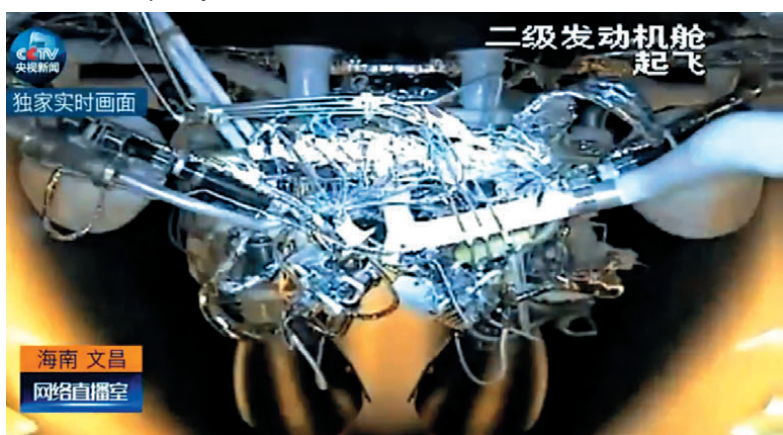
В целях удовлетворения будущих потребностей китайской космонавтики в 2006 г. на базе YF-75 началась разработка нового кислородно-водородного двигателя YF-75D с замкнутым расширительным циклом. Он предназначался для установки на второй ступени CZ-5 и должен был соответствовать семейству средств нового поколения в части удельных характеристик, а также надежности, стоимости, графика разработки и т. д. Предполагалось, что YF-75D будет способен дросселироваться путем изменения соотношения компонентов топлива в смеси и повторно запускаться в полете, благодаря чему он мог быть полезен при решении раз-

Табл. 5. Сравнительные характеристики китайских кислородно-водородных двигателей

Параметры	YF-73	YF-75	YF-75D	YF-77
Назначение	Для верхней ступени	Для верхней ступени	Для верхней ступени	Для нижней ступени
Число камер	4	1	1	1
Схема	Открытая	Открытая	Замкнутая безгенераторная	Открытая
Тяга, тс	4,5	8,0	9,0	52,0/71,5* (регулирується)
Удельный импульс в вакууме, сек	420	438	442	310,2/430*
Соотношение компонентов в смеси	5,0	5,1	6,0 (регулирується)	5,45–5,50 (регулирується)
Степень расширения сопла	40	80	80	49
Давление в камере, атм	25,9	37,6	40	104,4
Масса двигателя, кг	236	550		2700

* В числителе – на уровне моря, в знаменателе – в вакууме.

▼ Двигатель второй ступени YF-75D в полете



личных задач. Предусматривалось качение всего двигателя в карданном подвесе.

YF-75D был оснащен двумя турбонасосными агрегатами, приводимыми газообразным водородом, получаемым в рубашке охлаждения камеры. Газовый тракт двигателя-прототипа полностью переделали. Поскольку своеобразным «газогенератором», испаряющим водород и нагревающим его до необходимой температуры в двигателе расширительного цикла, служит камера сгорания, для сохранения баланса тепла она была удлинена таким образом, чтобы удовлетворить требованиям теплопередачи; с той же целью охлаждающие каналы получили новый профиль и были модернизированы. Двигатель YF-75D запускается самостоятельно (без пиростартера, как, например, YF-77), используя лишь тепло конструкции и давление компонентов в топливных баках.

Переделанный водородный турбонасосный агрегат стал работать с частотой вращения ротора 65 000 об/мин. Для того чтобы гарантировать динамические характеристики ротора при повышенных скоростях вращения, применены двойные упругие опоры с резино-металлическим демпфером. Каждая упругая опора окружает пару гибридных керамических шарикоподшипников. Водородная турбина – двухступенчатая, дозвуковая, низкого давления. В начале проектирования разрабатывались и испытывались как осевые, так и радиальные поточные турбины; к концу проекта из-за лучшей эффективности была выбрана осевая турбина.

Двигатель способен к многократному включению в полете. Для моделирования высотной работы применен кольцевой паровой эжектор, установленный в трубе за срезом сопла. К 2013 г. при огневых стендовых испытаниях YF-75D наработал в общей

сложности 21455 сек. Один из двигателей выдержал восемь запусков и работал в течение 4320 сек.

Первый полет оба двигателя – и пятидесятитонник YF-77, и девятитонник YF-75D – совершили 3 ноября 2016 г. в составе первой и второй ступеней водородного центрального блока носителя CZ-5.

Итак, за сорок лет китайские специалисты совершили своеобразную технологическую революцию в области кислородно-водородных двигателей в таких аспектах, как проектирование, производство, испытания, эксплуатация и т. д. Тем не менее, чтобы соответствовать требованиям будущей деятельности страны в космосе, по-прежнему необходимо продолжать работы в следующих направлениях.

Направление 1. Двигатели высокой тяги. Китайские специалисты полагают, что в будущем неизбежно появление кислородно-водородных двигателей с еще более высокой тягой, которые должны обеспечить характеристики основных ступеней ракет, повышая их грузоподъемность. Для этого проводятся углубленные исследования ключевых технологий в отношении их систем, камер, турбонасосов, клапанов и т. д.

Направление 2. Многофункциональные двигатели с высокими удельными характеристиками. Для достижения больших значений удельного импульса необходимо изучать такие технологии, как двигатели со ступенчатым сгоранием (замкнутая схема с дожиганием генераторного газа в основной камере), с широким диапазоном дросселирования тяги и возможностью многократного включения в полете. Следует уделить внимание повышению приспособляемости кислородно-водородного двигателя перед будущими диверсифицированными миссиями и увеличить его жизненный цикл.

Направление 3. Кислородно-метановый двигатель. Двигатель, работающий на жидком кислороде и жидком метане, имеет много достоинств, таких как обильные природные запасы компонентов топлива, хорошие характеристики, более низкая стоимость, безопасность в эксплуатации и т. п. Таким образом, кислородно-метановый двигатель, безусловно, будет хорошим вариантом для установки на будущих системах запуска. Китайские ученые считают, что опыт создания кислородно-водородных двигателей может пригодиться при разработке двигателей на жидком кислороде и метане.

Оценки – субъективные и не очень

Пуском первого летного экземпляра CZ-5 Китай фактически завершил создание нового поколения ракет, которые в ближайшем будущем составят основу парка средств выведения. Они обладают энергетическими возможностями, сопоставимыми с лучшими зарубежными аналогами, и обеспечат выполнение всех целевых задач на современный момент и среднесрочную перспективу.

Что касается независимого анализа технического уровня CZ-5, то некоторые эксперты ставят новый носитель на ступеньку выше недавно испытанного CZ-7 (HK №8, 2016, с.48-52), и в первую очередь – за счет применения крупногабаритных криогенных ступеней. В случае доведения массы полез-

По состоянию на декабрь 2016 г., планы применения тяжелых ракет класса CZ-5 включают:

- ◆ 2017 г. – пуск PH CZ-5 № Y2 с экспериментальным спутником «Шицзянь-18»;
- ◆ 2017 г. – пуск PH CZ-5 № Y3 с комплексом «Чань-5» с целью доставки лунного грунта;
- ◆ 2018 г. – пуск PH CZ-5B с базовым блоком «Тяньхэ» китайской постоянной космической станции «Тяньгун»;
- ◆ 2020 г. – пуск PH CZ-5B с исследовательским модулем «Вэньтянь»;
- ◆ 2020 г. – пуск PH CZ-5 с марсианским комплексом в составе спутника Марса, посадочного модуля и марсохода;
- ◆ 2022 г. – пуск PH CZ-5B с исследовательским модулем «Мэнтянь»;
- ◆ 2022 г. – пуск PH CZ-5B с автономным астрономическим модулем «Сюньтянь».

ного груза, запускаемого на геопереходную орбиту, до декларированных 14 т, CZ-5 будет обладать довольно высоким значением относительной массы – примерно 1.6% против 1.18% для CZ-7. Важно ли это значение для ракет стартовой массой порядка 500–800 т – непонятно (здесь, кажется, правильнее будет оценивать не относительную, а абсолютную величину запускаемого груза), но для сравнения (табл. 6, с.29): у самого мощного на сегодня носителя Delta IV Heavy, оптимизированного на запуски полезного груза на геопереходную и геостационарную орбиту, этот показатель составляет примерно 1.9%.

Наряду с достоинствами китайского носителя (которые, впрочем, пока не слишком проявились), нельзя не отметить и его недостатки. Несмотря на сравнительно небольшое – но не минимально возможное – число ступеней (две основные, плюс четыре ускорителя и опциональный «апогейный» блок), на семи модулях ракеты CZ-5 в максимальной комплектации установлены 14 маршевых двигателей, работающих на пяти различных компонентах жидкого ракетного топлива. Честно говоря, об удобстве использования всей этой химии надо спрашивать у самих китайцев, но вот явный избыток двигателей (чреватый снижением надежности всей системы) является следствием ограниченных возможностей страны по созданию мощных современных ЖРД большой тяги.

Тем не менее разработку и создание трех современных носителей – CZ-5, -7 и -6 – с применением новых и незнакомых для Китая технологий следует признать большим достижением. Опыт, приобретенный в ходе работы над этими проектами, может быть использован при разработке перспективных сверхтяжелых носителей, условно называемых CZ-9 (или CZ-X).

В июне 2016 г. вице-президент Китайской корпорации космической науки и техники CASC Ян Баохуа сообщил, что КНР может в течение ближайших 15 лет совершить первый запуск РН большой грузоподъемности собственного производства, способной выводить на низкую околоземную орбиту до 100 т груза. По его словам, диаметр основной ступени может составить 10 м, а общая длина ракеты будет примерно 100 м. Замдиректора CASC сообщил, что средство выведения сможет использоваться для пилотируемых полетов на Луну, вывода крупных автоматических зондов для исследования дальнего космоса, а также для полетов на Марс.



Китай осваивает навигацию по пульсарам



10 ноября в 07:42 по пекинскому времени (9 ноября в 23:42 UTC) из Центра космических запусков Цзюцюань был выполнен пуск легкой твердотопливной РН «Чанчжэн-11» (CZ-11 №Y2). Через 10 минут после старта на орбиту, близкую к расчетной, были выведены экспериментальный спутник навигации по рентгеновским пульсарам XPNNAV-1 и четыре попутных малых спутника различного назначения, которые в официальном сообщении о старте не были идентифицированы.

Как и первый пуск этого носителя 25 сентября 2015 г., второй был произведен со второй стартовой площадки твердотопливных ракет на космодроме Цзюцюань, построенной в период между июнем 2013 и октябрём 2014 г. в точке 40.9690° с.ш., 100.3430° в.д., примерно в 4.6 км восточнее стартового комплекса №91 ракеты «Чанчжэн-2F» на площадке №43. Отсюда же был осуществлен пуск РН «Куайчжоу-1А» 21 но-

ября 2014 г., хотя два предыдущих ее старта в марте и сентябре 2013 г. были выполнены с первой площадки, построенной раньше и расположенной еще на 1.7 км восточнее.

Основной КА был найден средствами Стратегического командования США на солнечно-синхронной орбите с параметрами:

- наклонение – 97.41°;
- минимальная высота – 503.3 км;
- максимальная высота – 526.2 км;
- период обращения – 94.74 мин.

На близких к этой орбите с местным временем прохождения нисходящего узла 06:00 были обнаружены еще три объекта.

Планировалось, что верхняя ступень РН осуществит после отделения КА торможение с переходом на орбиту с низким перигеем и коротким сроком баллистического существования (порядка 15 суток), как это было сделано после первого пуска. Однако этот маневр выполнен не был; вместо этого ступень подняла апогей примерно до 1030 км и увеличила наклонение до 98.78°, что гарантирует орбитальный полет в течение 10 лет и более. На подобных орбитах были найдены еще два объекта, один из которых быстро снижается и предположительно является легким фрагментом.

Сводная информация о номерах и международных обозначениях, присвоенных объектам этого пуска в каталоге Стратегического командования США, а также об их начальных орбитах, представлена в таблице.

Впереди планеты всей: пульсары как средство навигации в дальнем космосе

Основным полезным грузом CZ-11 был КА с официальным описательным наименованием «Экспериментальный спутник по пульсарам» (脉冲星试验卫星, произносится «Майчун син шиянь вэйсин») и условным обозначением XPNNAV-1 (X-Ray Pulsar Navigation, навигация по рентгеновским пульсарам). Следует отметить, что из китайского наименования слово «навигация» (导航, «даохан») было исключено за считанные дни до старта при весьма скандальных обстоятельствах.

Заявленной целью проекта является проверка осуществимости нового принципа автономной навигации в пределах Солнечной системы и в ее окрестностях. Сейчас для баллистического обеспечения полета межпланетных КА используются дорогостоящие наземные радиотехнические системы, взаимодействующие с бортовым радиокомплексом

Название	Номер	Межд. обозн.	Параметры начальной орбиты			
			i	Нр, км	На, км	P, мин
XPNNAV-1	41841	2016-066A	97.41°	505.6	526.2	94.740
Лишуй-1?	41842	2016-066B	97.41°	503.3	524.8	94.718
Пи́на-2?	41843	2016-066C	97.41°	503.2	526.2	94.716
Сяосян-1?	41844	2016-066D	97.41°	502.2	525.0	94.708
Ступень РН	41845	2016-066E	98.78°	506.5	1032.1	100.225
Pegasus-1?	41846	2016-066F	98.79°	507.2	1037.4	100.287
Фрагмент?	41847	2016-066G	98.78°	506.1	999.8	99.878

Ракета CZ-11 разработана Китайской исследовательской академией ракет-носителей (CALT, «1-я академия») в составе Китайской корпорации космической науки и техники CASC.

CZ-11 – единственный твердотопливный носитель в семействе «Чанчжэн» («Великий поход»). Ракета имеет длину 20.8 м при наибольшем диаметре 2.0 м, ее стартовая масса – 58 т, а стартовая тяга РДТТ первой ступени – 120 тс. Заявленная грузоподъемность – до 700 кг на низкую орбиту и 400 кг на солнечно-синхронную орбиту высотой 700 км.

Адаптация носителя к запуску для КА XPNNAV-1 заняла менее шести месяцев. Для штатных коммерческих пусков продолжительность необходимых процедур будет доведена до 90 суток. Носитель готовится менее 24 часов и запускается из транспортно-пускового контейнера, доставляемого на старт самоходной колесной установкой.

Состоявшийся пуск стал 239-м для ракет семейства «Чанчжэн» и был впервые проведен по заказу частной компании – владельца спутника.

О планах использования в 2016 г. одной CZ-11 стало известно 20 января, о предстоящем запуске XPNNAV-1 было объявлено 8 октября на специальной пресс-конференции в 5-й академии, а связались эти два события воедино 18 октября – накануне отправки основного спутника авиатранспортом на космодром Цзюцюань.



▲ Председатель совета директоров фирмы «Лишуйжуй» Чжан Лилин на фоне пускового контейнера РН CZ-11 на космодроме Цзюцюань

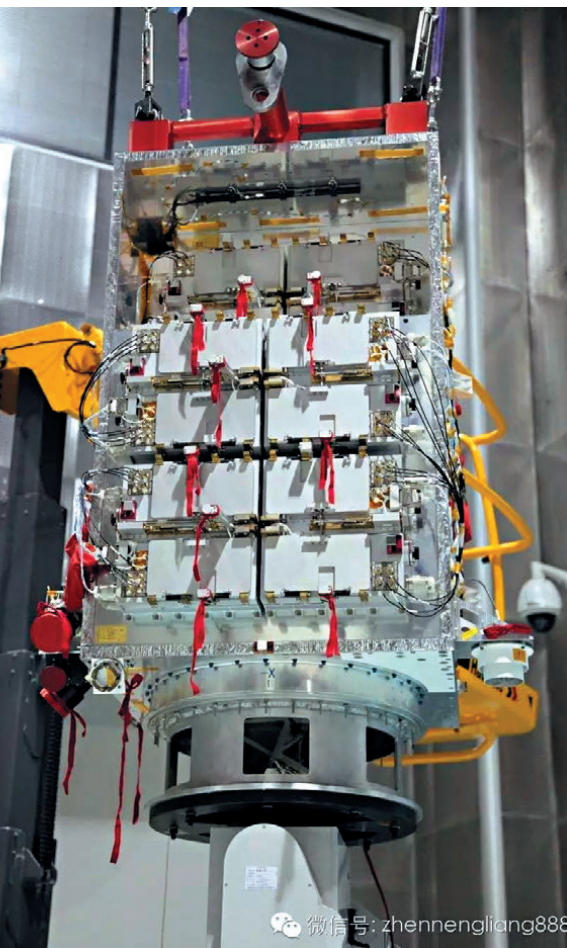


Ранним утром 10 ноября на территории заброшенного предприятия по добыче нефрита на севере Мьянмы (Бирмы) упал металлический объект, похожий на двигатель летательного аппарата, сообщило на следующий день издание The Myanmar Times.

Предмет цилиндрической формы длиной около 3,7 м и диаметром примерно 1,5 м приземлился рядом с деревней Хмау-Хис-Зар в штате Качин. Перед падением местные жители услышали громкий удар. Ударившись об землю, объект отскочил на 50 метров, от него пошел дым. Дома в деревне сотряслись, и люди сначала подумали, что это взрыв тяжелого артиллерийского снаряда. Еще один обломок меньшего размера в это же время упал на крышу одного из домов. Отмечается, что на нем были надписи на китайском.

В результате инцидента никто не пострадал, хотя рядом с местом падения стояли две палатки, в которых жили старатели.

Местные власти говорят, что идентифицировать предмет пока не удалось. Учитывая, что место падения лежало по трассе полета PH CZ-11 с космодрома Цзюцюань, а инцидент, по их утверждению, произошел около 06:00 местного времени, что соответствует 07:30 пекинского, можно с уверенностью утверждать, что это ступень вышеуказанной ракеты.



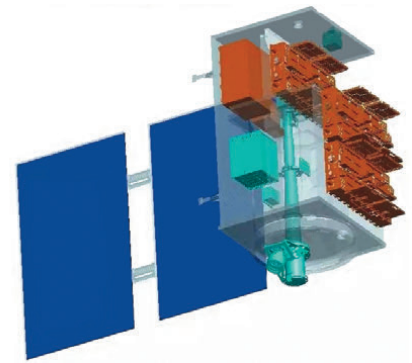
сом. По особенностям приходящего сигнала (время запаздывания, доплеровский сдвиг частоты) и с учетом модели движения тел Солнечной системы высококвалифицированные баллистики определяют с высокой точностью текущее положение земного зонда и прогнозируют его движение: способ надежный и точный, но во всех отношениях дорогой.

Реальной альтернативой представляется использование естественных космических «маяков» – пульсаров с миллисекундным периодом. Пульсар – это быстро вращающаяся нейтронная звезда с конусом излучения, направленным вдоль магнитной оси, которая не совпадает с осью вращения. Земля попадает в этот конус с периодом, равным периоду вращения, так что приходящее излучение является модулированным, а его частота – очень стабильной. Радиопульсары имеют период от единиц секунд до нескольких десятков миллисекунд и расходуют на излучение энергию своего вращения, так что на самом деле их период со временем увеличивается. Рентгеновские пульсары имеют чрезвычайно высокую частоту вращения, соответствующую периоду в единицы миллисекунд. Как правило, они изучают за счет аккреции вещества очень близкой звезды-спутника, причем со временем момент импульса передается центральному телу и частота его вращения растет. Структура сигнала и скорость изменения периода для каждого такого источника индивидуальны.

Для навигации в принципе достаточно принять и обработать сигналы от трех пульсаров, движение которых относительно Солнца изучено и известно*. Отклонение за счет эффекта Доплера их частот от эталонной частоты для воображаемой неподвижной обсерватории в центре масс Солнечной системы позволяет определить скорость движения КА-приемника в связанной с нею системе отсчета, а измерение фаз приходящих сигналов – найти его текущие координаты. Точность определения последних естественным образом улучшается с ростом частоты принимаемого сигнала, так что именно рентгеновские пульсары обещают наилучшие результаты, хотя и ценой значительных трудностей с регистрацией излучения. Разумеется, при сближении КА с планетами, астероидами и т.п. грубое местоположение по рентгеновским пульсарам требует уточнения, например, посредством оптической навигации.

Первый реализованный космический проект в этой области назывался USA (Unconventional Stellar Aspect). Аппаратура массой около 230 кг для мониторинга рентгеновских пульсаров была установлена на американском спутнике ARGOS, созданном на средства DARPA в рамках программы STP BBC США и запущенном 23 февраля 1999 г. (НК № 4, 1999, с.32-35). Она позволяла по наблюдениям пульсаров определять точное время, а также угловую скорость вращения КА и в ограниченном масштабе – его местоположение (по заходу пульсара за горизонт).

В настоящее время в США существует собственный проект навигации по пульсарам под названием SEXTANT. Он финанси-



руется NASA как дополнение к научному эксперименту NICER на борту МКС, предусматривающему, в частности, регистрацию рентгеновских импульсов пульсаров с помощью инструмента ХТИ с временной привязкой от спутниковой навигационной системы GPS. На основании обработки данных ХТИ американцы гарантируют абсолютное определение орбиты МКС с ошибкой не более 10 км при 14-суточных измерениях, а при компьютерном моделировании получают ошибку около 5 км. До сентябрьской аварии PH Falcon-9 аппаратуру NICER планировалось доставить на станцию грузовым кораблем Dragon в феврале 2017 г.



Научный руководитель** китайского проекта Шуай Пин (帅平) из Лаборатории космической техники имени Цянь Сюэсэня Китайской исследовательской академии космической техники CAST («5-я академия») и его сотрудники – также не новички в теме: их книга «Принципы и методы системы навигации по рентгеновским пульсарам» была опубликована еще в 2009 г. Проект XPNV-1 был предложен три года назад; его обоснованию был посвящен ряд научных статей последних лет. Работая ударными темпами, китайская команда «обошла на вираже» своих американских коллег и запустила экспериментальный спутник для навигации по пульсарам первой.

Представляя проект 8 октября 2016 г., Шуай Пин отметил, что рентгеновские пульсары обладают исключительной стабильностью скорости вращения – на уровне 10^{-19} , то есть на четыре порядка выше, чем у водородного стандарта частоты, используемого на навигационных спутниках. Он заявил, что предлагаемый метод межпланетной навигации в конечном итоге позволит достичь точности местоположения в 10 метров, то есть такого же порядка, что дают околоземные спутниковые навигационные системы. В опубликованной в 2015 г. Шуай Пином с соавторами статье были даны

* Четвертый источник требуется для одновременного определения точного времени.

** Дословно – главный конструктор научной системы миссии.

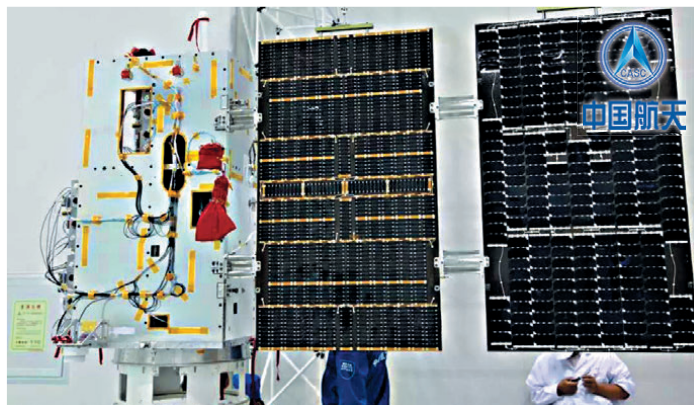
более осторожные оценки: при использовании трех пульсаров и наблюдении в течение двух суток на приемнике излучения площадью в 1 м^2 достигается ошибка порядка 60 м по положению и 0.004 м/с по скорости.

Тем не менее незадолго до старта проект и цели китайского эксперимента были подвергнуты неожиданной публичной критике со стороны научного сообщества КНР и объявлены нереализуемыми. Так, 20 октября исследователь Института физики высоких энергий Китайской АН Чжан Шуаннань (张双南) заявил, что навигация по пульсарам является в настоящее время теоретической концепцией, а не практическим направлением деятельности. Он отметил, что ожидаемая точность метода составляет от единиц до десятков километров – кстати, в соответствии с американскими представлениями, – и сказал, что запуск для решения соответствующих проблем такого простого спутника является шагом назад по сравнению с исследованиями, уже проведенными в мире.

В тот же день сотрудник Шанхайской обсерватории Китайской АН Чжао Мин (赵铭), заявил, что возможность достижения заявленной 10-метровой точности постановщиком не показана и что целью эксперимента может быть в лучшем случае отработка методики регистрации сигналов рентгеновских пульсаров с точной временной привязкой. Для навигации в дальнем космосе требуется решить множество других задач, таких как разрешение неоднозначности фазовых измерений при сдвиге на целый период сигнала, погрешность бортового стандарта частоты, учет релятивистских эффектов и т. п. Он также отметил, что требуется испытание в дальнем космосе, вдали от Земли с ее сильным гравитационным влиянием.

Отвечая критикам, 2 ноября Шуай Пин еще раз подтвердил, что результаты численного анализа говорят о возможности получения в перспективе заявленной точности, хотя и при выполнении ряда условий, и сказал, что летный эксперимент необходим для определения пути к этой цели. 4 ноября представитель CAST заявил, что космический запуск будет проведен по плану и что это слишком серьезное мероприятие, чтобы ставить его под сомнение из-за нескольких выступлений в Сети. 8 ноября в Государственном управлении по оборонной науке, технике и промышленности заявили, что возражения против космического проекта не удивляют и не требуют принятия мер, «поскольку остаются в рамках нормальной научной дискуссии». Пуск состоялся 10 ноября по плану, однако крамольное слово «навигация» из названия КА вычеркнули.

Аппарат XPNV-1 разработан и изготовлен Шэньчжэньской аэрокосмической высокотехнологической компанией «Дунфанхун» (深圳航天东方红海特有限公司, Shenzhen Aerospace Dongfanghong Hite Co. Ltd.), входящей в структуру CAST, главным образом на собственные средства. Административным руководителем и главным конструктором проекта является Сюэ Лицзюнь (薛力军),



Попутчики любят счет

Любой китайский многоспутниковый пуск – это вызов для эксперта, но состоявшийся 10 ноября старт вышел далеко за рамки обычных сложностей. Мало того, что четыре малых КА не были названы публично – в сообщениях разной степени достоверности называлось полтора десятка спутников, которые якобы выводились на CZ-11 вместе с основным аппаратом!

Так, в неофициальном

предстартовом прогнозе от 4 ноября говорилось о радиолобительском спутнике от пекинского подразделения «Дунфанхун» и о пяти кубсатах: трех от компании «Личжуй» в Чжэцзяне, одном от института «Тяньи» в г. Чанша и одном от фирмы «Кэчуань хантянь». Позднее спутник из Чанша был идентифицирован как 8-килограммовый кубсат «Сяосян-1», а три чжэцзянских аппарата – как кубсаты «Лишуй-1».

Аппарат массой 243 кг выполнен в форме параллелепипеда с одной двухсекционной солнечной батареей и рассчитан на работу в течение одного года. Спутник оснащен рентгеновскими детекторами двух типов: коллиматорного типа на микроканальной плате с рабочей площадью 2400 см^2 и с фокусирующей системой косого падения с зеркалами диаметром 17 см .

Цели эксперимента:

1 подтверждение работы рентгеновских детекторов обоих типов в условиях орбитального полета, измерение характеристик приборов и изучение фонового сигнала (шума);

2 регистрация сигналов от пульсара PSR B0531+21 в Крабовидной туманности и от четырех двойных рентгеновских систем, определение кривой изменения сигнала в течение периода;

3 продолжительное наблюдение трех пульсаров с низким уровнем потока рентгеновского излучения (скорее всего, это источники B0531+21, B1821-24 и B1937+21, использованные при моделировании в статье 2015 г.) и построение пилотной базы данных для проверки осуществимости системы навигации по пульсарам.

Всего известно свыше 2000 пульсаров, в том числе около 160 рентгеновских с хорошей периодичностью и стабильностью излучения. Шуай Пин считает, что в ходе следующих экспериментов в течение 5–10 лет можно провести регистрацию и определение особенностей сигналов 26 относительно близких пульсаров, распределенных по всей небесной сфере. Это позволит сформировать полноценную базу навигационных данных.

Как сообщила 22 ноября газета «Шэньчжэнь синьвэнь», созданные в шэньчжэньском подразделении компании «Дунфанхун» спутники «Кайто-1А» и «Кайто-1В» продолжат работу на орбите. Основной КА передал свыше 500 снимков, охвативших территорию площадью 1487 млн км^2 , которые, в частности, использовались осенью 2015 г. для обеспечения китайской полярной экспедиции на ледоколе «Сюэлуан».

В другом прогнозе в списке запускаемых КА фигурировали «Юньхай-1» и «Лоцзя-1». В «Новостях науки и техники» («Кэцзи чуаньмэй») за 10 ноября уже по факту запуска помимо «Сяосяна» были названы спутник «Лоцзя-1» (珞珈一号) и два КА для видеосъемки земной поверхности «Цзядин-1 шипин вэйсин» (嘉定一号视频卫星). Однако «Юньхай-1» в действительности стартовал двумя днями позже на собственном носителе, а из трех остальных, по данным их производителей, спутник «Лоцзя-1» предполагается вывести на орбиту лишь в конце 2017 г. Пара же «Цзядин-1», по состоянию на 4 ноября, планировалась к старту в конце ноября или в начале декабря.

В одном из сообщений о старте наряду с основным КА значился наноспутник «Пина-2» разработки компании «Хантянь Дунфанхун», однако не все авторы были уверены, что он предназначен для самостоятельного полета. В сообщениях, вышедших в день запуска, фигурировали также созданные пекинскими школьниками спутники «Фэнтай-1» и «Мэнсян-1». На проверку оба эти КА и радиолобительский спутник от пекинского «Дунфанхуна» оказались одним и тем же объектом – неотделяемым изделием с двойным наименованием «Фэнтай шаоянь-1 и Шаоянь мэнсян-1», в состав которого входила радиолобительская аппаратура CAS-2T.

Спутник KS-1Q от фирмы «Кэчуань хантянь» производитель также признал неотделяемым полезным грузом.

Всю эту обрывочную и плохо согласуемую информацию надо было увязать с тем фактом, что на «хорошую» круговую орбиту высотой 500 км было выведено в общей сложности лишь четыре КА. Конечно, пятый спутник с орбитой, близкой к орбите ступени, имел право на существование, но, поскольку расчетный срок существования последней составлял пару недель, его также должны были планировать всего на несколько суток работы. Среди перечисленных выше кандидатов на эту позицию не наблюдалось.

Да, по неофициальным данным, первоначально к старту готовилось семь спутни-

ков (основной и шесть попутных), однако на двух из них были выявлены проблемы, и их пришлось заменить габаритно-весовыми макетами. Опять же неофициально говорилось о том, что не были допущены к полету два из трех спутников «Лишуй-1».

Далее, 17 ноября глава Китайской группы радиолюбительских спутников CAMSAT Алан Кун сообщил в радиолюбительской рассылке, что наблюдаемый американцами объект D на круговой орбите представляет собой спутник TY-1, предназначенный для технических экспериментов и использующий командно-телеметрическую радиосистему на радиолюбительской частоте 437.5 МГц с шириной полосы 300 кГц. Есть основания полагать, что это название относится к КА «Сяосян-1», поскольку записанное латиницей название его фирмы-разработчика Tianyi как раз и сокращается как TY.

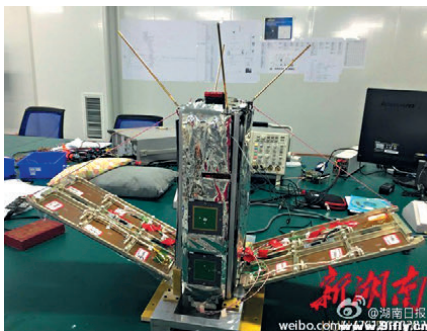
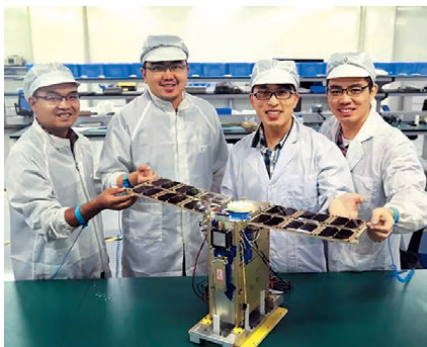
Алан Кун также обозначил объект F на эллиптической орбите как спутник Pegasus-1, тоже предназначенный для технических экспериментов, с командно-телеметрической радиосистемой на частоте 468.0 МГц. Заметим, что за прошедший месяц никто из радиолюбителей не сообщил о приеме сигналов от этих двух объектов.

На основании вышесказанного и вплоть до поступления новой надежной информации мы будем считать, что 10 ноября вместе с XPNV-1 на круговую орбиту было выведено три попутных КА: «Сяосян-1» (он же TY-1), «Пина-2» и «Лишуй-1». На эллиптической орбите находится Pegasus-1, о котором больше никакой информации в китайских источниках нет. На ракетной ступени установлены и работают еще два изделия, которые мы будем обозначать CAS-2T и KS-1Q.

«Сяосян-1»

Наиболее подробная информация имеется о малом научном спутнике «Сяосян-1» (潇湘一号, Xiaoxiang 1), который создан частным Исследовательским институтом Тяньи (天仪研究院, «Тяньи яньцзю юань»), основанным в мае 2015 г. и базирующемся в Зоне высоких технологий города Чанша провинции Хунань. Этот КА считается первым в КНР малым спутником, созданным частным предприятием в рамках чисто коммерческого проекта. Названия семи инвестиционных фондов, вложившихся в компанию «Тяньи яньцзю юань», выгравированы на одной из панелей спутника.

Весь цикл создания «Сяосяна» – от заказа до запуска – занял менее года. Команду разработчиков КА возглавляли главный исполнительный директор института Ян Фэн (杨峰) и главный технический директор Жэнь Вэйцзя (任维佳). Помимо Исследова-



тельского института Тяньи, в работах участвовали 14-й институт 1-й академии, Институт оптики и электроники Китайской АН и др.

Целью создания КА, помимо приобретения необходимого опыта, является летная квалификация для четырех конкретных заказчиков новых технологий, включая новый бортовой компьютер, программно конфигурируемый радиокomплекс, усиление навигационных сигналов и эксперимент по высокоточной стабилизации оптического изображения.

«Сяосян-1» выполнен в стандарте Cubesat в довольно редком типоразмере 6U (30×20×10 см). При запуске к двум большим габаритам прилегают две панели солнечных батарей, раскрываемые на орбите. Камера с неизвестными характеристиками установлена вдоль длинной оси спутника. Заявленная масса КА – 8 кг, мощность системы электропитания – 23 Вт, ожидаемый срок активного существования – от 6 до 12 месяцев. Сообщалось, что «Сяосян-1» использует командно-телеметрическую радиополосу радиолюбительского УHF-диапазона (то есть 435 МГц) и способен передавать данные со скоростью 16 Мбит/с. Четыре штыревые антенны установлены на малой грани, противоположной объективу камеры.

Для спутника TY-1 на радиолюбительских ресурсах указываются две частоты радиоканала «борт – Земля» (437.500 и 437.525 МГц, скорость 9600 бит/с, модуляция GMSK) и частота радиомаяка 2401.6 МГц. Последнюю логично было бы считать частотой радиополосы передачи целевой информации в S-диапазоне, но проблема в том, что эти данные отнесены – возможно, ошибочно – к другому TY-1, создаваемому Технической лабораторией микроспутников провинции Шэньси (SELM).

По состоянию на 1 декабря, аппарат находится в стадии орбитальных испытаний и отладки, поддерживая штатную ориентацию и имея положительный баланс по питанию и нормальную работу командно-телеметрической системы. Начало ра-

боты по основной программе планировалось на середину декабря.

В течение 2017 г. компания «Тяньи» планирует изготовить и запустить еще от четырех до шести наноспутников, в том числе:

- ◆ в начале января – КА для микрогравитационных исследований SP-1;
- ◆ спутник с детектором рентгеновского излучения;
- ◆ любительский астрономический аппарат;
- ◆ КА для микрогравитационных исследований SP-2;
- ◆ два спутника для испытаний новых технологий.

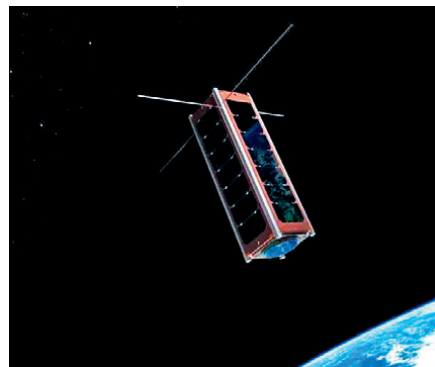
На отработанной платформе «Сяосян-1» будут реализованы рентгеновский спутник и два экспериментальных КА. Аппараты для микрогравитационных исследований создаются совместно с европейскими партнерами.

В течение двух ближайших лет компания планирует изготовить 20 малых КА.

«Лишуй-1»

Наноспутник «Лишуй-1» №01 (丽水一号01星, Lishui-1 №01) – первый аппарат одноименной частной группировки дистанционного зондирования Земли, созданный в Чжэцзянской компании электронной техники «Личжуй» (浙江利雅电子科技有限公司, «Чжэцзян Личжуй дяньцзю кэцзи юсянь гунсы», Zhejiang Lishui Electronic Technology Co. Ltd.) – первой частной спутниковой фирмы Китая.

Компания «Личжуй» основана в 2012 г. и приобрела статус корпорации в марте 2015 г. Компания базируется в Зоне технико-экономического развития г. Лишуй провинции Чжэцзян и имеет целью создание микроспутников, спутниковых систем и полезных нагрузок, развертывание спутниковых группировок и управление ими и оказание технических услуг в этой области. Председателем совета директоров фирмы является Чжан Лилин (张丽玲), которая объяснила выбор места для размещения фирмы тем, что родилась в Лишуйе. Интересно, что первый слог ее имени совпадает с первым иероглифом в названии города.



Рамочное инвестиционное соглашение между администрацией Лишуйской зоны развития и компанией «Чжэцзян Личжуй» по проекту создания коммерческой спутниковой системы «Лишуй-1» было подписано 5 февраля 2016 г. Объем инвестиций составляет около 400 млн юаней (57.5 млн \$). На площади в 200 му (13.3 га) создаются: центр по разработке и изготовлению спутниковых платформ, исследовательский центр по по-



лезным нагрузкам, центр точной обработки, сборочно-испытательный центр спутников, центр мониторинга и управления, центр обработки облачных данных, институт конверсии спутниковой техники и управление запусков. Объявлено, что в планы компании входит развертывание орбитальной группировки из 80–120 спутников ДЗЗ.

Судя по опубликованным изображениям и снимкам, «Лишуй-1» выполнен в форме кубсата типоразмера 3U с оптической системой, ось которой совпадает с вертикальной осью КА, как у американских спутников Flock аналогичного назначения. Если точнее, публике были продемонстрированы три опытных образца аппаратов китайской фирмы: кубсат 3U и два изделия типа 2U с выступающим на 10 см объективом, а также пусковые контейнеры для них. Один из спутников 2U был подписан как ZJLZ-1, что, вероятно, означало Zhejiang Lizhui.

«Пина-2»

По официальному сообщению, еще одним КА в этом пуске стал наноспутник «Пина-2» (皮纳二号, Pina-2), разработанный Космической спутниковой компанией «Дунфанхун» (航天东方红卫星有限公司, «Хантянь Дунфанхун вэйсин юсянь гунсы») в Пекине на микронаноспутниковой платформе с целью проведения групповых научных и технических экспериментов. О характеристиках и конкретных задачах спутника ничего не сообщается. По одной из версий, выведенный на орбиту КА впоследствии разделится на два объекта, которые будут работать совместно, однако есть и более убедительные изображения.

Считается, что имя «Пина-1» носил спутник с официальным наименованием «Сиван-2А» (XW-2A), который был запущен 20 сентября 2015 г. на первом носителе CZ-6. Аппарат в виде кубса с ребром 398 мм массой между 20 и 25 кг с трехосной системой стабилизации предназначался для летной отработки технических решений для нано- и пикоспутников в области самоуправления и многорежимного резервирования аппаратов на орбите, стандартизации систем и протоколов обмена.

25 ноября «Хантянь Дунфанхун» сообщила, что ее разработке в области технологии интеграции микронаноспутниковой платформы с полезной нагрузкой для дистанционного зондирования Земли впервые в истории компании был присвоен статус национального проекта. Было ли это связано логически или хронологически с запуском КА «Пина-2» – неизвестно.

Ранее, 19 февраля 2016 г., Министерство науки и технологий КНР опубликовало список из 15 ключевых специальных проектов в области наблюдения Земли из космоса, в число которых вошли и «Технологии интеграции микронаноспутниковой платформы с полезной нагрузкой для дистанционного зондирования», а в июле выделило данному проекту грант на текущий год в размере 30 млн юаней. Что же должны сделать в течение пяти лет разработчики из «Хантянь Дунфанхун» во главе с Фу Дяньном (傅丹膺)?

Целью исследования является удовлетворение потребности в многомасштаб-

ном, гибком, в реальном масштабе времени покрытии съемкой земной поверхности с использованием интегрированного с полезной нагрузкой спутника 20-килограммового класса. Проект включает разработку стандартизированного блока полезной нагрузки, блока управления ориентацией, модуля электропитания и модуля информационного обмена. Необходимо добиться продвижения в области техники датчиков микрокласса и их интеграции с платформами микро- и нанокласса и создать на их основе дешевую технологию ДЗЗ. Необходимо усовершенствовать технологию изготовления КА указанного класса, чтобы создать техническую основу для развертывания группировок численностью порядка 100 КА.

Индикаторами выполнения проекта будут демонстрация интегрированной с полезной нагрузкой платформы 20-килограммового класса с располагаемой мощностью не менее 20 Вт, стандартизация модуля информационного обмена на базе коммерческих продуктов. Предстоит добиться точности взаимной калибровки спутников ДЗЗ микронанокласса в 2" и внутренней самокалибровки полезной нагрузки на уровне 0.2".

Представляется вероятным, что «Пина-2» является первым демонстрационным образцом в рамках этого проекта. Так ли это – покажет будущее.

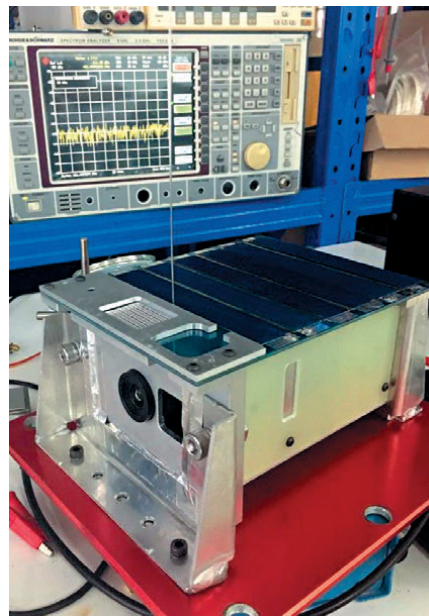
Они остались на ступени

Экспериментальная полезная нагрузка KS-1Q подготовлена компанией «Кэчунь хантянь», основанной в июле 2014 г. и базирующейся в Зоне развития высоких технологий г. Гуанчжоу (провинция Гуандун) как часть реализуемого с декабря 2014 г. проекта первого спутника этого малого предприятия – кубсата «Кэсин-1» (科星一号, Kexing-1).

KS-1Q выполнен в виде неотделимого кубсата типоразмера 6U массой 3 кг и оснащен рядом экспериментальных устройств (ультрамалые солнечные датчики, инерциальные измерительные устройства, командно-телеметрическая система UHF-диапазона, оптический передатчик телеметрии), а также широкоугольной камерой. Среди заявленных задач проекта – наблюдение за уводом ступени на низкую орбиту, проверка технологии оптической телеметрии и алгоритмов звездного датчика для высокоточных измерений текущей ориентации, квалификация основных подсистем КА, видеосъемка с орбиты в реальном масштабе времени.

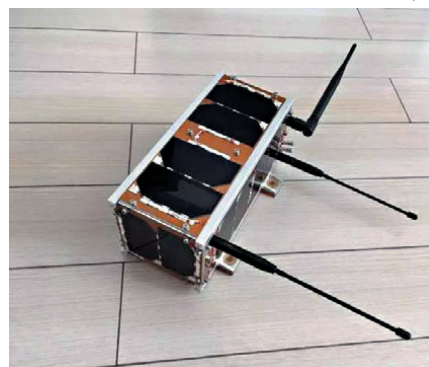
Бортовой передатчик работает на частоте 436.500 МГц. Сигналы KS-1Q принимались разработчиком 11 ноября с 18:16 до 18:20 и вновь в 19:59. Аппаратура должна была работать в течение 15 суток, однако проектировалась в расчете на два года работы, так что нештатный увод ступени лишь порадовал постановщиков эксперимента. Увы, вскоре выяснилось, что приемный канал KS-1Q блокируется передающим каналом установленной рядом радиолобительской аппаратуры.

Под обозначением CAS-2T скрывается радиолобительский спутник, созданный учениками ряда пекинских школ при помощи пекинского подразделения компании «Дунфанхун» в рамках программы малых спутников Молодежной академии астронавтики имени Цянь Сюэсяня при Молодежном



доме науки и техники района Фэнтай. Организацией проекта занимались академия CALT, вблизи которой располагается Дом науки и техники, и управление образования района Фэнтай.

Начинали работу над проектом в 2011 г. учащиеся экспериментального космического класса имени Цянь Сюэсяня 12-й средней школы. Впоследствии к ним присоединились ребята из 8-й, 18-й, 25-й школ и Космической средней школы, представляющие районы Фэнтай, Хайдянь и Сичэн. В итоге проект получил сразу два собственных имени – «Фэнтай шаонянь-1» (丰台少年一号, Fengtai shaonian 1), что означает «Молодежь Фэнтай», и «Шаонянь мэньсян-1» (少年梦想一号, Shaonian mengxiang-1, «Мечта молодежи»).



CAS-2T предназначен для подтверждения проекта радиолобительских спутников серии CAS-2 и выполнен в виде неотделимого кубсата типа 2U, он имеет размеры 10×10×20 см при массе 1.87 кг. Радиолобительский комплекс включает радиомаяк на частоте 435.710 МГц, приемник VHF-диапазона (145.925 МГц) и передатчик UHF-диапазона (436.615 МГц). Изделие было рассчитано на срок баллистического существования в 10–30 суток, но может проработать существенно дольше.

В 2017 г. этот же коллектив разработчиков намерен запустить уже полноценный спутник, в названии которого вместо единиц стоят двойки. Аппарат рассчитан на работу в течение двух лет: он будет способен ретранслировать не только голос и тексты, но и изображения.

А. Кучейко специально
для «Новостей космонавтики»



Пятый спутник

сверхдетального наблюдения

Пополнение в группировке DigitalGlobe

11 ноября 2016 г. в 10:30:33 EST (18:30:33 UTC) на Западном ракетном полигоне со стартового комплекса SLC-3E авиабазы ВВС США Ванденберг (штат Калифорния) стартовыми командами компании United Launch Alliance при поддержке боевых расчетов 30-го космического крыла ВВС США был осуществлен запуск ракеты-носителя Atlas V в конфигурации 401 (номер AV-062) с коммерческим спутником сверхдетальной съемки Земли WorldView-4 американской компании DigitalGlobe. В качестве попутного груза в рамках программы Enterprise на орбиту доставлены семь американских наноспутников, предназначенных для демонстрации технологий в интересах Управления воздушно-космической разведки NRO: Prometheus-A, Prometheus-B, Aerocube-8C, Aerocube-8D, Opticube 4, CELTEE и RAVAN.

Групповой запуск прошел успешно в начале стартового окна продолжительностью 16 минут. Через 19 мин 28 сек после старта WorldView-4 отделился от второй ступени и был выведен на расчетную круговую орбиту.

После этого Centaur выполнил двухимпульсный маневр с целью снижения на 30 км и на отметке T+2:11:46 приступил к отделению попутных наноспутников. В течение 14 минут из четырех пусковых контейнеров четырем порциями были отстрелены семь кубсатов.

В дальнейшем ступень «Центавр» выполнила завершающее включение двигателя RL10C-1, набрала около 12 400 м/с и ушла на гелиоцентрическую орбиту; слив остатков топлива из ее баков наблюдали из Швеции.

Аппарат	Номер	Обозначение	Параметры орбиты			
			i	Нр, км	На, км	P, мин
WorldView-4	41848	2016-067A	97.97°	603.0	620.4	96.986
RAVAN	41849	2016-067B	97.97°	574.0	584.0	96.284
CELTEE?	41850	2016-067C	97.97°	574.8	584.2	96.292
Opticube 4?	41851	2016-067D	97.98°	574.7	584.3	96.293
Aerocube 8D	41852	2016-067E	97.98°	576.8	585.5	96.317
Aerocube 8C	41853	2016-067F	97.98°	576.4	585.7	96.319
Prometheus 2.1	41854	2016-067G	97.98°	577.4	586.1	96.329
Prometheus 2.3	41855	2016-067H	97.97°	577.2	586.6	96.330

Номера и международные обозначения спутников в каталоге Стратегического командования США, а также параметры начальных орбит приведены в таблице.

Это был 112-й пуск компании ULA с ее основания в 2006 г. и десятый коммерческий старт PH Atlas V. Первая ступень ракеты была оснащена двигателем РД-180 № 76Т производства НПО «Энергомаш».

Долгий путь на орбиту

В полной драматизма истории разработки и запуска спутника WorldView-4 отразились интересные вехи развития космической отрасли ДЗЗ и ее зависимость от заказов оборонных ведомств США (подробнее – в НК № 10, 2014).

После завершения бума коммерческих космических компаний к началу 2000-х годов лишь три американские фирмы смогли запустить собственные спутники ДЗЗ метрового разрешения первого поколения. Рыночные ожидания оказались завышенными, доходы от продаж космоснимков не позволяли разрабатывать спутники второго поколения. В те же годы судьбоносными для отрасли ДЗЗ стали правительственные решения о привлечении ресурсов коммерческих КА для решения задач обзорной видовой разведки в интересах Управления геопространственной разведки NGA (National Geospatial-Intelligence Agency), сформированного в 2004 г. на основе военного картографического управления NIMA.

Управление NGA профинансировало изготовление и запуск двух коммерческих КА ДЗЗ второго поколения с пространственным разрешением лучше 0,5 м, благодаря чему компании DigitalGlobe и GeoEye запустили КА WorldView-1 и GeoEye-1 в 2007–2008 гг. Основная часть ресурсов спутников была сдана в аренду NGA на льготных условиях.

В 2010 г. Управление NGA приняло 10-летнюю программу государственного



финансирования отрасли ДЗЗ под названием Enhanced View на сумму 7.3 млрд \$. Обе компании при финансовой поддержке NGA начали разработку КА третьего поколения GeoEye-2 и WorldView-3 с разрешением 25–30 см, которые планировалось вывести на орбиту в 2013–2014 гг.

Компания GeoEye еще в 2007 г. начала эскизную проработку спутника третьего поколения GeoEye-2 и разместила у фирмы ITT Exelis (ныне Harris) контракт на изготовление оптико-электронной системы (ОЭС). В марте 2010 г. компания Lockheed Martin была выбрана подрядчиком по КА GeoEye-2, а в октябре с ней заключили контракт на его полномасштабную разработку. Отметим, что подрядчик являлся ведущим разработчиком спутников видовой разведки США: Lockheed начинал с программы CORONA, а впоследствии разработал спутники оптико-электронной разведки KH-11 и их ныне действующие версии. Корпорация Lockheed Martin ранее изготовила первый коммерческий спутник субметрового разрешения Ikonos, который оказался очень удачным аппаратом и отработал на орбите 16 лет (1999–2015)*.

В 2012 г. Администрация президента Обамы начала сокращение военного бюджета, под которое попали расходы на космическую разведку и программу закупки коммерческой информации EnhancedView. Бюджета на финансирование двух компаний не хватало, в результате более сильная компания DigitalGlobe в 2013 г. поглотила конкурента GeoEye.

В феврале 2013 г. обновленная компания-оператор приняла решение запустить в 2014 г. КА третьего поколения WorldView-3 (WV-3), который, в отличие от GeoEye-2, был оснащен дополнительной камерой для съемки в коротковолновом участке ИК-спектра (SWIR), установленной по требованиям NGA, и атмосферным корректором CAVIS. А вот почти готовый спутник GeoEye-2 был помещен на хранение, так как крупных заказов для загрузки его ресурсов не предвиделось.

В мае 2014 г. появились первые сообщения о том, что ввиду изменившейся ситуации и роста потребности в снимках высокого разрешения GeoEye-2 может быть вскоре запущен. В августе стало известно, что DigitalGlobe ускоряет подготовку к запуску КА, который к этому моменту был переименован в WorldView-4. В начале 2016 г. после отсрочки запуска марсианского зонда InSight очень «кстати» подвернулась свободная ракета; впрочем, это был «возврат долгов», так как на носителе, предназначавшемся для GeoEye-2, в 2011 г. улетел к Марсу MAVEN.

24 июля WorldView-4 был отправлен с предприятия Lockheed Martin на полигон для запуска 15 сентября 2016 г. Попытка старта была предпринята 16 сентября, но подготовку к нему прервали на последних минутах предстартового отсчета из-за утечки жидкого водорода в наземной системе. Потребовалась замена заправочно-дренажного клапана, и старт перенесли на 18 сентября 2016 г.

* Второй спутник компании GeoEye-1 был изготовлен компанией General Dynamics, но из-за неполадок работает с неполной нагрузкой.

И тут вмешалась стихия: 17 сентября 2016 г. на территории полигона возник природный пожар, ставший самым сильным в его истории. В течение пяти суток с огнем боролись свыше 1100 пожарных, один из них погиб. В итоге в южной части базы Ванденберг выгорела растительность на площади 5100 га, полигон был закрыт вплоть до 26 сентября, а старт WorldView-4 отложен на неопределенный срок из-за неготовности средств слежения.

Лишь 10 октября заказчик объявил о возможности провести запуск в конце октября или начале ноября. 26 октября он был назначен на 6 ноября, а 2 ноября из-за проблем с носителем перенесен на 11-е, когда и состоялся.

В 2016 г. перед запуском WV-4 компания-оператор DigitalGlobe получила шесть контрактов, в основном от оборонных и разведывательных структур зарубежных государств, на использование ресурсов съемочной аппаратуры КА WV-4, которые пока не заняты контрактами NGA (табл. 1).

Табл. 1. Характеристики спутников компании DigitalGlobe

Аппарат	Дата запуска	Разрешение (PAN / MS), м	Суточная производительность	Масса, кг	Состояние
Ikonos	24.09.1999	0.82 / 3.28	150	726	Уведен в 2015 г.
QuickBird	18.10.2001	0.65 / 2.62	160	931	Уведен в 2011 г.
WV-1	18.09.2007	0.50 / —	1500	2500	Оперативный
GeoEye-1	06.09.2008	0.41 / 1.64 (0.50 / 2.00)	350	1955	Оперативный с ограничениями
WV-2	08.10.2009	0.46 / 1.84	1200	2800	Оперативный
WV-3	08.08.2014	0.31 / 1.24; 3.7	680	2800	Оперативный
WV-4 (GeoEye-2)	11.11.2016	0.31 / 1.24	680	2485	Орбитальные испытания

Примечания:
1. Цветом фона выделены три поколения коммерческих КА ДЗЗ.
2. PAN – панхроматический, MS – мультиспектральный.

Вероятно, интерес к ресурсам спутника подогревает нестабильная геополитическая и военная обстановка на Ближнем Востоке, в Африке и в странах Азии. Космическая отрасль высокодетальной коммерческой съемки Земли спустя 16 лет после своего появления не смогла найти более прибыльные рынки, чем видовой разведка кризисных регионов и геоинформационное обеспечение оборонных ведомств.

Благодаря лоббированию интересов бизнеса со стороны NGA, в июне 2014 г.

компания DigitalGlobe получила лицензию правительства США на открытое распространение изображений с пространственным разрешением 25 см.

Следует отметить, что два спутника нового поколения – WV-3 и WV-4 с разрешением 0.25–0.3 м – появились на орбите вместо военных КА отмененной Конгрессом секретной программы широкополосной обзорной видовой разведки BASIC (Broad Area Satellite Imagery Collection). Таким образом, среди важных задач системы КА WV-3/-4 – оперативный сбор обзорной картографической информации по районам и объектам с целью экономии ресурсов и дальнейшего нацеливания секретных военных КА видовой разведки класса Evolved Enhanced Crystal, которые оснащены аппаратурой более детального наблюдения.

Спутник сверхдетальной съемки Земли нового поколения

Спутник WorldView-4 (ранее GeoEye-2) стал вторым коммерческим спутником съемки Земли третьего поколения с 30-сантиметровым пространственным разрешением.

Головной разработчик, компания Lockheed Martin, возглавил кооперацию, в состав которой вошел ITT Exelis (ныне Harris Corp., разработчик ОЭС), MDA (наземные станции управления и обработки информации, в том числе модернизация существующего наземного комплекса компании DigitalGlobe) и Raytheon (программное обеспечение наземного комплекса управления и приема космической информации).

Спутник изготовлен на базе увеличенной версии космической платформы LM-900, которая успешно отработала в течение 16-летней эксплуатации КА Ikonos. Новый спутник по сравнению с КА WV-3 (платформа ВСП-5000) имеет более скромные массу и габариты: высота – 5.3 м, диаметр – 2.3 м, стартовая масса – 2485 кг, в том числе масса топлива ~450 кг (у КА WV-3 – 5.7 м, 2.5 м, 2800 кг), срок эксплуатации – 7 лет с возможностью продления до 10–12 лет. Общая стоимость КА с учетом запуска и страхования составила 835 млн \$.

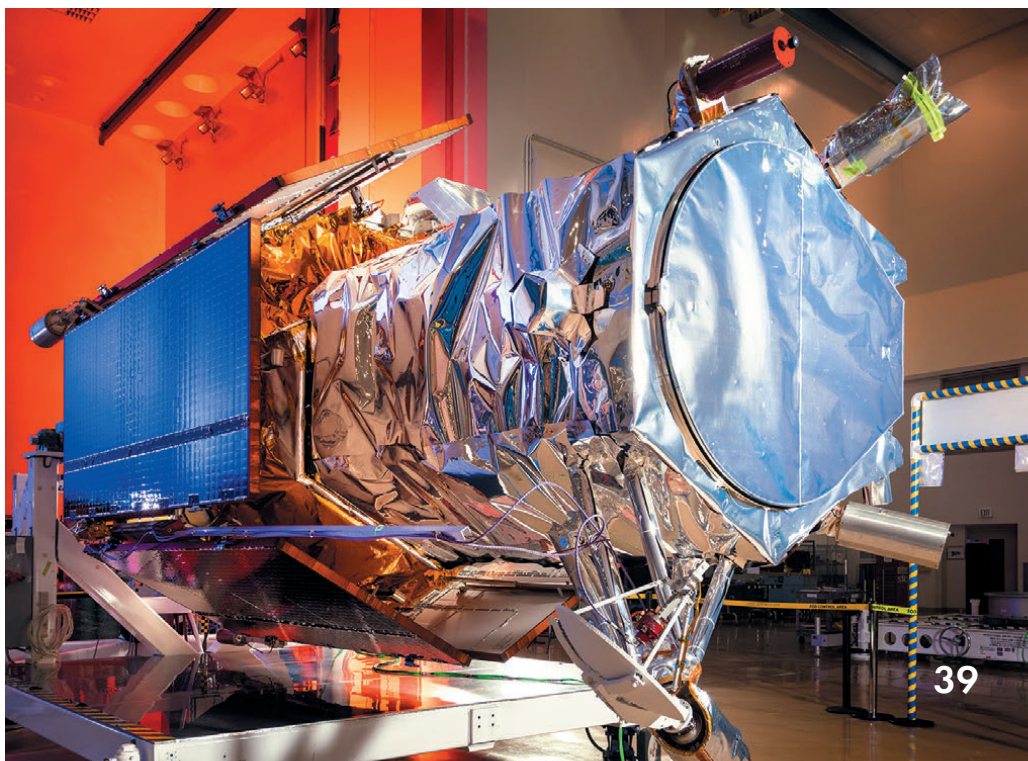


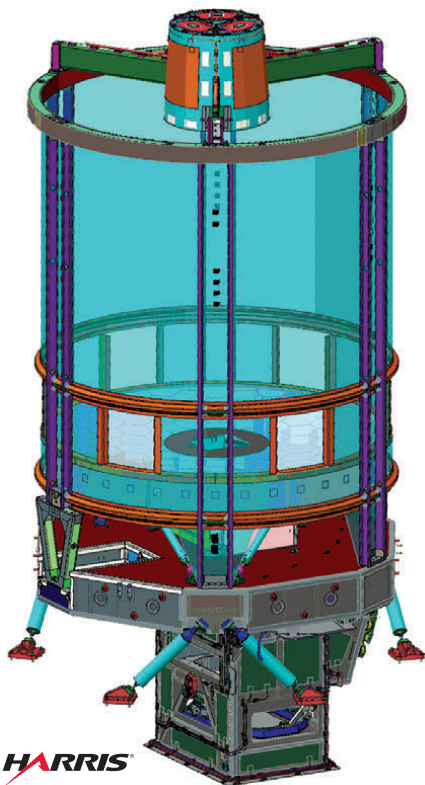
Табл. 2. Сравнение ОЭС спутников Ikonos и WorldView-4, разработанных компанией Harris (по данным компании GeoEye)

Параметр	Ikonos	WorldView-4
Диаметр апертуры, м	0.7	1.1
Размер пикселя панхроматической ПЗС матрицы, мкм	12	8
Ширина сборки ПЗС матрицы, пиксель	14200	42500
Фокусное расстояние телескопа, м	10	16
Относительное отверстие	1:14.3	1:14.5
Пространственное разрешение GSD (с высоты 681 км), м	0.82	0.34
Ширина полосы захвата (с высоты 681 км), км	11.6	14.5

Электропитание спутника обеспечивают пять панелей солнечных элементов и две аккумуляторные батареи. В состав системы трехосной ориентации и стабилизации платформы входят звездные датчики Goodrich GR-1004, твердотельный инерциальный измерительный блок SIRU, четыре гироскопа CMG (Control Moment Gyros) M-95 компании Honeywell и аппаратура спутниковой навигации GPS Monarch компании General Dynamics.

Компания DigitalGlobe устанавливает на всех своих коммерческих спутниках серии WV гироскопы CMG, которые изначально были созданы для программ видовой разведки, что позволяет увеличить число снимаемых объектов на витке, благодаря высоким значениям скорости наведения – до 2.7 °/с и ускорения – до 1.0 °/с². В результате спутник WorldView-4 может перенацеливать телескоп на новые объекты съемки, отстоящие друг от друга на 200 км, за 10.6 сек. Суточная производительность КА составляет 680 тыс км². Ожидаемая расчетная точность геопривязки изображений без наземных опорных точек (CE90) около 3.5 м.

Основной полезной нагрузкой является *оптоэлектронная система* (ОЭС) GeoEye Imaging System-2 (GIS-2). Система разработана компанией Harris на базе ОЭС SpaceView-110, аналогичной применяемой на КА WV-2 и WV-3 (обозначалась WV-110), а также ОЭС GIS спутника GeoEye-1.



HARRIS

▲ Оптическая система SpaceView-110

Компания Harris рекламирует ОЭС SpaceView-110 как самую высокодетальную в мире оптоэлектронную систему коммерческого класса.

Диаметр апертуры ОЭС составляет 1.1 м, масса системы ~500 кг и потребляемая мощность во время съемки 925–1100 Вт. Вспомогательные подсистемы ОЭС позволяют контролировать температурный режим и подстраивать фокусное расстояние.

По данным компании Harris, система SpaceView-110 с фокусным расстоянием 16 м и размером пикселя 8 мкм обеспечивает съемку с высоты 500 км с пространственным разрешением (GSD) 0.25 м*. Угол поля зрения ОЭС составляет 1.22°, скорость сканирования – 24 000 строк/сек. По оценке, оптическая система телескопа SpaceView-110 – трехзеркальный анастигмат TMA.

В ряде публикаций говорится, что по заказу новой компании-оператора DG спутник и ОЭС перед запуском были доработаны, но деталей не приводится.

ОЭС SpaceView-110 нового спутника уступает в спектральном разрешении 8-канальной системе КА WV-2 и суперспектральной многокамерной ОЭС спутника WV-3 и обеспечивает съемку в пяти стандартных спектральных каналах, аналогичных применявшимся на КА Ikonos, среди них – панхроматический (PAN) в диапазоне длин волн 450–800 нм и четыре узких спектральных зоны: синяя (450–510 нм), зеленая (510–580 нм), красная (655–690 нм) и ближняя инфракрасная (780–920 нм).

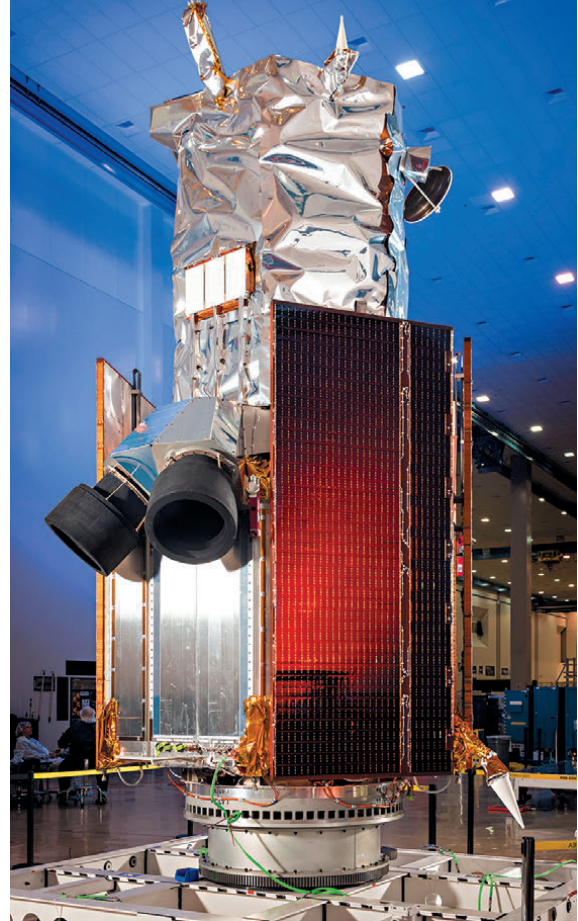
Значения пространственного разрешения (GSD) изображений КА WV-4 составляют:

- ◆ в панхроматическом канале:
 - ❖ 0.31 м – при съемке в надира;
 - ❖ 0.34 м – при отклонении до 20° от надира;
 - ❖ 1 м – при отклонении до 56° от надира и
 - ❖ 3.51 м – при отклонении до 65° от надира (съемка лимба Земли);
- ◆ при съемке в мультиспектральном режиме в четырех узких спектральных зонах:
 - ❖ 1.24 м – при съемке в надира;
 - ❖ 1.38 м – при отклонении до 20° от надира,
 - ❖ 4 м – при отклонении до 56° от надира и
 - ❖ 14 м – при отклонении до 65° от надира (съемка лимба Земли).

Радиометрическое разрешение составляет 11 бит, ширина полосы захвата – 13.1 км (высота 617 км). Таким образом, оба спутника третьего поколения – WV-3 и новый WV-4 – оснащены сходными ОЭС на базе SpaceView-110, обеспечивая съемку с разрешением 0.31 м в полосе захвата шириной 13.1 км с высоты 617 км. Можно предположить, что на спутниках использованы одинаковые панхроматические сборки ПЗС матрицы в режиме временной задержки и накопления (ВЗН) шириной 42 500 пикселей в строке.

Предусмотрено несколько режимов съемки объектов и районов: кадровый с размером сцены 13.1×13.1 км², векторный

* Соответственно 0.31 м с высоты 617 км.



(площадной), маршрутный, стерео и многогоракурсный режим отслеживания объекта и др. В описании ОЭС SpaceView-110 приводятся также режимы видеосъемки, съемки подвижных объектов и съемки в условиях низкой освещенности. Максимальный размер площадки, снятой на витке, составляет 66.5×112 км² (пять прилегающих полос), максимальный размер стереопары – 26.6×112 км², а максимальная длина маршрута – 360 км.

Спутник выведен на утреннюю солнечно-синхронную орбиту высотой 617 км с пересечением экватора в 10:15 по местному времени в нисходящем узле, аналогичную по параметрам орбите спутника WorldView-3. Высота орбиты позволяет спутнику WV-4 выполнить повторную съемку объекта на широте 40° с.ш. и выше на следующие сутки с разрешением менее 1 м. Вероятно, два спутника третьего поколения WV-3/-4 составят систему для обеспечения ежесуточной беспрерывной съемки объектов в глобальном масштабе с разрешением 0.3 м.

Бортовой твердотельный накопитель емкостью 3.2 терабит позволяет осуществлять высокодетальную съемку в глобальном масштабе с последующей передачей на наземные приемные станции по радиолинии в диапазоне частот X со скоростью 800 Мбит/с. Команды на борт КА передаются по радиолинии в S-диапазоне частот со скоростью 64 кбит/с, телеметрия – в X-диапазоне со скоростью 128 кбит/с.

Многоспутниковая коммерческая система D33

В результате запуска компания DigitalGlobe расширила космическую группировку до пяти коммерческих спутников, среди них – три КА – WV-1, GeoEye-1 и WV-2 – второго поколения с пространственным разрешением 0.41–0.50 м и два спутника – WV-3 и

WV-4 – третьего поколения с разрешением 0.31 м. В марте 2011 г. и в марте 2015 г. компания увела с рабочей орбиты после израсходования ресурса два КА первого поколения – QuickBird и Ikonos (табл. 3).

Учитывая, что компания DigitalGlobe получила правительственную лицензию на поставку космоснимков с предельным пространственным разрешением до 0.25 м, высота орбиты пары КА WV-3/-4 может быть снижена до 500 км для достижения разрешения GSD 0.25 м, что соответствует значению национальной рейтинговой шкалы интерпретации изображений NIIRS, равному 6.0.

Компания DigitalGlobal является лидером на мировом рынке геоданных, в основном благодаря контрактам с разведывательным сообществом США. По прогнозам, в 2016 г. оборот компании ожидается на уровне 700 млн \$, а прибыль (до уплаты налогов) оценивается в 365–375 млн \$. Доля доходов от поставок данных правительству США по программе NGA в общей структуре доходов компании DigitalGlobe в 2015 г. составила 62%. Компания поставляет до 90% базовых изображений для государственных картографических программ США, а также выполняет задачи по мониторингу и геоинформационному обеспечению (более 100 тыс клиентов в онлайн-режиме подключения).

В ближайшей перспективе заказчики из разведывательного сообщества и Минобороны США останутся главными источниками доходов компании DigitalGlobe. В соответ-

Табл. 3. Характеристики коммерческих КА ДЗЗ из группировки компании DigitalGlobe

Параметр	WorldView-1	GeoEye-1	WorldView-2	WorldView-3	WorldView-4
Высота орбиты, км	496	681	770	617	617
Срок эксплуатации	2007–2020	2008–2018	2009–2022	2014–2026	2016–
Спектральные характеристики	PAN	PAN + 4 MS	PAN+8MS	PAN + 8 MS + 8 SWIR	PAN + 4 MS
Пространственное разрешение GSD PAN (надир), м	0.50	0.41	0.46	0.31	0.31
Пространственное разрешение GSD MS (надир), м	Нет	1.64	1.85	1.24	1.24
Точность геопривязки CE90 (надир), м	6.5	3	6.5	3.5	3.5
Ширина полосы захвата, км	17.7	15.3	16.4	13.2	13.1
Средний период повторной съемки объекта на широтах 40° с.ш., сут	1.7	<3	1.1	1.0	1.0
Площадь съемки при отклонении от надира до 30°, км²	111x112 (6 полос)	45x112 (3 полосы)	138x112 (8 полос)	69x112 (5 полос)	66.5x112 (5 полос)
Площадь стереосъемки при отклонении от надира до 30°, км²	51x112 (3 пары)	15x112 (1 пара)	63x112 (4 пары)	28x112 (2 пары)	26.6x112 (2 пары)
Масса, кг	2500	1955	2800	2800	2485
Исполнительные органы системы ориентации	CMG	Силовые маховики	CMG	CMG	CMG
Время наведения телескопа на 200 км, сек	10	25	10	11	11
Емкость бортового ЗУ, Гбит	2199	1000	2199	2199	3200
Скорость передачи данных, Мбит/с	800	740	800	800 или 1200	800
Сервисы быстрой доставки	Прямой сброс на терминалы клиентов Direct Downlink, виртуальный наземный терминал Virtual Ground Terminal				

ствии с условиями многолетнего контракта «Глобальная поставка продуктов геопространственной разведки» (Global Enhanced GEOINT Delivery, Global-EGD), компания ежедневно в оперативном режиме обеспечивает съемку, обработку и отображение в веб-порталах изображений площадью 1.5 млн км² через 2 часа после съемки или доступ к данным архивных изображений. В целях оперативной поставки продуктов космической съемки развернута сеть приемных станций с удаленным доступом вокруг стран Евразии, которая обеспечивает сбор данных со спутников серии WorldView на рабочих витках после съемки объектов на территории евразийского континента.

Всего лишь 20% доходов компании связаны с поставками геопродуктов и сервисами на традиционных рынках гражданских приложений, таких как картография, кадастр, энергетика, сельское и лесное хо-

зяйство, природопользование и экологический мониторинг, страхование и анализ рисков, трехмерное моделирование и визуализация обстановки, оперативная съемка зон чрезвычайных ситуаций, техногенных и природных катастроф, а также поставки оборонным ведомствам иностранных государств.

Остальные 18% доходов компания DigitalGlobe получает от предоставления клиентам услуг доступа к съемочной аппаратуре КА WorldView в зонах видимости собственных станций клиентов по программе прямого доступа через собственные наземные станции (DAP – Direct Access program).

Всего в разных странах установлено десять терминалов для приема информации с КА WorldView различных серий, идут переговоры о поставках еще двух терминалов. Всего же в состав наземного комплекса входят 30 станций приема информации, расположенных в разных странах мира.

Интересно отметить, что, по данным DigitalGlobe, Россия закупила в США в 2013 г. космоснимков и сервисов на 23.4 млн \$. В связи с геополитическим кризисом в 2014 г. объем продаж данных DigitalGlobe в России упал до 8.9 млн \$, в 2015 г. достиг минимума (в 4.3 млн \$) и в 2016 г. начал медленно расти – вырос до 5.4 млн \$.

Несмотря на то, что в ближайшей перспективе у компании не ожидается конкурентов, современный бум космических стартапов на основе микро- и наноразмерных спутников ДЗЗ не остался незамеченным: компания DigitalGlobe образовала совмест-



▼ Первый снимок спутника WorldView-4. Национальный спортивный зал Ёги, район Сибуя, Токио, Япония. 26 ноября 2016 г.

ное предприятие с компаниями Саудовской Аравии на разработку системы из шести малоразмерных КА субметрового разрешения.

Таким образом, компания DigitalGlobe в результате запуска второго спутника сверхвысокого разрешения удвоила возможности по сбору информации с разрешением до 0.3 м (в случае запроса – до 0.25 м) и укрепила лидирующие позиции на мировом рынке ДЗЗ. Основным покупателем продуктов и услуг компании DigitalGlobe останется Управление геопромышленной разведки NGA, обеспечивающее информацией разведывательное сообщество и Минобороны США, а также все государственные ведомства США.

В ближайшие годы компания DigitalGlobe со спутниками WorldView-3 и -4 останется монополистом на мировом рынке продуктов с разрешением 25–30 см. Аналогичные проекты гражданских, коммерческих или КА двойного назначения в Японии, Корее, Индии, Израиле, России и странах Европы находятся пока на начальных стадиях разработки.

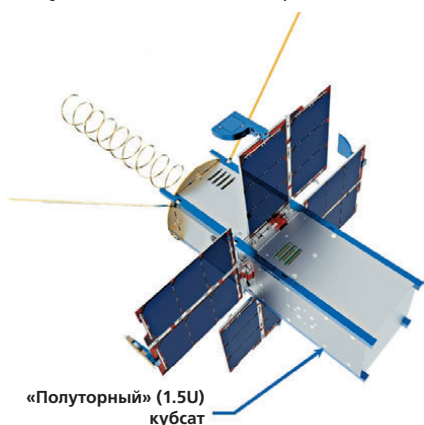
Нежданные попутчики

И. Лисов.

«Новости космонавтики»

На заднем днище ступени Centaur еще во время подготовки носителя AV-062 были смонтированы четыре пусковых контейнера для попутных кубсатов, которые предполагалось отделить на траектории полета к Марсу. Получив ракету в свое распоряжение, DigitalGlobe договорилась с ULA об их использовании в интересах NRO для запуска в рамках проекта Enterprise семи несекретных технологических наноспутников: двух Prometheus-2, двух Aerocube-8, CELTEE, U2U и RAVAN (в порядке планируемого отделения). Впоследствии выяснилась неготовность U2U, и Калифорнийский политехнический университет в срочном порядке изготовил ему на замену наноспутник OptiCube 4.

Prometheus-2.1 и -2.3 разработаны в Лос-Аламосской национальной лаборатории в форм-факторе «полуторный кубсат» (1.5U). Спутники стоимостью не более 0.1 млн \$ каждый и обеспечивающая их наземная аппаратура образуют систему связи, позволяющую скрытно действующим подразделениям Командования специальных операций SOCOM (Special Operations Command) передавать с носимых терминалов аудио- и видеозаписи и файлы данных.



«Полуторный» (1.5U) кубсат

Каждый аппарат массой около 2 кг имеет четыре откидных солнечных батареи и развертываемую спиральную антенну. Расчетный срок службы КА – от 3 до 5 лет.

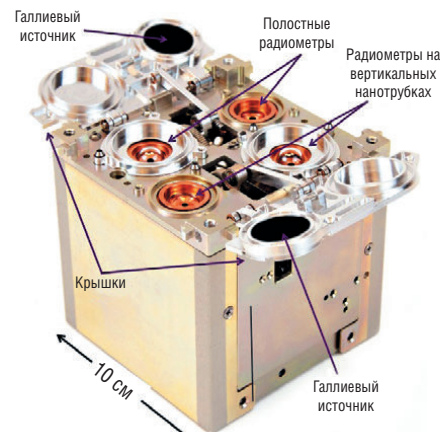
Четыре пары спутников Prometheus-1 были запущены 20 ноября 2013 г. на PH Minotaur I вместе с КА ORS-3. По сравнению с ними на спутниках второго поколения увеличена площадь солнечных батарей и усовершенствована система ориентации – добавлены звездный датчик и GPS-приемник. Еще восемь аппаратов Prometheus-2 предстоит вывести на орбиту в полете по программе STP-2 на PH Falcon-Heavy.

Aerocube 8C и 8D компании Aerospace Corporation (Эль-Сегундо, штат Калифорния) также выполнены в размере 1.5U и имеют массу 2.2 кг. Их основная задача – демонстрация масштабируемой ионной электроактивной установки SiEPro (Scalable Ion-Electrospray Propulsion System), которая основана на экстракции и ускорении тяжелых ионов с использованием сильных электрических полей, приложенных на поверхности раздела между топливом (рабочим телом) и безвоздушным пространством. Установка SiEPro была подробно описана при запуске первых двух КА этой серии 20 мая 2015 г. вместе с космопланом X-37B (HK № 7, 2015). К сожалению, орбитальные элементы на них были засекречены; теперь же появляется возможность отследить работу SiEPro.

На спутниках типа Aerocube 8 также демонстрируются решения на основе углеродных нанотрубок CNT: сверхлегкая кабельная сеть, композитные материалы типа CNT-PEEK (полиэфиркетон) и радиационная защита будущих спутников. Кроме того, на них испытываются инвертированные метаморфные фотоэлектрические преобразователи типа IMM с четырьмя переходами и фотоэлементы с пятью переходами, полученные по технологии склеивания полупроводников SBT. Бортовой радиопередатчик мощностью 1.2 Вт работает на частоте 914.7 МГц через всенаправленную пэтч-антенну.

CELTEE-1 (CubeSat ELT Evaluation Experiment 1) изготовлен компанией M42 Technologies (г. Сиэтл, штат Вашингтон) по заказу AFRL – Исследовательской лаборатории BBC США – в виде кубсата типоразмера 1U стартовой массой 1.44 кг. Цель эксперимента – испытания в течение 3–6 месяцев усовершенствованного приемопередатчика ELT (Enhanced Locator Transponder), также разработанного M42 для слежения и определения орбит малых КА. Положение CELTEE будет определяться наземными средствами с использованием ELT и сравниваться с координатами, определенными на борту с помощью GPS-приемника. Аппарат запитан от аккумуляторной батареи и передает на частоте 923.0–923.5 МГц.

OptiCube 4 представляет собой кубсат размера 2U для калибровки наземных средств, ведущих наблюдение за космическим мусором, а также совершенствованных методов сопровождения малых объектов. Это полностью пассивный объект,



▲ Спутник RAVAN и его полезная нагрузка

отличающийся от трех его предшественников (HK № 7, 2015) лишь размером и материалом внешней поверхности. Заказчиками являются Управление программы орбитального мусора NASA и оптический полигон Starfire BBC США.

RAVAN (Radiometer Assessment using Vertically Aligned Nanotubes) предназначен для отработки технологии решения одной из проблем в области изучения Земли как планеты – проблемы дисбаланса бюджета излучения. Проект осуществляет Лаборатория прикладной физики Университета Джона Хопкинса при участии Лаборатории Дрейпера, компании L-1 Standards and Technology и Центра космических полетов имени Годдарда NASA.

В ходе полета планируется продемонстрировать возможность точных измерений уходящего излучения Земли в широкой области спектра от ультрафиолетового до инфракрасного с помощью микроминиатюрного инструмента – радиометра на вертикальных нанотрубках компании L-1 Standards and Technology. Поскольку углеродные нанотрубки остаются «кочень черными» во всем указанном диапазоне, они являются хорошим инструментом для приема отраженного и собственного излучения Земли. В будущем с помощью таких измерений ученые планируют установить величину абсолютного дисбаланса прихода и расхода энергии Землей, что важно для изучения климата планеты.

RAVAN изготовлен в виде 3U-кубсата с двумя панелями солнечных батарей, закрепленных на двух длинных ребрах. Первоначально его планировалось выполнить на основе базовой конструкции ORS Tech (HK № 1, 2014), однако в апреле 2015 г. контракт на изготовление КА был выдан компании Blue Canyon Technologies, которая использовала собственную платформу XB1. Стартовая масса КА – около 5 кг, расчетный срок активного существования – 6 месяцев.



12 ноября в 07:14 по пекинскому времени со стартового комплекса №94 Центра космических запусков Цзюцюань произведен пуск РН «Чанчжэн-2D» (CZ-2D №Y34) с военным метеорологическим спутником «Юньхай-1» №01 (云海一号01星). Аппарат успешно выведен на солнечно-синхронную орбиту с параметрами:

- наклонение – 98.51°;
- минимальная высота – 766.9 км;
- максимальная высота – 801.5 км;
- период обращения – 100.38 мин.

В каталоге Стратегического командования США спутник получил номер **41857** и международное обозначение **2016-068A**.

Для РН типа CZ-2D это был 30-й пуск и 30-й успех, а для всего семейства «Чанчжэн» состоявшийся старт стал 240-м.

По официальному сообщению, первый КА «Юньхай-1» (YH-1) разработан в Шанхайской исследовательской академии космической техники SAST и используется «главным образом для исследования элементов атмосферной и морской среды, контроля космической обстановки, предотвращения стихийных бедствий и минимизации их последствий, а также научных исследований». Пассаж о стихийных бедствиях можно не рассматривать как явно пропагандистский, остальные же могут иметь отношение к реально решаемым задачам. Что характерно, первая из них зашифрована в самом названии КА: иероглиф «юнь» переводится как «облако», а «хай» – как «море». Ироничные китайскоязычные комментаторы добавляют еще два иероглифа и читают название как фразу «сквозь облака видеть море». Впрочем, типичное представление о «Юньхае» описывается формулировкой «военный метеоспутник с морским уклоном», этаким засекреченный гибридом метеорологического «Фэньюня» и океанографического «Хайяна».

Массу КА можно оценить исходя из того обстоятельства, что он выведен носителем CZ-2D с заявленной грузоподъемностью 1100 км на круговую орбиту высотой 700 км и порядка 1000 км на высоту 800 км. Ракетная ступень была найдена на орбите, близкой к орбите КА, что косвенно указывает на полное использование ее возможностей: попытка снизить орбиту ступени даже в небольшой степени не предпринималась.

Исходя из ограничения по массе, можно предположить, что в основу «Юньхая» положена платформа SAST-1000, дебютировавшая на метеоспутниках первого поколения «Фэньюнь-1» и, вероятно, используемая на разведывательных КА «Цзяньбин-9». В одном из телерепортажей мелькнула длинная – по крайней мере пятисекундная – солнечная батарея, но не очевидно, что эти кадры действительно относятся к YH-1.

О составе полезной нагрузки КА неизвестно почти ничего. «Почти» – потому что 23 ноября, по видимому в результате недосмотра, в Сеть утекло сообщение 23-го института 2-й исследовательской академии Китайской корпорации космической науки и промышленности CASIC о разработанном им для «Юньхая» и являющемся «важным компонентом полезной нагрузки» двухдиапазонном полнополяризованном



Гибрид «Фэньюня» и «Хайяна»

И. Лисов.
«Новости космонавтики»

микроволновом радиометре. В сообщении указывалось, что такой прибор создан в Китае впервые и будет использован «для получения глобальных метеорологических и океанографических данных круглосуточно и в любых погодных условиях с целью обеспечения средне- и долгосрочных прогнозов погоды и улучшения их точности».

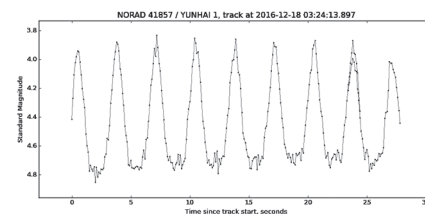
Еще до того, как эта информация появилась на некоторых китайских сайтах и отложилась на chinaspacelight.com, 21 ноября фотометрический комплекс ММТ Казанского федерального университета на площадке САО РАН в Нижнем Архызе выполнил первую проводку по КА «Юньхай-1». Основная задача этого многоканального инструмента – поиск переменных и быстропотекающих астрономических источников, в частности, оптических компонентов гамма-всплесков. В ходе выполнения мониторинговой задачи ММТ «поневоле» фиксирует пролеты в своем поле зрения спутников, ракетных ступеней и объектов космического мусора. В умелых руках специалистов АО НПК «Системы прецизионного приборостроения» фотометрические измерения по иностранным объектам привязываются к конкретным номерам из американского каталога и публикуются на специализированном ресурсе astroguard.ru.

Так вот, при первой проводке было выявлено и в четырех последующих в ноябре и декабре подтверждено периодическое изменение блеска спутника с фотометрическим периодом 3.32 сек. В информационно-аналитическом отчете о наблюдениях на ММТ за ноябрь 2016 г. был сделан вывод о том, что это периодическое изменение блеска может быть обусловлено наличием на КА «Юньхай-1» конструктивного элемента (например, сканирующей антенны), вращающегося со скоростью 18 об/мин.

Странности, связанные с наблюдениями на ММТ, состоят в следующем. Известны два эксплуатируемых типа китайских КА с вращающимися элементами – это метеоспутники «Фэньюнь-3» (FY-3) шанхайского производства и океанографический аппарат «Хайян-2» (HY-2), разработанный в пекинской академии CAST. Первые имеют стартовую массу около 2300 кг, второй – 1575 кг;

логичным образом стандартный блеск «Фэньюня» в различных проводках на ММТ получается в пределах 4.0–5.0^m, а «Хайяна» – 5.5–6.0^m. Однако вопреки логике легкий, не более 1000 кг, YH-1 имеет стандартный блеск на уровне тяжелого FY-3!

Далее, у FY-3 и HY-2 вращающаяся параболическая антенна имеет практически одинаковый диаметр – около 1 м. При этом высота связанных с ней пиков на фотограммах FY-3 обычно составляет лишь 0.2^m, для HY-2 типична высота 0.7^m, а у «Юньфэна» острые пики кривой блеска возвышаются на 1^m над базовым уровнем. Различие существенное и пока не имеющее удовлетворительного объяснения!



По орбитальным элементам на объект 41857 видно, что в период с 14 по 17 ноября спутник произвел в несколько этапов подъем орбиты от начальной, с условной средней высотой 773.9 км, до рабочей, высотой 782.8 км. Местное время прохождения нисходящего узла орбиты – 05:30. Рабочая орбита КА – кратная с большим периодом повторения трассы. Точное повторение получается после 1303 витков за 91 сут полета при межвитковом расстоянии на экваторе 31 км, приблизительно – после 315 витков за 22 сут.

Остается добавить, что информация об отъезде на полигон специалистов из Шанхая для подготовки запуска КА «Юньхай-1» №01 появилась 18 сентября на сайте chinaspacelight.com. Сам КА привезли в середине сентября китайским военно-транспортным самолетом Ил-76ТД №20549. Дата старта стала известна из опубликованных 10 ноября предупреждений о закрытии двух районов падения отделяющихся частей по трассе выведения.



Плюс четыре

водилась повышенная грузоподъемность: в отличие от российской ракеты, способной выводить на круговую средневысотную орбиту за раз лишь два КА Galileo FOC массой около 715 кг каждый, Ariane 5 может нести сразу четыре таких аппарата. Однако многие эксперты усматривают в этом решении протекционистскую политику Евросоюза.

«В этом году мы впервые запустим спутники Galileo на Ariane 5», – сообщил в январе 2016 г. на пресс-конференции в Париже глава ЕКА Йоханн-Дитрих Вёрнер.

В августе компоненты РН прибыли на космодром, а 6 сентября туда же были доставлены все четыре КА. Сразу после этого назвали дату старта – 17 ноября.

К сборке носителя приступили в последнем числе сентября и закончили ее к 10 октября. 26–28 октября в корпусе S3B протестированные и заправленные спутники были установлены на диспенсер; ракету тем временем перевезли из МИКа носителя VIL в корпус окончательной сборки BAF. 4 ноября на носитель установили готовый головной блок – диспенсер с КА, укрытый обтекателем. 15 ноября РН вывезли на стартовый комплекс, началась непосредственная подготовка к пуску.

Старт состоялся в расчетное время, определяемое положением плоскости С группировки Galileo. Выведение происходило в соответствии с циклограммой.

меной верхней криогенной ступени ESC-A на ступень EPS-D многократного включения, работающую на долгохраняемых компонентах топлива. Повторное включение EPS обеспечивает возможность максимально полного использования энергетических возможностей носителя в ряде случаев, например при кластерных запусках, а в данном случае обеспечивает выдачу второго импульса в апогее переходной орбиты. Повторное включение двигателя бывает также необходимо для очистки рабочей орбиты после отделения полезной нагрузки.

Для размещения четырех КА суммарной массой примерно 2860 кг в составе космической головной части применен новый диспенсер массой 447 кг, разработанный компанией Airbus Defence and Space (ADS). Он имеет комбинированную конструкцию, выполненную из металла и композитных материалов для обеспечения максимальной жесткости. Диспенсер и устройства отделения спутников подверглись всестороннему тестированию в отделении ADS вблизи Бордо, Франция, и в испытательном центре IABG (Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH) в Оттобрунне, Германия, с использованием как инженерных макетов, так и реальных спутников Galileo. Работы включали присоединение спутников к диспенсеру, виброиспытания и тесты на отделение.

В данной миссии целевая орбита была слишком высока для последующего безопасного сведения с нее пустой ступени EPS-D. Исходя из этого высоту целевой орбиты выбрали примерно на 300 км ниже рабочей орбиты КА, проходящей на 23 222 км. Такое решение позволило использовать ее и как орбиту захоронения EPS, и в то же время обеспечить последовательный подъем КА на рабочую орбиту с помощью собственных бортовых двигательных установок с попутным разведением по точкам.

Большая масса полезного груза заставила принять меры по облегчению носителя. Ресурсом для этого стала масса модуля системы управления VEB в составе EPS-D, рассчитанной на значительно более тяжелый грузовой корабль ATV. В его конструкции оптимизировали структуру опорного цилиндра и установили более легкий конический адаптер, сняли три бака системы ориентации SCA и их теплоизоляцию, уменьшили размеры радиаторов. Сама же EPS-D была заправлена 10 тоннами топлива, «под завязку», хотя для ATV требовалась половинная заправка.

Старт 17 ноября стал 234-м в истории ракет семейства Ariane, 89-м для РН Ariane 5 и шестым в текущем году. Следующие запуски Galileo – и снова квартетом – состоятся в 3-м квартале 2017 и 2018 гг.

Спутники и система

Аппараты полной операционной готовности системы Galileo FOC (Full Operation Capability) построены германской фирмой OHB System в Бремене, а навигационные полезные нагрузки поставила британская

И. Афанасьев.
«Новости космонавтики»

17 ноября в 10:06:48 по местному времени (13:06:48 UTC) со стартового комплекса ELA3 Гвианского космического центра пусковые расчеты компании Arianspace осуществили успешный пуск РН Ariane 5ES (миссия VA233, бортовой номер L594) с четырьмя европейскими навигационными КА Galileo FOC (FM07, 12, 13, 14).

Выведение прошло успешно. Первая пара спутников отделилась от последней ступени носителя через 3 часа 35 мин 44 сек после старта, вторая пара – на 20 мин позже. Параметры достигнутых орбит, международные обозначения и номера запущенных объектов в каталоге Стратегического командования США приведены в таблице.

Наименование	Номер	Межд. обозн.	Параметры орбиты			
			i	Нр, км	На, км	P, мин
Galileo-FOC FM07	41859	2016-069A	54.58°	22901	22924	831.5
Galileo-FOC FM12	41860	2016-069B	54.58°	22881	22901	830.6
Galileo-FOC FM13	41861	2016-069C	54.58°	22881	22901	830.6
Galileo-FOC FM14	41862	2016-069D	54.58°	22898	22921	831.4
Ступень РН	41863	2016-069E	54.52°	22893	22905	830.9

Подготовка и пуск

В данном пуске впервые в истории проекта Galileo использовалась РН Ariane 5. Решение о переходе с «Союзов» на европейский тяжелый носитель было принято в самом начале развертывания этой навигационной системы. В качестве одного из доводов при-

Расчетная циклограмма пуска РН Ariane 5ES со спутниками Galileo

Событие	Время, час:мин:сек	Высота, км
Включение двигателя Vulcain 2	00:00:00	0
Включение ускорителей и старт	00:00:07	0
Отделение ускорителей	00:02:19	64
Сброс головного обтекателя	00:03:44	116
Отделение ступени EPS-C	00:09:01	160
Первое включение ступени EPS-D	00:09:08	164
Первое выключение ступени EPS, баллистическая пауза	00:19:57	1130
Второе включение ступени EPS	03:27:49	22914
Второе выключение ступени EPS	03:34:07	22925
Отделение КА №1 и №3	03:35:44	22925
Отделение КА №2 и №4	03:55:44	22927
Начало пассивации ступени EPS	04:08:28	22929

По традиции каждому КА Galileo присваивается символическое имя: Galileo FOC FM07 был назван Antoniana, FOC FM12 – Lisa, FOC FM13 – Kimberley и FOC FM14 – Tijmen. Эти имена принадлежат победителям европейского конкурса детского рисунка – Antoniana Semeraro (Италия), Lisa Viktoria Kraaijvanger (Венгрия), Kimberley Camilleri (Мальта) и Tijmen van Kraaij (Нидерланды).

Ракета

Выведение осуществлялось с помощью РН Ariane 5ES, ранее применявшейся для запусков автоматических транспортных кораблей ATV к Международной космической станции. Ракета в данной конфигурации имеет стартовую массу около 770 т при высоте 50.5 т и может доставлять на низкую околоземную орбиту до 21 т полезного груза. Она обладает всеми улучшениями, присущими варианту Ariane 5 ESA, отличающаяся

компания Surrey Satellite Technology Ltd. В составе аппарата имеется бортовой стандарт частоты («атомные часы») на пассивном водородном лазере и пара рубидиевых часов, блок мониторинга и управления, блок генератора навигационных сигналов, антенна L-диапазона для передачи навигационного сигнала, антенна С-диапазона для приема навигационной информации, две антенны S-диапазона для командно-телеметрической системы, а также антенна и ретранслятор системы поиска и спасения КОСПАС/SARSAT.

Galileo FOC имеет размеры корпуса 2,7х1,2х1,1 м при размахе панелей солнечных батарей (СБ) 14,67 м. Размеры спутников в транспортном положении составляют 2,91х1,70х1,40 м, стартовая масса – от 715 кг до 717 кг. Расчетный срок активного существования (САС) КА на орбите – более 12 лет, срок хранения на Земле более 5 лет.

Аппарат состоит из семи модулей, среди которых – «подключаемая» (plug-in) двигательная установка с упрощенными интерфейсами, оснащенная восемью микро-ЖРД на гидразине тягой по 1 Н. Аппараты имеют программный комплекс защиты от несанкционированного доступа к спутниковой платформе и навигационной полезной нагрузке. Система электропитания с СБ (две панели арсенид-галлиевых фотопреобразователей с тройным переходом) и литий-ионным буферным аккумулятором обеспечивает мощность 3,8 кВт в начале и 1,9 кВт в конце САС. Служебные системы и полезная нагрузка потребляют электроэнергию через регулируемую шину напряжением 50 В.

ОНВ System и SSTL до сих пор были основными поставщиками европейских спутников. К концу текущего контракта они изготовили 22 из 26 платформ, заказанных ЕС и ЕКА. Но вскоре будет объявлен тендер еще на один контракт на строительство восьми или более КА.

Программа Galileo является европейской инициативой в области спутниковой навигации, которая обеспечивает высокую точность системы глобального позиционирования под гражданским контролем с участием европейских центров управления и с применением сети датчиков и передающих станций, разбросанных по всему миру. Galileo – совместный проект Европейского союза и Европейского космического агентства, являющийся частью транспортного проекта Trans-European Networks. К 2013 г. Евросоюз потратил на программу Galileo 3,4 млрд €, а на период с 2014 до 2020 г. выделено еще 7 млрд €*. При этом сами спут-

ники довольно дешевы – около 40 млн € за штуку. Основные расходы идут на наземную инфраструктуру.

В отличие от американской GPS и российской ГЛОНАСС, система Galileo не контролируется национальными военными ведомствами, однако в 2008 г. Европарламент принял резолюцию «Значение космоса для безопасности Европы», согласно которой допускается использование спутниковых сигналов для военных операций, проводимых в рамках европейской политики безопасности. ЕКА выступает в роли технического советника и агента по закупкам для программы Galileo. Владеет системой Европейская комиссия, она же обеспечивает финансирование.

Ввод системы в эксплуатацию изначально планировался на 2008 год, однако организационный период сильно затянулся, поскольку надежды на финансирование программы за счет частных инвестиций оказались призрачными и потребовалось бюджетное финансирование.

15 декабря 2016 г. Еврокомиссия официально объявила о вводе системы Galileo в работу с группировкой неполного состава. Из четырех спутников этапа IOV и 14 аппаратов этапа FOC, запущенных в 2011–2016 гг., два были выведены на нерасчетные орбиты, один вышел из строя, четыре находятся на этапе ввода в систему и 11 используются по целевому назначению. Из трех орбитальных плоскостей в плоскостях А и В работает по четыре спутника, а в плоскости С с тремя имеющимся вскоре присоединятся четыре вновь запущенных в позициях С06, С08, С03 и С01.

Полное созвездие Galileo должно состоять из 24 действующих спутников* в трех орбитальных плоскостях и двух запасных на орбите. С учетом прогнозируемого темпа выхода КА из строя к 2020 г. в космос необходимо запустить 30 спутников Galileo и далее практически постоянно изготавливать новые аппараты для замены отказавших.

«Теперь, когда мы можем рассчитывать на мощную [ракету-носитель] Ariane 5, мы можем прогнозировать ускоренное формирование системы, что позволит ей быстрее достичь полной мощности», – заявил руководитель программы Galileo Пауль Верхуф (Paul Verhoef).

Разработчики системы заявляют, что последняя будет более точной, чем GPS, и обеспечит европейцам независимость от американской GPS, российской ГЛОНАСС и перспективной китайской «Бэйдоу».

Перспективные технологии, которые используют Galileo, предоставят более быстрый и надежный сервис, что позволит пользователям определять свое местоположение с точностью до одного метра, в то время как погрешность GPS достигает нескольких метров. Еврокомиссия надеется, что Galileo принесет значительную материальную выгоду для экономики стран Евросоюза, так как бизнес сможет найти применение более точной геолокации, а также воспользоваться гарантиями гражданской навигационной спутниковой системы.

«С технической точки зрения мы готовы, и система работает замечательно... – сказал Пауль Верхуф в интервью ВВС. – Есть еще несколько незначительных

Германо-британский консорциум ОНВ System и SSTL хотел бы продолжить работу по созданию спутников для европейской навигационной системы, но британцы обеспокоены тем, какими будут их отношения с Евросоюзом после референдума по «брекзиту». Продукция SSTL затрагивает вопросы безопасности, и ей не будет позволено продолжать участие в европейской космической программе, если Британия полностью выйдет из состава Евросоюза, а Лондон откажется продолжать финансирование программы. Столь же неопределенное будущее ждет и другие британские компании, сотрудничающие с программой Galileo.

Пауль Верхуф настаивает, что никаких изменений не произойдет до тех пор, пока не будут закончены переговоры по «брекзиту». Политические соображения не могут влиять на выбор победителей конкурса. «Это было бы незаконно: на нас могут подать в суд и немедленно выиграть», – полагает г-н Верхуф.



технических вопросов, которые необходимо разрешить, а также некоторые формальности. Среди прочего мы должны обеспечить достаточный уровень безопасности, для того чтобы обеспечить полную защищенность системы, когда она начнет работать».

Новейшие смартфоны и другие системы уже сейчас могут использовать сигналы Galileo для установления своего географического положения или точного времени, однако из-за неполной группировки это возможно далеко не всегда. Пока для надежного местоопределения нужно использовать навигационные сигналы Galileo и американской GPS. По мере запуска новых европейских спутников необходимость в этом отпадет.

Первоначальный пакет, открытый для использования по всему миру, будет доступен только на смартфонах и навигационных платформах с чипами, совместимыми с Galileo. По словам официального представителя Европейской комиссии Мирны Талко, несколько гигантов в области предоставления услуг сотовой связи уже ведут работы над созданием подобных чипов. В то же время некоторым устройствам потребуются только обновить программное обеспечение, чтобы приступить к использованию.





А. Кучейко специально
для «Новостей космонавтики»

GOES-R

открывает новую серию



19 ноября 2016 г. в 18:42 EST (23:42 UTC) с пусковой площадки SLC-41 станции ВВС США «Мыс Канаверал» стартовые команды компании United Launch Alliance при поддержке боевых расчетов 45-го космического крыла ВВС США осуществили пуск ракеты-носителя Atlas V (вариант 541, номер AV-069) с американским геостационарным метеорологическим спутником GOES-R. Спутник со стартовой массой 5200 кг стал самым тяжелым метеорологическим спутником, когда-либо выведенным на геостационарную орбиту.

Запуск GOES-R планировался на март 2016 г., однако в октябре 2015 г. было объявлено о его отсрочке до конца года, а ракета и место в графике пусков отошли грузовому кораблю Cygnus. Старт метеоспутника был назначен на октябрь 2016 г., в августе перенесен на 4 ноября, а в октябре после удара урагана Мэттью – на 16 ноября. Для устранения проблем, обнаруженных ранее на носителе KA WorldView-4 (см. с.38-42), он был перенесен на 19 ноября в 17:42 EST и состоялся с часовой задержкой для устранения неполадки на ступени Centaur и неготовности полигона.

Запуск AV-069 стал седьмым стартом Atlas V из восьми запланированных в 2016 г. Выведение осуществлялось по схеме с тремя включениями ЖРД ступени Centaur. Спутник отделился через 3 час 31 мин 51 сек на оптимизированной геопереходной орбите с параметрами:

- наклонение – 10.57°;
- высота в перигее – 8139 км;
- высота в апогее – 35286 км;
- период обращения – 780.4 мин.

В каталоге Стратегического командования США спутнику GOES-R был присвоен номер **41866** и международное обозначение **2016-071A**.

Наземные станции установили связь с КА и подтвердили раскрытие панелей солнечных батарей. На протяжении 22–29 ноября спутник выполнил серию включений бортовой ДУ Leross-1С для поэтапного увеличения высоты перигея и уменьшения наклонения. 29 ноября КА был выведен на околостационную орбиту и 10 декабря стабилизирован в точке 89.3° з.д., где в течение года пройдут орбитальные испытания. Большая продолжительность испытаний связана с необходимостью калибровки и валидации измерений новой аппаратуры метеонаблюдений.

После запуска спутник получил обозначение GOES-16.

Поколения геостационарных метеоспутников США

Космическая система метеорологических наблюдений с геостационарной орбиты GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites) является результатом совместных усилий космического агентства NASA и Национального управления по океанам и атмосфере NOAA. Первое изображение Земли с ГСО было получено с помощью камеры, установленной на экспериментальном технологическом спутнике NASA ATS-1 (запущен 07.12.1966), а первое цветное изображение – с помощью КА ATS-3 в 1967 г.

На основе технологического задела ATS в 1974 и 1975 гг. NASA запустило на ГСО

** Стоит отметить, что советский КА «Молния-1» 18.05.1966 передал на Землю первые в мире изображения Земли, полученные с помощью телекамеры с апогейного участка высокоэллиптической орбиты. В отличие от ГСО, орбита типа «Молния» позволяет получать изображения территорий России и Арктической зоны, невидимых с экватора. К сожалению, этот успех не привел к появлению метеосистемы на ВЭО. Вялые попытки создания таких систем сегодня предпринимают Россия (система «Арктика») и Канада (PCW).*

два метеорологических спутника-прототипа – SMS-1 и -2 (Synchronous Meteorological Satellite)*. В 1975, 1977 и 1978 гг. были запущены три первых серийных метеоспутника GOES-A, -B, -C, созданных компанией Philco-Ford на основе технологических прототипов.

Аппаратура КА стартовой массой 627 кг, стабилизированного вращением, была представлена радиометром видимого и ИК диапазонов VISSR, комплектом гелиогеофизической аппаратуры SEM и ретранслятором данных с автоматических метеоплатформ DCIS. Спутник GOES-3 (GOES-C) стал рекордсменом среди всех действующих КА на ГСО: в 1978–1988 гг. он использовался как метеоспутник, а с 1988 г. после выхода из строя радиометра – как связной ретранслятор. Аппарат был выведен из эксплуатации 29 июня 2016 г., проработав 38 лет (!).

В результате система спутниковых метеонаблюдений NOAA, кроме полярной системы POES, получила геостационарный сегмент GOES, состоящий из двух оперативных спутников, размещенных на ГСО над Атлантическим и Тихим океанами в точках 75° з.д. (GOES-East) и 135° з.д. (GOES-West).

В 1980–1987 гг. были запущены пять КА с обозначениями от GOES-D до GOES-H, разработанные компанией Hughes, из которых один был потерян при запуске, а четыре вступили в строй под номерами от 4 до 7. На спутниках стартовой массой 836 кг, также стабилизированных вращением, был установлен усовершенствованный радиометр-зондировщик VAS (VISSR Atmospheric Sounder), позволяющий получать изображения и вертикальные температурно-влажностные профили атмосферы, однако радиометр и зондировщик не могли работать одновременно. На борту КА GOES-7 впервые был установлен ретранслятор системы SARSAT, который позволял без длительной задержки ретранслировать сигналы бедствия, передаваемые на частоте 406 МГц.

В 1994–2001 гг. стартовали пять КА новой серии GOES-I...-M (GOES-8...-12) с трехосной системой ориентации (стартовая масса – 2105 кг), разработанные компанией Space Systems/Loral на «фордской» платформе FS1300. На спутниках были установлены два основных прибора: радиометр Imager и атмосферный зондировщик Sounder с отдельными телескопами, что позволяло проводить одновременную съемку Земли. Улучшилось пространственное разрешение и увеличилась точность геопривязки измерений, что позволяло повысить точность метеопрогнозов. В случае необходимости приборы могли быть переключены из режима сканирования диска Земли в режим частого сканирования небольшой зоны, где развиваются тайфуны или другие опасные метеоявления.

Гарантированный срок эксплуатации КА был увеличен с трех до пяти лет, но запас топлива был рассчитан на 10 лет. GOES-12 закончил работу последним из пятёрки в августе 2013 г.

В 2006–2010 гг. были запущены три спутника нового поколения – GOES-N, -O и -P (13, 14 и 15), разработанные компанией Boeing на базе платформы Boeing-601 с трехосной ориентацией (стартовая масса – 3210 кг). Как и ранее, на спутниках были установлены усовершенствованные радиометр Imager и атмосферный зондировщик Sounder, которые могли работать одновременно и независимо друг от друга по гибкой программе сканирования Земли с увеличенной точностью геопривязки и частотой сканирования. На спутнике GOES-12 впервые стоял прибор для измерения рентгеновского излучения Солнца – Solar X-Ray Imager (SXI). Расчетный срок эксплуатации составляет 7 лет с возможностью продления до 14–15 лет.

Эти три спутника в настоящее время составляют основу орбитальной группировки системы GOES, куда входят оперативные КА GOES-13 в точке стояния 75° з.д. над Атлантическим океаном и GOES-15 в точке 135° з.д. над Тихим океаном, а также резервный спутник GOES-14 (см. таблицу).

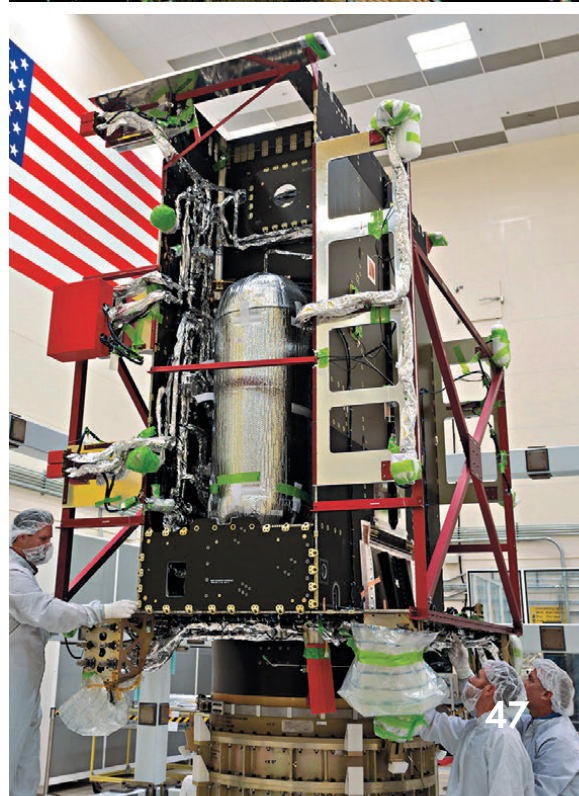
Действующие и перспективные КА метеорологического наблюдения GOES				
Наименование КА	Дата запуска	РН	Состав аппаратуры	Состояние
GOES-13 (N)	24.05.2006	Delta IVM	Imager, Sounder, GEOS&R, MAG, DCIS, SEM, SXI	Оперативный, 75° з.д.; гарантийный срок завершился в 2016 г., эксплуатация продлена до 2021 г.
GOES-14 (O)	27.06.2009	Delta IVM	ABi, GLM, SEIS, EXIS, SUVI, SEM/MAG, GEOS&R, DCIS	Орбитальный резерв, 104° з.д.; гарантийный срок до 2019 г., возможна эксплуатация до 2024 г.
GOES-15 (P)	04.03.2010	Delta IVM	ABi, GLM, SEIS, EXIS, SUVI, SEM/MAG, GEOS&R, DCIS	Оперативный, 135° з.д.; гарантийный срок до 2020 г. Возможна эксплуатация до 2025 г.
GOES-16 (R)	19.11.2016	Atlas V 541	ABi, GLM, SEIS, EXIS, SUVI, SEM/MAG, GEOS&R, DCIS	Орбитальные испытания, 89° з.д., оперативная эксплуатация с конца 2017 г. в позиции 137° з.д.
GOES-S	Март 2018	Atlas V 541	ABi, GLM, SEIS, EXIS, SUVI, SEM/MAG, GEOS&R, DCIS	Период эксплуатации 2018–2028 гг.
GOES-T	2019	Atlas V	ABi, GLM, SEIS, EXIS, SUVI, SEM/MAG, GEOS&R, DCIS	Период эксплуатации 2019–2033 гг.
GOES-U	2024	Atlas V	ABi, GLM, SEIS, EXIS, SUVI, SEM/MAG, GEOS&R, DCIS	Период эксплуатации 2024–2036 гг.

Метеоспутник нового поколения

Общая бюджетная стоимость программы жизненного цикла GOES-R на период 2005–2036 гг., включая изготовление, запуск и эксплуатацию четырех КА GOES-R, S, T, U и модернизацию наземного комплекса, составляет 10.83 млрд \$, из которых ~6.1 млрд \$ было израсходовано до конца 2015 финансового года.

Контракт на разработку двух первых GOES-R был заключен с корпорацией Lockheed Martin Space Systems в декабре 2008 г. В качестве базовой выбрана космическая платформа A2100, которая с 1996 г. используется в конструкции примерно 45 КА связи, раннего обнаружения пусков ракет (SBIRS) и навигации (GPS Block IIIA) массой до 6.7 т. Монтаж приборов полезной нагрузки на первом спутнике начался в январе 2015 г., а комплексные испытания завершились в начале 2016 г. Таким образом, разработка и изготовление первого КА длились около 8 лет.

Спутник с трехосной системой ориентации сухой массой 2857 кг и размерами 6.1×5.6×3.9 м рассчитан на эксплуатацию в течение 14–15 лет. Электропитание обеспечивает одна пятисекционная панель солнеч-



* Начиная с GOES-R точку стояния КА GOES-West предполагается сдвинуть на 2°, в 137° в.д., для исключения взаимных радиочастотных помех в X-диапазоне, вероятно, с КА стратегической военной связи WGS (135° з.д.).

ных батарей мощностью 4 кВт и аккумуляторные батареи VL-48E компании Saft емкостью 48 А·ч.

В состав системы ориентации входят солнечные датчики Hydra компании Sodern, дублированный инерциальный измерительный блок с гироскопами (Scalable Space Inertial Reference Units – SSIRU) компании Northrop Grumman, аппаратура спутниковой навигации Viceroy-4 компании General Dynamics и шесть маховиков HR-18 компании Honeywell. В системе управления используется компьютер RAD-750 компании BAE Systems, который управляет работой приборов через шину Spacewire PID-238 с тремя роутерами, обеспечивающими обмен данными со скоростями от 50 кбит/с до 60 Мбит/с.

Бортовая двигательная установка объединяет основную двухкомпонентную жидкостную систему Leros-1C тягой 458 Н, двухкомпонентные ЖРД DST-11H тягой 22 Н для разгрузки маховиков системы управления и коррекции орбиты, ДУ из 16 микродвигателей MR-401 тягой по 0.08 Н для удержания КА в точке стояния и электродугговую ДУ MR-510 с четырьмя электродвигателями на гидразине тягой по 0.2 Н для компенсации изменений наклона орбиты. Основная ДУ Leros-1C работает на гидразине и смеси оксидов азота и предназначена для доведения КА с переходной орбиты на ГСО.

В состав ПН входят шесть приборов: ◆ мультиспектральный сканирующий радиометр нового поколения ABI разработки компании ITT Exelis с системой криогенного охлаждения для оперативной и детальной съемки видимого диска поверхности Земли;

◆ солнечный телескоп коротковолновой части ультрафиолетового (УФ) диапазона SUVI, разработанный компанией Lockheed Martin;

◆ детектор солнечного излучения в УФ- и рентгеновском диапазонах EXIS Лаборатории атмосферной и космической физики LASP (Laboratory for Atmospheric and Space Physics) университета Колорадо;

◆ прибор для картирования молний с ГСО GLM, разработанный в Центре космических полетов имени Маршалла NASA;

◆ детектор заряженных частиц на ГСО SEISS, созданный компанией Assurance Technology Corporation (ATC);

◆ магнитометр MAG для измерения параметров магнитосферы, разработанный компанией Lockheed Martin.

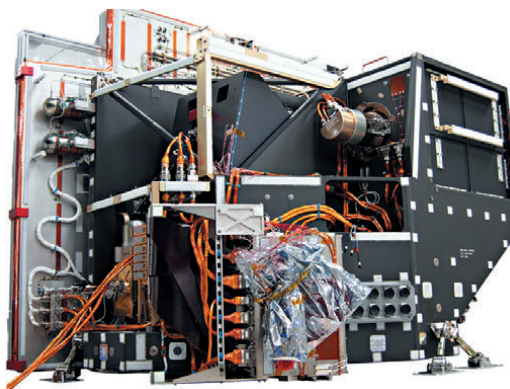
Все приборы подразделяются на три категории:

❖ два прибора для съемки Земли – ABI и GLM – размещены на стабилизированной платформе, ориентированной на Землю с высокой точностью;

❖ два прибора для исследования активности Солнца – SUVI и EXIS – установлены на поворотной панели СБ;

❖ два прибора для измерения параметров космической погоды в точке стояния на ГСО – SEISS и MAG.

Основной инструмент КА, сканирующий 16-канальный радиометр ABI (Advanced



Характеристики спектральных каналов радиометра ABI видимого и ИК диапазонов				
Каналы	Спектральный диапазон, мкм	Диапазон	Разрешение, км	Назначение канала
1	0.45–0.49	Видимый	1	Обнаружение аэрозолей, картирование мелководных зон
2	0.59–0.69	Видимый	0.5	Облачный покров в дневной период, снежный и ледяной покров, туман, инсоляция, ветер
3	0.846–0.885	КВ ИК	1	Растительность и гари в дневное время, аэрозоли над морем, ветер
4	1.371–1.386	КВ ИК	2	Перистые облака в дневной период
5	1.58–1.64	КВ ИК	1	Параметры верхней кромки облаков днем, снежный покров
6	2.225–2.275	КВ ИК	2	Параметры суши и облачности днем, растительность и снежный покров
7	3.80–4.00	СВ ИК	2	Суша и облачность, туман ночью, пожары, Ветер
8	5.77–6.60	СВ ИК	2	Концентрация водяного пара в верхних слоях атмосферы, ветер, осадки
9	6.75–7.15	СВ ИК	2	Концентрация водяного пара в средних слоях атмосферы, ветер, осадки
10	7.24–7.44	СВ ИК	2	Концентрация водяного пара в нижних слоях атмосферы, ветер, осадки и оксид серы SO ₂
11	8.30–8.70	ДВ ИК	2	Влагозапас, фазовое состояние облачности, пыль, окись серы SO ₂ , осадки
12	9.42–9.80	ДВ ИК	2	Общее содержание озона, турбулентность атмосферы, ветер
13	10.10–10.60	ДВ ИК	2	Микрофизические свойства облаков
14	10.80–11.60	ДВ ИК	2	Оценка влагозапаса, скорости ветра, анализ тайфунов, высота верхней кромки облаков, осадки
15	11.80–12.80	ДВ ИК	2	Облачность в дневное и ночное время, влажность, пепел вулканов, температура поверхности моря SST
16	13.00–13.60	ДВ ИК	2	Высота верхней кромки облачности, температура воздуха, прозрачность облаков, параметры тропопauзы

Baseline Imager) массой 335 кг, в отличие от аналогичных приборов-предшественников, обеспечивает съемку видимого диска Земли с рекордно малым периодом 5 минут и с лучшим пространственным разрешением 0.5 км в видимом участке спектра и 1–2 км в ИК-диапазоне. Соответствующие параметры приборов спутников предыдущего поколения GOES-N составляют 26 минут, 1 км и 4 км.

Новый прибор объединил два инструмента КА-предшественников: сканирующий пятиканальный радиометр видимого и ИК-диапазона Imager для получения детальных изображений диска Земли и 19-канальный атмосферный зондировщик средневолновой (СВ) и длинноволновой (ДВ) части ИК-диапазона Sounder – для получения температурно-влажностных профилей атмосферы. Тем не менее радиометр ABI не стал первым прибором в своем классе на орбите. Прибор-аналог под наименованием Advanced Himawari Imager (AHI), изготовленный все той же американской компанией ITT Exelis (ныне – Harris), с 2014 г. успешно работает на японском метеоспутнике Himawari-8 и установлен на новом КА Himawari-9 (см. с. 19).

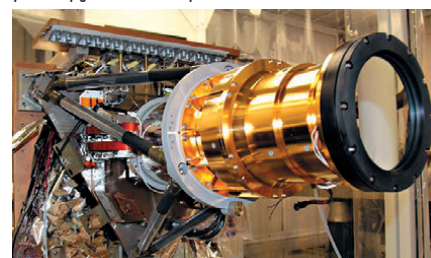
Сканирование диска Земли осуществляется строчно-кадровым методом в соответствии с различными режимами, которые за-

даются по командам с Земли. Например, в режиме 3 прибор ABI обеспечивает в течение 15 минут однократную съемку всего диска Земли, получение трех снимков континентальной территории США (площадью 5000×3000 км²) и 30 снимков мезомасштабных метеоявлений (областей зарождения циклонов и тайфунов размером 1000×1000 км²), а в режиме 4 – получение снимка всего диска Земли каждые 5 минут и 30 снимков мезомасштабных метеоявлений каждые 15 минут (одно изображение каждые 30 сек). Потребляемая мощность – 450 Вт.

Для обеспечения высокой чувствительности радиометра фокальные плоскости длинно- и средневолновых ИК-диапазонов охлаждаются с помощью активной двухступенчатой криогенной системы до 53 К и 183 К соответственно. Система активного охлаждения разработана компанией Northrop Grumman и впервые применялась на японском метеоспутнике MTSat-1R.

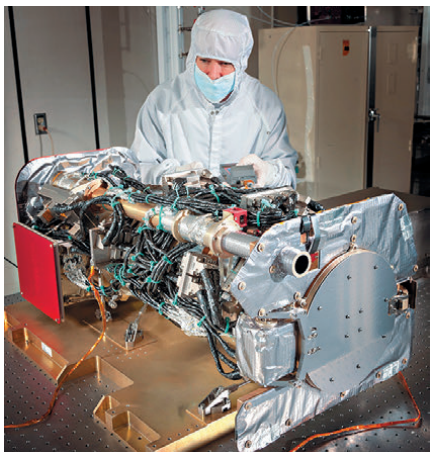
Прибор GLM (Geostationary Lightning Mapper) предназначен для круглосуточного наблюдения молний и грозовой активности, а также оценки фазового состояния влаги в облаках в целях улучшения прогнозирования мезомасштабных явлений. Прибор установлен на метеоспутнике впервые и обеспечивает регистрацию событий (молний) и передачу данных в реальном масштабе времени в центр обработки данных.

В состав прибора входит оптический телескоп с фокусным расстоянием 13.4 см и апертурой 12 см; в фокальной плоскости телескопа установлена ПЗС-матрица размером 1372×1300 пикселей, размер пикселя – 30 мкм. Спектральные фильтры обеспечивают прием излучений молний на длине волны 777.4 нм (ширина спектра 1 нм) и устранение солнечного излучения. Прибор обеспечивает съемку диска Земли с частотой 500 кадров в секунду и с пространственным разрешением 8–14 км, что соответствует размеру типовой грозовой ячейки.



Специализированный процессор оперативной обработки данных Real Time Event Processor позволяет определять координаты вспышки молнии с точностью геопривязки события до 14 км. Требования оперативной обработки и доведения данных о грозовой активности до центра обработки связаны с необходимостью повышения безопасности авиоперевозок. Масса прибора – 125 кг, потребляемая мощность – 290 Вт.

Солнечный телескоп SUVI (Solar Ultra Violet Imager) предназначен для измерения излучения Солнца в шести каналах экстремальной вакуумной части УФ-диапазона в целях мониторинга солнечной активности и

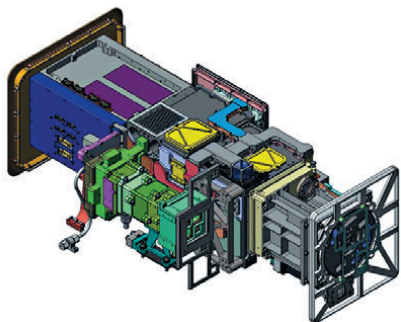


его влияния на космическую погоду у Земли. В состав прибора входит оптический телескоп по схеме Кассегрена с фокусным расстоянием 173 см с двумя зеркалами диаметром 20 и 9.2 см, изготовленными из стеклокерамики Zerodur. Каждое зеркало состоит из шести сегментов, на которые нанесены многослойные покрытия, обеспечивающие отражение УФ излучения на шести длинах волн – 9.4, 13.12, 17.11, 19.5, 28.42 и 30.4 нм, которые соответствуют разным температурным зонам солнечной атмосферы. В фокальной плоскости телескопа установлен матричный ПЗС-приемник размером 1280×1280 пикселей (размер пикселя 21 мкм), угол поля зрения телескопа составляет 53.3', что позволяет получать изображение диска Солнца; частота съемки – 10 сек, время экспозиции от 10 мс до 1 сек.

Комплект аппаратуры EXIS (Extreme Ultraviolet and X-ray Irradiance Sensor) является дальнейшим развитием аппаратуры SXI спутников типа GOES-N и состоит из двух приборов для наблюдения диска Солнца: датчика экстремального УФ-диапазона EUVS (Extreme UV Sensor) и рентгеновского датчика XRS (X-Ray Sensor), блока электронной аппаратуры и датчиков ориентации на Солнце. Масса комплекта – 30 кг, потребляемая мощность – 40 Вт.

Прибор EUVS с углом поля зрения 1.5° представляет собой три дифракционных спектрографа – А, В и С с рассеянием лучей в скользящей геометрии, измеряющих интенсивность излучения спектральных линий в различных зонах атмосферы Солнца. Спектрограф EUVS-A работает в интервале длин волн УФ-диапазона 25.6–30.4 нм со спектральным разрешением 0.7 нм, EUVS-B – в диапазоне 117–141 нм с разрешением 1.3 нм, спектрограф EUVS-C – в диапазоне 277–283 нм с разрешением 0.8 нм.

Рентгеновский прибор XRS предназначен для измерения интенсивности мягкого рентгеновского излучения в двух диапазонах длин волн 0.05–0.4 и 0.1–0.8 нм для мо-



нитинга солнечных вспышек и прогнозирования протонных потоков, которые могут приводить к сбоям в каналах спутниковой связи и к нарушениям в работе наземных электронных устройств.

Комплект аппаратуры SEISS (Space Environmental In-Situ Suite) предназначен для измерения параметров космической погоды в точке стояния на ГСО в реальном масштабе времени, в том числе параметров захваченных геомагнитным полем электронов и протонов, высокоэнергетических потоков электронов, протонов и тяжелых ионов солнечного происхождения и частиц галактического происхождения.

В состав комплекта SEISS массой 74 кг и энергопотреблением 53 Вт входят общий блок обработки данных и несколько приборов:

- ♦ датчик тяжелых ионов EHIS (Energetic Heavy Ion Sensor), предназначенный для измерения потоков протонов, электронов и альфа-частиц энергией 10–200 МэВ, захваченных ионосферой Земли, а также солнечного и галактического излучения;

- ♦ датчик частиц в магнитосфере Земли MPS (Magnetospheric Particle Sensor), являющийся трехосевым магнитометром с двумя детекторами для измерения параметров заряженных частиц низких энергий MPS-Low (30 эВ – 30 кэВ), а также средних и высоких энергий MPS-Hi (50 кэВ – 4 МэВ);

- ♦ детектор протонов солнечного и галактического происхождения Solar and Galactic Proton Sensor (SGPS), предназначенный для предупреждения о солнечных бурях путем измерения энергии протонов в диапазоне от 1 до 500 МэВ; состоит из двух датчиков, ориентированных в противоположные стороны.

Магнитометр MAG массой 25 кг предназначен для измерения параметров магнитного поля на ГСО, которое определяет динамику движения потоков заряженных частиц и позволяет прогнозировать космическую погоду. Аппаратура магнитометра размещена на восьмиметровой штанге для снижения влияния поля КА и дает возможность измерять параметры магнитного поля в трех ортогональных направлениях в диапазоне от ±0.1 до ±512 нТ с разрешением до ±0.1 нТ при максимальной динамике.

Магнитометр является одним из старейших приборов, который устанавливался еще на спутниках GOES первых серий в 1970-х годах; продукты его измерений являются самыми востребованными в научном сообществе и используются управлением NOAA для расчета параметров космической погоды и прогнозирования магнитных бурь.

Кроме шести указанных приборов, на спутнике установлены ретрансляторы данных для предоставления различных информационных сервисов реального времени:

- ♦ сервис для ретрансляции (GOES-R Re-Broadcasting Service – GBR) для передачи продуктов уровня L-1b, полученных в результате обработки сырых метеоданных, на частотах 7516.6 МГц (центр обработки – КА) и 1686.6 МГц (КА – потребители) со скоростью 31 Мбит/с;

- ♦ ретранслятор системы поиска и спасания судов, терпящих бедствие, GEOS&R (Search & Rescue) на частотах 406.05 МГц (аварийный радиомаяк – КА) и 1544.5 МГц (КА – локальная приемная станция);

- ♦ система сбора и ретрансляции данных автоматических метеостанций DCS (Data Collection System) на частотах 401.7–402.4 МГц (метеостанции – КА), 1679.9 МГц и 1680.2 МГц (КА – приемный центр) и 468.775 и 468.825 МГц (запросные команды);

- ♦ сеть экстренного обмена предупреждениями об опасных явлениях погоды EMWIN (Emergency Managers Weather Information Network) и передачи метеопродуктов низкого разрешения по высокоскоростной радиолинии HRIT на частотах 2027.1 МГц (центр обработки – КА) и 1694.1 МГц (КА – потребители) со скоростью 400 кбит/с.

Для передачи данных приборов и телеметрии и приема команд управления на борту спутника установлен радиокomплекс, который работает в диапазонах частот L, S и X и обеспечивает решение следующих задач:

- ♦ передача данных полезной нагрузки в необработанном виде на частоте 8220.0 МГц со скоростью 120 Мбит/с (модуляция QPSK);

- ♦ передача телеметрии на частотах 1693 МГц и 2011.041 МГц со скоростями 32 и 4 кбит/с;

- ♦ передача команд управления на частотах 2034.2 МГц и 2036.0 МГц со скоростями 1, 4 и 32 кбит/с.

В состав наземного комплекса входят станции прямого приема пользователей и три основных центра:

- ♦ спутниковый метеоцентр NOAA в г. Сьютленд, штат Мэриленд (NOAA Satellite Operations Facility – NSOF), осуществляющий управление полетом КА и полезной нагрузкой, обработку метеоданных, генерацию продуктов уровня 1b и их распространение;

- ♦ станция управления и приема данных на о-ве Уоллопс, шт. Вирджиния (Wallops Command and Data Acquisition Station – WCDAS);

- ♦ резервный центр в Фэрмонт, штат Западная Вирджиния (Consolidated Backup – CBU), который выполняет дублирующие функции.

Наземная система обработки данных приборов спутника GOES-16 будет генерировать 34 информационных продукта из областей метеорологии, физики Солнца и космической погоды, еще 31 информационный продукт будет разработан в перспективе.

Стоит отметить, что уходящий президент США Барак Обама подписал 13 октября 2016 г. указ о подготовке национальной инфраструктуры к воздействию негативных эффектов космической погоды, под которыми понимаются геомагнитные бури, солнечные вспышки, потоки заряженных частиц и пр. Указ предписывает Министерству торговли (куда входит управление NOAA) совершенствовать оперативные спутниковые сервисы контроля космической погоды.

Ожидается, что космическая информация, которая будет поступать в метеоцентры после ввода КА GOES-16 в оперативную эксплуатацию, позволит улучшить качество прогнозов опасных явлений погоды, тайфунов и ураганов, увеличить заблаговременность прогнозов, повысить безопасность авиационных перевозок, точнее прогнозировать радиационную угрозу космическим аппаратам и космонавтам от потоков заряженных частиц, лучше контролировать космическую погоду.

Запуск второго в серии спутника GOES-S запланирован на середину 2017 г.



И. Лисов.
«Новости космонавтики»

22 ноября в 23:24:04.194 по пекинскому времени (15:24:04 UTC) со стартового комплекса №2 Центра космических запусков Сичан был произведен пуск РН «Чанчжэн-3С» (CZ-3C/GII №Y13) со спутником-ретранслятором «Тяньлянь-1» №04. Аппарат был успешно выведен на геопереходную орбиту суперсинхронного типа с параметрами:

- наклонение – 17,44°;
- минимальная высота – 209 км;
- максимальная высота – 41759 км;
- период обращения – 747,7 мин.

В каталоге Стратегического командования аппарат получил номер **41869** и международное обозначение **2016-072A**.

Это был 241-й пуск носителя семейства «Чанчжэн» («Великий поход»).

Резервный модернизированный

«Тяньлянь-1» №04 (天链一号04星) – четвертый КА в серии китайских спутников-ретрансляторов первого поколения, обеспечивающих обмен командно-телеметрической информацией и ретрансляцию целевой информации со средне- и низкоорбитальных спутников дистанционного зондирования и мониторинга стихийных бедствий и с пилотируемых объектов, а также информационно-командное обеспечение космических запусков. Три предыдущих КА, запущенные

Четвертый «Тяньлянь»

в 2008–2012 гг. (см. таблицу) с расчетными сроками активного существования 6 и 7 лет, продолжают работать на геостационарной орбите.

О планах запустить четвертый КА серии стало известно в октябре 2015 г. Спутник был доставлен в Сичан 10 октября 2016 г., ракету привезли в конце месяца и собрали на стартовом комплексе в первых числах ноября. Старт планировался на 20 ноября, был перенесен на 22 ноября и состоялся в этот день по графику.

В период с 23 по 27 ноября четырьмя включениями бортового ЖРД FY-25 тягой 490 Н суммарной продолжительностью около 6000 секунд аппарат произвел довыведение на околоstationарную орбиту. 28 ноября прошло развертывание антенн модуля полезной нагрузки и начались ее испытания. К 1 декабря КА был стабилизирован в рабочей точке 77,0° в.д.

Дата старта	Наименование	Носитель	Параметры начальной орбиты				Начальная точка стояния
			i	Нр, км	На, км	Р, мин	
25.04.2008	Тяньлянь-1 №01	CZ-3C №Y1	18,07°	226	41806	749,1	77,0° в.д.
11.07.2011	Тяньлянь-1 №02	CZ-3C №Y8	18,04°	197	42177	756,0	176,8° в.д.
25.07.2012	Тяньлянь-1 №03	CZ-3C №Y9	18,11°	214	42495	762,9	16,8° в.д.
22.11.2016	Тяньлянь-1 №04	CZ-3C/GII №Y13	17,44°	209	41759	747,7	77,0° в.д.

Разработка системы ретрансляции «Тяньлянь-1» началась в 2003 г. Руководителем и главным конструктором одноименного КА в Отделении телекоммуникационных спутников Китайской исследовательской академии космической техники CAST был Ван Цзяшэн (王家胜), до того возглавлявший создание платформы DFH-3 и спутника стратегической связи «Шэньтун-1» («Чжунсин-20») на ее основе. Руководителем и главным конструктором спутника №04 является Ван Дяньцзюнь (王典军).

Первый «Тяньлянь-1» на платформе DFH-3A со стартовой массой 2475 кг, включая 306 кг полезной нагрузки, был запущен 25 апреля 2008 г. и имел статус экспериментального. Второй и третий аппараты были изготовлены в штатном варианте и поддерживаются компактной, но полноценной наземной системой. С вводом их в строй было достигнуто близкое к 100% по времени покрытие орбит высотой от 200 до 2000 км.

Система «Тяньлянь-1» стала второй из восьми подобных систем в мире после американской TRDS, достигшей этого показателя.

Бортовая целевая аппаратура спутников-ретрансляторов обеспечивала формирование каналов:

- ◆ в диапазоне S для обмена командно-телеметрической информацией с обслуживаемым спутником;

- ◆ в диапазоне S для приема небольших объемов информации с обслуживаемого спутника (однопользовательский канал SSA – S-band Single Access);

- ◆ в диапазоне Ka (в том числе высокоскоростных) для передачи больших объемов информации с обслуживаемого спутника;

- ◆ в диапазоне Ka (в том числе высокоскоростных) между спутником-ретранслятором и Землей;

- ◆ в диапазонах S и Ka для обмена командно-телеметрической информацией и

определения параметров орбиты самого спутника-ретранслятора.

Аппараты использовали совмещенную параболическую антенну диапазонов Ka и S диаметром 3,05 м с двухступенным приводом наведения на обслуживаемый спутник для высокоскоростной передачи данных и обмена командно-телеметрической информацией с ним. Остальные каналы обеспечивались отдельными антеннами.

Как заявил главный конструктор Ван Дяньцзюнь, целью нового запуска была замена старейшего в системе «Тяньлянь-1» спутника №01, который уже выработал свой шестилетний гарантированный ресурс. В то же время, сказал он, аппарат №04 должен обеспечить плавный переход от первого поколения системы ко второму.

Поскольку первый экспериментальный КА сохраняет работоспособность, планируется параллельная эксплуатация двух спутников в близких точках стояния, что увеличит пропускную способность системы в их общей зоне ответственности.

Разработка резервного спутника №04 стартовала в

марте 2014 г. Сяньское отделение CAST получило задание на создание ключевых компонентов модуля полезной нагрузки, таких как подсистема транспондеров, антенная подсистема и подсистема сопровождения цели. Новой разработкой стали перенаводимая антенна точечного луча, ее контроллер и механизм наведения. Была усовершенствована антенна системы измерения дальности и работающий через нее приемопередатчик. В результате модернизации полезной нагрузки спутник приобрел возможность работать по нескольким орбитам.

Отмечается, что в проекте четвертого КА был сделан значительный шаг в области импортозамещения. Количество зарубежных компонентов сократилось на 60%, а степень локализации производства выросла почти на 10% – с 85,7 до 94,3%.

Как ни удивительно, модернизация сопровождалась уменьшением массы спутни-





ка. В неофициальном порядке сообщалось, что она составила всего около 2100 кг; контрольный расчет перевода КА с орбиты выведения на рабочую орбиту дает суммарное приращение скорости примерно 1820 м/с при расходе топлива 983 кг, что соответствует начальной массе изделия около 2150 кг.

Кстати, по параметрам орбиты выведения четвертый пуск несколько отличается от предыдущих, в особенности по наклонению, которое снижено с 18.1° до 17.4°. Отчасти это может быть связано с использованием ракеты второго этапа модернизации (ГИ) с более высокими характеристиками.

Еще одно интересное отличие заключается в начальном наклонении геостационарной (фактически – геосинхронной) орбиты: с каждым новым запуском оно больше (см. график). Безусловно, это не случайность: из графика видно, что первоначальное наклонение идет к нулю со скоростью примерно 1° за 16 месяцев. Как следствие, более высокое начальное наклонение увеличивает продолжительность того этапа работы КА, на котором он не требует коррекций по широте, и суммарное время эксплуатации при заданных ограничениях на массу бортового запаса топлива.

Следует отметить, что КА № 01 прекратил коррекции по широте в ноябре 2013 г., через пять с половиной лет после запуска, при заявленном сроке службы в шесть лет. А вот его предшественник, несмотря на вдвое большую продолжительность «льготного» периода, не выполнил очередную коррекцию уже в марте 2014 г., после всего лишь 3 лет и 8 месяцев работы.

Несколько неожиданной оказалась информация о нахождении аппаратов в точках стояния. Как выяснилось, ни один из трех запущенных до сих пор КА не оставался на

одном месте. Первый «Тяньлянь», выведенный, как и четвертый, в позицию 77° в.д., в июле 2013 г. был переведен в точку 80° в.д., где и пребывает до настоящего времени. Второй явно разменял возможность коррекции по широте на «охоту к перемене мест». Из начальной позиции 176.8° в.д. он в июле 2013 г. сдвинулся в 171° в.д., а в октябре – в 167° в.д. В январе 2016 г. № 02 вернулся в 171°, а в мае – на исходную позицию. Наконец, № 03 из первоначальной точки 16.8° в.д. сместился в 20.4° в.д. в январе 2016 г. и в 10.6° в.д. в июле 2016 г.

Несомненно, таким образом китайцы защищают выделенный им, но еще не используемый орбитально-частотный ресурс под общим наименованием СТДРС-2: соответствующие присвоения есть во всех перечисленных позициях. Но интересная деталь: как № 01 в точке 80°, так и № 02 в точке 167° преднамеренно и устойчиво поддерживали немножко эллиптическую орбиту с эксцентриситетом примерно 0.03 и разницей высот в апогее и перигее около 300 км. Такое поведение ничуть не мешает КА выполнять свою основную функцию ретрансляции данных со средне- и низкоорбитальных спутников КНР, позволяя одновременно заниматься локализацией наземных источников радиоизлучения путем прослушивания их с немного отличающихся ракурсов.

Сотый пуск с Сичана

Старт 22 ноября был официально объявлен и отмечался как 100-й пуск с космодрома Сичан, хотя в действительности он был 99-м.

Космодром начали строить в 1970 г. в интересах пилотируемого проекта «Шугуан-1». Место для так называемой «27-й базы» выбрали в провинции Сычуань вдали от границ с СССР и Монголией в рамках государственной политики создания «третьей линии» базирования оборонной промышленности и военных объектов. Строительство было приостановлено ввиду фактической заморозки в 1973 г. проекта «Шугуан-1» и возобновилось уже в рамках проекта 331 по созданию китайских телекоммуникационных спутников и ракеты-носителя CZ-3 с кислородно-водородной верхней ступенью для их запуска.

Первый старт с нового полигона состоялся в январе 1984 г. До конца 1991 г. было выполнено семь пусков носителя CZ-3 с КА DFH-2 и DFH-2A, последний из которых имел обозначение «операция 331-7».

Вторым пользователем Сичана стала программа коммерческих космических пусков, получившая номер 867. Она стартовала в 1990 г. с носителем CZ-2E, после чего была переведена на значительно более грузоподъемный CZ-3B. Невзирая на несколько досадных неудач в 1992 г. и две резонансные аварии в 1995 и 1996 г., коммерческая программа набрала неплохой темп, однако в конце 1998 г. после 16 пусков была торпедирована США, которые под предлогом несанкционированного получения Китаем западных космических технологий наложили запрет на вывоз в КНР спутников американского производства.

В результате за период с 2005 по 2016 г. состоялось лишь еще 15 пусков по 867-й программе, в ходе которых на орбиты

выводились КА европейского производства и китайские спутники, изготовленные по коммерческим заказам для иностранных потребителей.

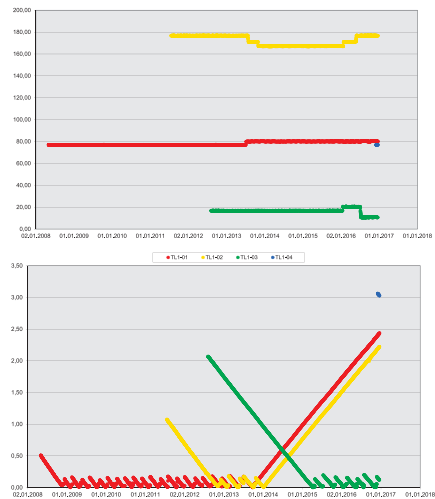
Первый испытательный пуск модернизированной ракеты CZ-3A в феврале 1994 г. был 12-м по счету и по не вполне понятным причинам получил обозначение «операция 07-13». Вероятно, цифры 07 пошли от названия «27-я база», поскольку на Тайюане – бывшей «25-й базе» – в ходу нумерация, начинающаяся на 05. В эту категорию попали все пуски по китайской национальной программе после завершения проекта 331.

Старт 22 ноября официально обозначался как «операция 07-74», и при формальном сложении 62 номеров этой серии с семью по 331-й программе и с 31 коммерческим пуском действительно получается 100. Однако в реальности пуск с обозначением 07-14, планировавшийся на 8 апреля 1994 г. с первым геостационарным метеоспутником «Фэнъюнь-2», проведен не был: 2 апреля в ходе работы с КА начался пожар с последующим взрывом и человеческими жертвами. Номер 07-14 повторно не использовался, а ракету CZ-3 № Y13 так и не запустили – она лежит в музее полигона.



Даже если забраковать китайскую методику подсчета, уже 11 декабря Сичан стал первым китайским космодромом, достигшим отметки в 100 космических пусков. Старейший космодром Цзюцюань начиная с 1970 г. записал на свой счет 91 пуск, на Тайюане с 1988 г. было выполнено 63 старта, с Вэнчана пока ушло две ракеты космического назначения. Пуски баллистических ракет, суборбитальные старты по различным программам, запуски космических перехватчиков и тому подобные в эту статистику не входят.

По случаю «круглого» достижения было сделано два интересных заявления. Менее существенное состоит в том, что в 2017 г. с Сичана в космос будет отправлено более 10 спутников. Более важное и неожиданное выглядит так. Начиная с 2017 г. на Сичан будут последовательно переводить с Цзюцюаня и Тайюаня пуски РН CZ-2С, CZ-2D и серии CZ-4 со спутниками для работы на солнечносинхронных и обычных низких орбитах. До сих пор такое бывало лишь в порядке исключения (три пуска CZ-2С в 2003–2004 гг.), но теперь должно стать нормой. Причины объявленного перевода не называются.



▲ Перемещение КА «Тяньлянь-1» по точкам стояния (вверху) и эволюция наклонения (внизу)

Воронеж будет делать метановый двигатель

И. Чёрный.
«Новости космонавтики»

9 ноября губернатор Воронежской области А. В. Гордеев посетил АО «Конструкторское бюро химавтоматики»* (КБХА). Глава региона ознакомился с деятельностью испытательного комплекса предприятия: губернатору был продемонстрирован двигатель РД0162Д2А тягой около 40 тс. Огневые стендовые испытания (ОСИ) жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) намечены на 2017 год.



▲ Ведущий конструктор темы Юрий Космачев (КБХА) рассказывает губернатору Воронежской области Алексею Гордееву о работах по метановому двигателю

Двигатель РД0162Д2А (табл. 1) – опытный образец для отработки новых технологий. Как пояснил исполнительный директор КБХА А. В. Камышев, с Госкорпорацией «Роскосмос» подписан контракт на проведение составной части опытно-конструкторской работы (СЧ ОКР) «Создание ракетных двигателей нового поколения и базовых элементов маршевых двигательных установок

Табл. 1. Сравнительные характеристики близких по тяге двигателей разработки КБХА

Основные параметры	РД0162СД	РД0124А
Назначение	Демонстратор первой многоуровневой ступени ракетно-космического комплекса МРКС-1*	Верхняя ступень РН «Ангара»
Тяга, тс		
– у Земли	42,5	–
– в пустоте	49,0	30,0
Удельный импульс тяги, с		
– у Земли	300,5	–
– в пустоте	347,0	359,0
Давление в камере, кгс/см ²	150	160
Время работы в полете, с	200	До 424
Компоненты топлива	ЖК – СПГ	ЖК – керосин
Масса двигателя, кг	500	548
Габариты двигателя, мм:		
– высота	2000	1575
– диаметр (max)	930	2400
Начало разработки, год	2012	1999

* Двигатель планируется также использовать в составе маршевой двигательной установки новой малогабаритной космической ракеты.

перспективных средств выведения» (шифр «ДУ СВ» (РД НП)).

Извещение о конкурсе по выбору исполнителя СЧ ОКР «ДУ СВ» было размещено на сайте госзакупок еще 26 августа 2016 г. К требуемому сроку – 16 сентября – заявка на участие в ОКР поступила от единственного участника – КБХА. В тот же день состоялось вскрытие конвертов, а уже 20 сентября конкурсная комиссия приняла решение о соответствии заявки требованиям закона № 44-ФЗ и конкурсной документации. Согласно условиям конкурса, с КБХА заключен государственный контракт на сумму 809 млн руб. Заказчиком выступает Госкорпорация «Роскосмос». Работы должны быть выполнены к 25 ноября 2018 г.

Контракт предусматривает разработку перспективного ЖРД, работающего на топливной паре «жидкий кислород – сжиженный природный газ (ЖК – СПГ)». Согласно техническому заданию, основной

финансирование соответствующей разработки заложено в Федеральной космической программе на 2016–2025 годы (ФКП–2025). Работы по созданию двигателя на СПГ предусмотрены в ОКР «Двигательные установки средств выведения» (ДУ СВ), на которую Госкорпорация «Роскосмос» просила выделить 25,223 млрд рублей (с началом финансирования в 2016 г. в объеме 470,8 млн рублей). В ОКР «ДУ СВ» включены разработка базовых элементов маршевых ДУ на кислородно-углеводородном топливе, создание опытных образцов ЖРД нового поколения, оснащенных системой диагностики и аварийной защиты, и базовых элементов двигателей на основе композитных материалов, а именно сопел, сопловых насадок радиационного охлаждения и донных экранов.

целью ОКР является «разработка опытных образцов маршевых ЖРД нового поколения с оптимальными параметрами, системой диагностики и аварийной защиты и базовых элементов на основе перспективных конструктивных и схемных решений, с использованием прогрессивных технологий создания ЖРД с заданной надежностью и стоимостью для ДУ перспективных средств выведения».

Для достижения поставленной цели КБХА должно разработать ЖРД тягой на уровне моря 85 тс, а также провести испытания экспериментального двигателя тягой 40 тс и двигателя-демонстратора тягой 7,5 тс, ранее созданных в рамках ОКР «ПМДУ» (госконтракт от 30 марта 2013 г. № 251-0356/13/114). Согласно техническим



▲ Стендовая база КБХА готовится к огневым испытаниям прототипа метанового двигателя

В испытательном комплексе КБХА ведется экспериментальная отработка ракетных двигателей, их агрегатов и узлов с максимальной имитацией реальных условий работы. Здесь можно проводить огневые испытания энергоустановок и ЖРД практически на всех видах компонентов топлива, используемых сейчас в промышленности и ракетно-космической отрасли, а также «холодные» испытания их узлов, агрегатов и деталей по различным программам, в том числе федеральным целевым. В настоящее время в комплексе действуют 28 испытательных стендов.

требованиям, ЖРД должен оснащаться системой аварийной защиты и иметь возможность многократного – до пяти раз – применения. Соотношение компонентов указано на уровне 3,5:1, удельный импульс в пустоте должен достигать 352 сек, длительность работы в полете не менее 220 сек. Диапазон регулирования тяги (от номинала) от -50 до +10 % по тяге и ±12 % по соотношению компонентов.

Выполнение ОКР разделено на три этапа. На первом этапе (с момента заключения госконтракта до 25 марта 2017 г.) требуется разработать техническое предложение и эскизный проект на опытный образец двигателя, а также провести расчетно-экспериментальные работы и разработать рабочую документацию на опытные образцы узлов и агрегатов. Второй (с 1 января по 30 ноября 2017 г.) и третий (с 1 декабря 2017 г. по 25 ноября 2018 г.) этапы предусматривают разработку, изготовление и проведение испытаний узлов и агрегатов опытных ЖРД.

Получение госконтракта стало итогом работ по метановым ракетным двигателям, выполняемых КБХА с конца 1990-х. В 1998 г. на предприятии прошли ОСИ демонстратора РД0110МД на базе серийного РД0110**, в ходе которых были получены экспериментальные данные, необходимые для дальнейших исследований в области двигателей, работающих на ЖК – СПГ.

С 2002 по 2005 гг. КБХА совместно с европейскими партнерами разрабатывало многоуровневый кислородно-метановый двигатель тягой 200 тс (проект «Волга»), а с 2006 г. проектирует отечественный много-

* Входит в интегрированную структуру АО «НПО «Энергомаш» имени академика В. П. Глушко». Осуществляет полный цикл создания ЖРД – проектирование, изготовление, испытание и поставки товарных двигателей для ракет оборонного, научного и народно-хозяйственного назначения; изготавливает наукоемкую высокотехнологическую конверсионную продукцию.

** Применяется на блоке И носителей «Союз-У» и «Союз-ФГ».



▲ Алексей Гордеев побывал на Воронежском механическом заводе (ВМЗ) и выступил перед сотрудниками предприятия

разовый кислородно-метановый двигатель РД0162 по схеме «газ–газ»* тягой 203,9 тс для многоразовой ракетно-космической системы первого этапа (МРКС-1). Проект этой системы, предполагающий создание крылатых ускорителей первой ступени для ракеты «Ангара», способных возвращаться на космодром запуска, разрабатывался ГКНПЦ имени М. В. Хруничева в 2012–2013 гг. Для летного демонстратора МРКС-1 проектировался двигатель РД0162СД тягой 42,5 тс на уровне моря. Позже было признано нецелесообразным реализовывать МРКС-1 в металле, но работы над кислородно-метановым ЖРД продолжились.

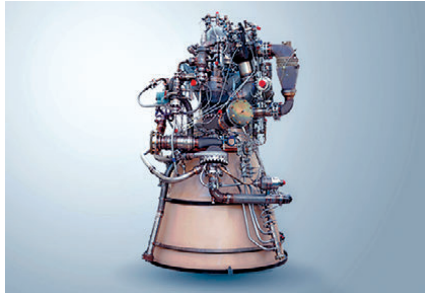
В 2012 г. по техзаданию Центра Хруничева в КБХА был разработан эскизный проект кислородно-метанового двигателя много-разового применения РД0167 в составе четырехдвигательной маршевой двигательной установки системного демонстратора возвращаемого ракетного блока (ВРБ) – прототипа РД0162 с уменьшенными тягой и габаритами.

Параллельно с 2007 г. КБХА прорабатывало двигатель-демонстратор РД0146ДМ на базе кислородно-водородного РД0146Д. Он разрабатывался и испытывался совместно с итальянской компанией Avio (контракт № DS/VEGA/0640/07) в рамках ОКР Lyra. Последняя была направлена на исследование перспектив повышения энергетических возможностей легкого европейского носителя Vega за счет оснащения кислородно-ме-

тановой верхней ступенью (НК №7, 2014, с.50-51). В течение первого полугодия 2015 г. КБХА провело и в июне 2015 г. успешно защитило в компании Avio проектно-конструкторские работы по оптимизации конструкции летного варианта двигателя. В период 2016–2017 гг., с учетом итогов конкурса среди европейских компаний по выбору варианта модернизации ракеты Vega, ожидается решение Итальянского космического агентства ASI (Agenzia Spaziale Italiana), которое должно определить перспективу дальнейших работ по данной теме.

По техническому заданию, полученному от РКЦ «Прогресс» в 2015 г., КБХА выпустило пояснительную записку к эскизному проекту РН «Союз-5» по двигателям РД0164 и РД0169 для первой и второй ступени соответственно. По запросу заказчика были проведены расчетно-конструкторские проработки вариантов двигателя РД0169А с укороченным соплом и земной тягой 85 тс – он рассматривается в качестве альтернативного варианта резервируемой двигательной установки первой ступени.

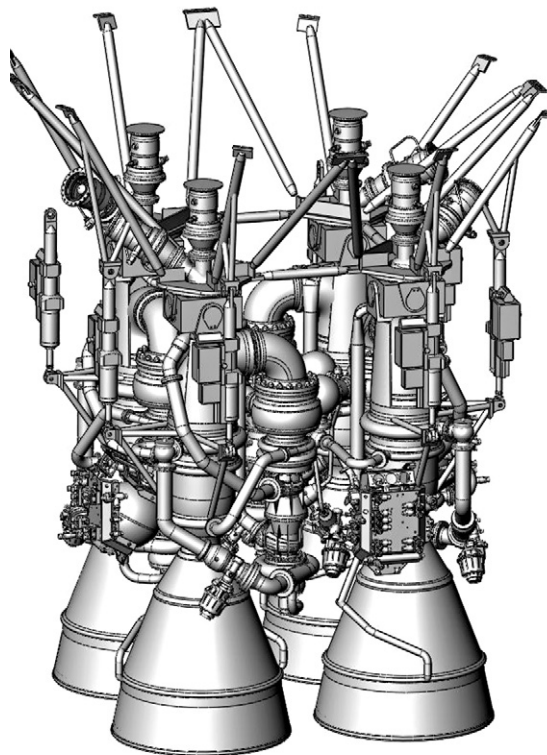
Кроме того, были проработаны РД0169В пустотной тягой 80 тс с высотным соплом для второй ступени ракеты среднего класса



▲ Кислородно-метановый двигатель РД0162

и двухкамерные варианты РД0164А земной тягой 360 тс для многодвигательных установок носителей тяжелого и сверхтяжелого классов. Специалисты КБХА подготовили предложения по составу работ для выполнения в 2016–2018 гг. в рамках ОКР «Разработка опытного образца демонстратора ЖРД на топливе ЖК – СПГ тягой на уровне 85 тс».

В рамках ОКР по теме «ПМДУ-КБХА-Д2015» предприятие завершило подготовку производства и изготовило стендовый образец двигателя РД0162Д2А на топливе кислород-метан с тягой на уровне 40 тс с замкнутой окислительной схемой. Проведена подготовка стендового оборудования для прожигов «40-тонника», разработаны мероприятия по обеспечению надежности и многократности применения, включая обоснование оптимальной кратности использования. В 2016–2017 гг. планируется провести холодные сливы по трактам двигателя, ОСИ запальных устройств камеры и газогенератора, короткие и ресурсные ОСИ стендового образца РД0162Д2А (табл. 2).



▲ Компоновка двигательной установки первой ступени МРКС

Работы над кислородно-метановыми ЖРД ведут и другие организации: в частности, КБХМ имени А. М. Исаева и НПО «Энергомаш» имени академика В. П. Глушко. Генеральный директор «Энергомаша» И. А. Арбузов в начале сентября сообщил о готовности разработать двигатель большой тяги на топливе ЖК – СПГ. «Мы действительно рассчитываем, что те задачи, которые прописаны в новой Федеральной космической программе, в частности по созданию метанового двигателя, будут реализованы у нас на предприятии», – сказал он в интервью РИА «Новости».

НПО «Энергомаш» ведет работы в этом направлении с 1981 г., создав демонстраторы для отработки на испытательных стендах и проработав проекты двигателей РД-169/190/185/183/184. В качестве перспективных двигательных установок в настоящее время предлагаются кислородно-метановые РД-180МС и РД-192 на базе РД-180 и РД-191 соответственно. Предполагается также кооперация с КБХА по созданию метанового ЖРД тягой 85 тс. «Скорее всего, это будет первый опыт совместного конструирования», – подчеркнул И. А. Арбузов.

Источники: <http://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ok44/view/common-info.html?regNumber=0995000000216000090>
<http://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ok44/view/documents.html?regNumber=0995000000216000090>
http://www.kbkha.ru/userfiles/file/god_otchet/god_2015.doc
<https://ria.ru/interview/20160909/1476481835.html>
<http://www.kbkha.ru/?p=4>
<http://izvestia.ru/news/601574#ixzz4MUX3S14e>
http://communa.ru/ekonomika/gubernator_voronezhskoy_oblasti_posetil_ispytatelnyy_kompleks_kbkha/
<http://lpre.de/resources/articles/66565530.pdf>

Табл. 2. Сравнительные характеристики некоторых метановых ЖРД разработки КБХА

Основные параметры	РД0162	РД0162СД	РД0146ДМ
Тяга, тс	203,9*	42,5*	6,5**
Удельный импульс тяги, с	321*/356**	300,5*/347**	362**
Давление в камере, кгс/см ²	160	150	60
Кратность использования	25	25	н/д
Уровень форсирования по тяге	133%	133%	н/д
Время работы в полете, с	200	200	190
Компоненты топлива	ЖК – СПГ		
Масса двигателя, кг	2100	500	н/д
Габариты двигателя, мм			
Высота	3550	2000	2200
Диаметр (max)	1650	930	960/1250***
Начало разработки, год	2006	2012	2007

* У Земли. ** В вакууме. *** С выдвигным насадком.

* С газификацией метана в рубашке охлаждения камеры и низкотемпературным двухконтурным газотурбинным трактом с двумя турбинами (окислительный газогенераторный контур и восстановительный безгенераторный контур).

И. Соболев.
«Новости космонавтики»

BepiColombo и наследство Messenger'a



25 ноября Европейское космическое агентство объявило об очередном переносе старта межпланетной станции BepiColombo, которая должна стать вторым искусственным спутником Меркурия. Запуск по-прежнему предполагается осуществлять с космодрома Куру во Французской Гвиане, однако ждать придется два года – до октября 2018 г.

Старт откладывается

BepiColombo – второй для ЕКА и четвертый в мировой истории межпланетный аппарат, использующий электрореактивную ДУ для полета к цели. Это дает определенную свободу в выборе даты старта (не слишком большую, так как баллистическая схема предусматривает ряд гравитационных маневров у планет), которая, к сожалению, оборачивается соблазном безнаказанно сдвигать ее «вправо».

Так, весной 2012 г. старт BepiColombo планировался в 2015 г., но в декабре 2013 г. был сдвинут на июль 2016 г. Схема перелета включала восемь встреч с планетами – пролет у Земли, два визита к Венере и серия из пяти маневров у Меркурия, обеспечивающие захват аппарата на орбиту в январе 2024 г. И это при условии, что примерно 4250 м/с приращения скорости обеспечат электрореактивные двигатели!

В марте 2015 г. пуск отложили на январь 2017 г. из-за задержек с заказом ряда критических блоков и полезных нагрузок. Благодаря тому, что траекторию задавала встреча с Землей в июле 2018 г., без потерь и даже без объявлений перенесли и следующую сдвигу на июль 2017 г. А вот в начале 2016 г. пришлось менять все расчеты, потому что дата старта съехала на апрель 2018 г., а срок прибытия к Меркурию сместился на декабрь 2024 г.

Прошло восемь месяцев – и еще один перенос! Команда проекта приняла решение о полугодовой задержке после того, как при подготовке к тепловым испытаниям перелетного модуля МТМ (Mercury Transfer Module) была обнаружена серьезная неисправность в электросистеме.

«Запуск во время стартового окна в апреле 2018 г. не будет возможен из-за проблемы в одном из блоков преобразования мощности, – сообщил менеджер проекта Ульрих Райнингхаус (Ulrich Reininghaus). – Мы уже определили первопричину, однако теперь оба блока должны быть повторно сертифицированы на годность к полету, и это, как ожидают, повлечет за собой задерж-

ку приблизительно на четыре месяца. Это означает, что самая ранняя стартовая возможность будет в октябре 2018 г.»

ЕКА объявило в очередной раз, что шестимесячная задержка не окажет влияния на научное значение миссии, однако она означала очередную отсрочку начала выполнения научной программы. Продолжительность полета к Меркурию увеличилась до 7.2 года, а ожидаемый срок прибытия BepiColombo к Меркурию сдвинулся на декабрь 2025 г. Увеличилось до рекордных девяти и число гравитационных маневров: один у Земли, два раза – у Венеры и уже шесть возле Меркурия.

«К сожалению, мы должны будем ждать дольше, чем предполагалось, – прокомментировал научный руководитель проекта BepiColombo Йоханнес Бенкхофф (Johannes Benkhoff). – Тем не менее у нас есть полная уверенность, что миссия будет иметь успех и принесет принципиально новые результаты».

BepiColombo – совместный проект ЕКА и японского JAXA. Научные задачи у Меркурия должны выполнять два специализированных аппарата: европейский Mercury Planetary Orbiter (МРО) и японский Mercury Magnetospheric Orbiter (ММО). Оба они в процессе перелета к самой близкой к Солнцу планете размещаются на перелетном модуле МТМ, оснащенном электрореактивными двигателями. Все три в настоящее время проходят интенсивные тесты в Европейском центре космических технологий ESTEC в Нидерландах, причем ММО появился там последний – его привезли из Японии 14 апреля 2015 г. Недавно закончена установка на МРО научных приборов, и в целом испытания МРО и ММО проходят успешно. Когда ремонт электросистемы МТМ будет закончен, все три объекта в связке будут протестированы на вибродинамическом стенде. Сейчас эти испытания планируются на апрель 2017 г.

Основные задачи новой миссии к Меркурию включают: изучение происхождения и эволюции планеты; исследование ее формы, внутреннего строения, геологической структуры, состава и динамики экзосферы,

структуры магнитосферы; выяснение состава и происхождения отложений в полярных областях, а также проверку общей теории относительности.

Куда же упал Messenger?

Весьма возможно, что в ходе съемки поверхности с высоким разрешением удастся идентифицировать кратер, образовавшийся в результате падения 30 апреля 2015 г. на поверхность предыдущего земного посланца – американского космического аппарата Messenger. И найти его было бы очень желательно. Ведь новый кратер, во-первых, должен быть одним из самых молодых на Меркурии, а во-вторых, при ударе должен был быть выброшен подповерхностный материал, который ко времени наблюдения будет подвержен эрозии только на протяжении очень короткого и, главное, точно известного отрезка времени. Таким образом, спектроскопия этого кратера позволит уточнить темпы формирования оптических свойств поверхности планеты.

Те, кто следил за ходом полета «Мессенджера», наверняка помнят, что его падение произошло на сторону планеты, не наблюдавшуюся в тот момент с Земли, поэтому определить время и точку падения было возможно только по данным баллистического расчета и на основе карты поверхности, составленной по его же снимкам. Впрочем, специалисты успешно справились с этой, казалось бы, немиссионерской задачей.

За день до падения прогнозировалось соударение с поверхностью 30 апреля 2015 г. в 19:26 UTC в точке с координатами 54.4° с. ш., 210.1° в. д. Весь следующий месяц после события специалисты обрабатывали данные с целью более точного определения координат. Объявленная 3 июня 2015 г. оценка имела четыре знака после запятой: 54.4398° с. ш. и 210.1205° в. д., при этом точка соударения с поверхностью находится на расстоянии 2438.790 км от центра Меркурия. Время, когда Messenger прекратил свое существование, также определили с высокой точностью: 30 апреля 2015 г. в 19:26:01.166 UTC. Станция упала на участок поверхности Меркурия, имеющий постоянный уклон величиной 8.5°. Скорость полета составляла 3.912 км/с, так что падение должно было привести к образованию кратера диаметром около 16 м.

Более чем за четыре года своих орбитальных исследований Messenger получил свыше 270 000 изображений поверхности Меркурия, а также обширный набор иных данных. Понятно, что ученые на Земле еще долгое время будут работать, перерабатывая и осмысливая на этот «улов». А первые наиболее значимые открытия, совершенные за прошедший год, уже объявлены научной общественности.

Пылевые дожди

Так, одно из недавно завершенных исследований показало, что Меркурий испытывает регулярное воздействие в виде «пылевого душа», источником которого является одна из древних комет. Авторами работы, представленной в ноябре 2015 г. на ежегодной конференции Отделения планетологии Американского астрономического обще-

ства, стали Апостолос Христу (Apostolos Christou) из обсерватории Арма (Armagh) в Северной Ирландии, Розмари Киллен (Rosemary M. Killen) из Центра космических полетов имени Годдарда, и Мэттью Бёрджер (Matthew H. Burger) из Государственного университета имени Моргана в Балтиморе.

Для жителей Земли это явление не является чем-то сильно необычным. Ясной безлунной ночью мы можем наблюдать, как подобные пылевые частицы входят в плотные слои атмосферы и сгорают в них: тогда с поверхности видна яркая вспышка, которую мы называем метеором, или «падающей звездой». В определенные периоды их число значительно увеличивается – и мы говорим, что наблюдаем «метеорный дождь». Происходит это тогда, когда Земля в своем орбитальном движении входит в поток таких частиц, своеобразный «след», оставленный той или иной кометой, обильно извергающей свое вещество в мировое пространство.

Один из самых известных таких потоков – Персеиды – мы наблюдаем в августе. Он обязан своим происхождением комете Свифта – Туттля, которая в последний раз наблюдалась в 1992 г. и в течение этого века больше во внутренние области Солнечной системы не вернется. Однако понятно, что Земля не единственная планета в Солнечной системе, а объект, названный именами Свифта и Туттля, – не единственная комета. Другие планеты с таким же успехом могут встречать на своем пути кометные «следы» и захватывать встречающееся на пути вещество. Так, в 2014 г. комета Сайдинг-Спринг прошла на расстоянии 160 000 км от Марса, «сбросив» в его верхнюю атмосферу несколько тонн своего вещества. Последствия были зарегистрированы инструментами, размещенными на борту находящегося на орбите вокруг планеты исследовательских КА – таких, как MAVEN и Mars Express.

Небесные тела типа земной Луны или Меркурия считаются безатмосферными. Между тем еще в эпоху экспедиций «Аполлонов» было установлено, что это не совсем так, потому что они окружены облаками атомов и частиц, либо по тем или иным причинам оторванных от поверхности, либо привнесенных извне в потоках «солнечного ветра». И хотя такие «атмосферы», которые правильнее было бы назвать «приповерхностными экзосферами», абсолютно незначительны, если подходить к ним с мерками характеристик атмосфер Земли или Марса, наблюдения показывают, что они обладают достаточно своеобразной, сложной и динамичной структурой, вполне достойной научного изучения.

Одной из научных задач Messenger'a было как раз изучение динамики меркурианской экзосферы. Проведенный Бёрджером и коллегами анализ данных, полученных при помощи спектрометра MASCS, показал закономерность в изменении концентрации кальция, периодически повторяющуюся в течение каждого меркурианского года. Для проверки одной из возникших версий Розмари Киллен пришлось объединить усилия с Джозефом Ханом (Joseph M. Hahn) из Института космических исследований в Остине, Техас, чтобы понять процессы, происходящие в момент прохождения Меркурия

через так называемое зодиакальное облако межпланетной пыли, когда его поверхность подвергается воздействию высокоскоростных метеорных тел.

Исследователи установили, что и наблюдаемое количество кальция, и закономерность, по которой она изменяется, вполне могут быть объяснены таким воздействием. Однако одна особенность оставалась непонятной: пик в излучении кальция появлялся сразу после того, как Меркурий проходил точку перигелия, тогда как модель Киллен и Хана предсказывала его появление незадолго до момента максимального сближения планеты с Солнцем. Было件件件件, что в целом адекватная модель не учитывает какого-то пока невыявленного фактора.

И этот фактор проявил себя в виде кометного потока пыли. Его источником стала обнаруженная в XVIII веке комета Энке (2P/Encke), названная в честь немецкого математика, вычислившего ее орбиту. Среди всех известных комет она обладает самым коротким периодом обращения и к своему перигелию на расстоянии 50 млн км от Солнца возвращается каждые 3.3 года. Кстати, согласно некоторым имеющимся теориям, знаменитый Тунгусский метеорит являлся именно ее обломком. Орбита кометы Энке весьма стабильна, так что за многие тысячелетия вдоль нее должен был сформироваться достаточно плотный поток пыли – ведь скорость отрыва частицы от ядра кометы невелика, то есть орбита частицы должна очень мало отличаться от орбиты кометы. Поэтому Киллен и Хан предположили, что частицы, порожденные кометой Энке и периодически падающие на Меркурий, в процессе соударения с поверхностью способствуют выносу кальция в экзосферу.

Однако совпадение по-прежнему не было идеальным: орбита кометы Энке оказывалась ближе всего к Меркурию через неделю после возникновения «кальциевого пика». Пришлось допустить, что поток кометной пыли несколько смещен от современной траектории самой кометы. Но почему?

Для ответа на этот вопрос Киллен и Бёрджер объединились с А. Христу, чтобы промоделировать эволюцию потока частиц, сгенерированного кометой Энке, в течение нескольких десятков тысяч лет, а именно такой величиной оценивается срок ее существования. Для этого Христу пришлось «прокрутить время назад» и вычислить параметры орбиты кометы, какими они были

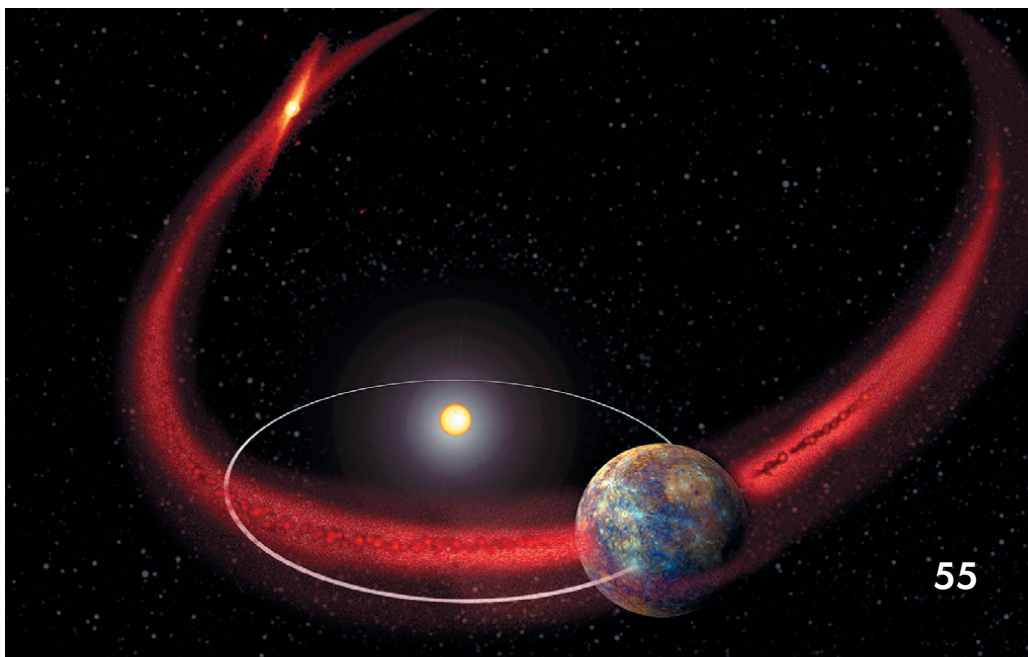
за много тысяч лет до ее открытия. Затем, двигаясь вперед от этой точки, ученые снова просчитали движение кометы, одновременно моделируя истечение ее вещества в межпланетное пространство и пытаясь установить, пересекаются ли орбиты облака частиц с орбитой Меркурия и если да, то когда и где. Первые результаты надежд исследователей не оправдали: как оказалось, пыль вместо того, чтобы смещаться с орбиты кометы, как того ожидали исследователи, просто распространялась вдоль нее, формируя поток, пересекающий орбиту Меркурия точно в тех же точках, где и комета.

Тогда было проведено повторное моделирование, но на этот раз с учетом взаимодействия между зернами пыли и солнечным светом, известного как эффект Пойнтинга – Робертсона. Это взаимодействие создает дополнительную, хотя и крошечную, силу по отношению к зернам пыли, которая за длительные периоды времени могла привести к существенным возмущениям орбиты. И результат оказался поразительным: орбита потока в новой постановке сместилась за орбиту кометы и на этот раз пересекала траекторию Меркурия точно в тех точках, где наблюдался пик излучения кальция! Более того: величина смещения зависела от размера зерен пыли, поскольку большее зерно испытывает меньшую силу сопротивления, и от момента отделения зерен от кометы.

Христу удалось выявить, что пик кальция соответствуют зернам с размером порядка 1 мм, покинувшим кометное ядро 10 000–20 000 лет назад. Это соответствует известным нам свойствам кометной пыли: ведь целые стайки кометных зерен миллиметрового размера входят в атмосферу Земли каждый день, образуя те самые видимые метеоры. Результаты также хорошо стыкуются с существующей наилучшей оценкой возраста потока на основе земных исследований метеоров.

«Выяснение и подтверждение того, что мы можем сместить положение потока частиц и получить соответствие наблюдениям Messenger'a, приятно и само по себе. Но то, что такое изменение хорошо согласуется с тем, что мы знаем о комете Энке из независимых источников, дает нам уверенность в реальности выявленных причинно-следственных отношений», – объяснил Христу.

Основным результатом проделанной работы является понимание значения по-



токов пыли различного происхождения в формировании экзосфер. Так, до сих пор не была однозначно прояснена относительная важность влияния кометной и зодиакальной пыли. Теперь Розмари Киллен надеется найти следы потока Энке в других экзосферах. «Это будет дальнейшим подтверждением выявленных закономерностей», – уверяет она.

Глобальная карта

Одним из наиболее важных в прикладном отношении результатов проекта Messenger стала первая глобальная цифровая модель поверхности Меркурия, показывающая в подробных деталях топографию планеты и открывающая путь к пониманию ее геологической истории.

Глобальная топографическая модель, представленная 6 мая 2016 г., входит в число трех новых продуктов Системы планетарных данных PSD (Planetary Data System) – финансируемой NASA организации, ответственной за архивирование данных космических миссий и их предоставление научной обществу. Информация от приборов Messenger'a была передана на хранение в PDS 15 большими порциями и включает более 10 терабайт научной информации, в том числе почти 300 000 изображений, миллионы спектров и многочисленные карты, а также интерактивные инструменты, которые позволяют эти данные обрабатывать и исследовать.

«Богатство этих данных, значительно увеличенное продлением основной однолетней миссии Messenger'a до более чем четырех лет, уже позволило осуществить несколько захватывающих научных открытий и, по всей видимости, еще позволит совершить немало открытий в ближайшие десятилетия», – говорит Сюзен Энсор (Susan Ensor), разработчик программного обеспечения из Лаборатории прикладной физики Университета Джонса Хопкинса. В течение девяти последних лет Энсор управляла Центром научных операций проекта Messenger, обеспечивающим сбор данных.

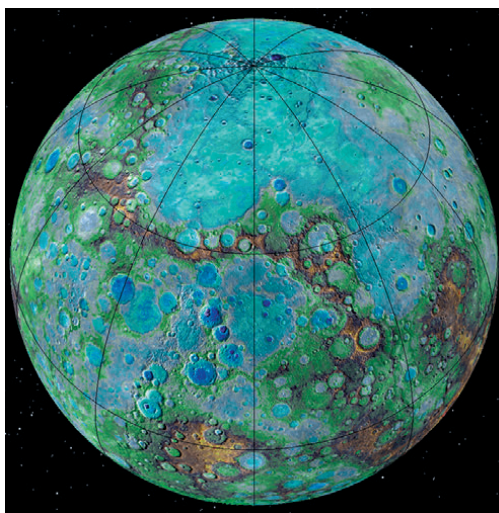
Новая глобальная модель существенно дополняет более старый продукт – топографическую карту, составленную на основе сделанных ранее измерений лазерного высотомера MLA (Mercury Laser Altimeter). Из-за сильно эксцентричной орбиты станции в течение первого года MLA мог вести подробные измерения только в северном полушарии Меркурия и в экваториальной зоне, а топография большей части южного полушария оставалась почти неизвестной.

Новая модель раскрывает множество интересных топографических особенностей, включая самые высокие и самые низкие участки поверхности планеты. Как оказалось, самый высокий элемент рельефа на Меркурии находится среди древнего ландшафта к югу от экватора и возвышается на 4.48 км над средней поверхностью. Самым же низким районом с отметкой 5.38 км ниже среднего, является дно ударного бассейна Рахманинов, одного из наиболее интересных образований на поверхности Меркурия: считается, что в пределах двойного кольца находятся наиболее свежие вулканические отложения.

Для создания новой модели использовалось более 100 000 изображений, полученных в ходе орбитальной фазы проекта под разными ракурсами и с разными условиями освещения, что позволило максимально подробно восстановить профиль поверхности.

Одной из особенностей новой карты является беспрецедентное изображение района вблизи северного полюса Меркурия. «Messenger обнаружил, что прошлая вулканическая активность похоронила эту часть планеты под обширным слоем лав, имеющих в некоторых местах глубину более 1.5 км и [покрывающих примерно 5 млн км²], – рассказала Нэнси Чабот (Nancy L. Chabot), специалист по камере MDIS (Mercury Dual Imaging System). Однако именно в силу близости этого участка к северному полюсу он всегда освещен Солнцем под небольшим углом, что влечет за собой большое количество отбрасываемых длинных теней, затеняющих цветные особенности скал. Для минимизации воздействия теней пришлось использовать пять различных узкополосных цветных фильтров.

«Теперь это одна из моих самых любимых карт Меркурия, – призналась Чабот. – Я с нетерпением жду, когда она, став доступной для научной общественности, окажется полезной при исследованиях вулканических событий, сформировавших поверхность Меркурия».



▲ Карта высот поверхности Меркурия с видом на Северные вулканические равнины

Загадка Северных равнин

Впрочем, результаты съемки поверхности уже принесли ряд загадок. Над решением одной из них работают ученые специализированного подразделения по исследованию астроматериалов Космического центра имени Джонсона.

Messenger выявил на поверхности планеты Северные вулканические равнины – область, которая выглядит весьма молодой и преимущественно ровной, в то время как другие области представляются более старыми, так как они покрыты многочисленными кратерами. До сих пор внятного объяснения того, как такие разнородные поверхностные структуры могли развиваться поблизости друг от друга, не было.

«Мы считаем, что планеты начинают свой жизненный путь в горячем, почти расплавленном состоянии, – поясняет про-

фессор Асмаа Буджибар (Asmaa Boujibar), постдокторант NASA и ведущий автор исследования. – Но по мере охлаждения в них кристаллизуются различные минералы. В некоторых случаях эти минералы могут дифференцироваться и формировать различные слои в теле планеты».

Хорошим примером такой слоистой структуры является земная Луна. В то же время у Земли, похоже, такие слои отсутствуют – либо потому, что составляющие ее вещества никогда не разделялись, либо в силу того, что некогда сформировавшиеся слои в дальнейшем оказались «перемешанными» в ходе движения литосферных плит.

Таким образом, исследовательская группа Центра Джонсона намеревалась ответить на серьезный вопрос о Меркурии – является ли внутренняя структура его мантии слоистой, подобно Луне, или же гомогенной, земледобной. Судя по тому, насколько разнородна поверхность планеты, можно было ожидать слоистой внутренней структуры.

Ученые работали в Лаборатории экспериментальной петрологии, где моделируют условия в глубинах планет, позволяя ученым изучить материалы под воздействием высокого давления и температур.

Известно, что Меркурий – наименее окисленная планета нашей Солнечной системы, большая часть ее железа находится в форме металла или сульфида, но не оксидов. Считается, что стандартными «строительными блоками» планет Солнечной системы являются метеориты хондритного типа, по своему составу практически полностью повторяющие состав Солнца, исключая, конечно, водород и гелий. В свою очередь, хондриты по составу подразделяются по степени окисления содержащегося в них железа на энстатитовые, обыкновенные и углистые. Восстановленные или малоокисленные, с богатым содержанием металла, энстатитовые хондриты и являются наилучшими кандидатами на роль «строительных блоков» Меркурия.

Исследователи взяли состав, аналогичный энстатитовым хондритам, и подвергли его воздействию высоких температур и давления, характерных для внутренних областей Меркурия. В результате выяснилось, что наличие слоистой мантии в условиях Меркурия вовсе не является необходимым. Даже при гомогенной структуре внутренних областей с разных глубин на поверхность могут быть вынесены весьма различные расплавы. Этим и может быть объяснен столь гетерогенный состав поверхности.

«Ключевое наше открытие состоит в том, что одним только изменением давления и температуры состава одного типа мы можем воспроизвести разнообразие материала, найденного на поверхности планеты», – сказал Буджибар.

В частности, исследование показывает, что более древние ландшафты на Меркурии были сформированы из материала, расплавленного глубоко на границе между ядром и мантией, в то время как более молодые ландшафты сформировались ближе к поверхности. Кроме того, на условия плавления и состав расплава влияет примесь серы, которая

в восстановительной среде растворяется в веществе мантии. Совместное воздействие этих двух факторов – давления и наличия серы – и объясняет разнородный поверхностный состав Меркурия.

Результаты исследования имеют фундаментальное значение для понимания механизмов формирования Солнечной системы. Они показывают, что Меркурий, возможно, сформировался из таких материалов, как энстатитовые хондриты. Таким образом, три больших тела – Земля, Луна и Меркурий, – возможно, сформировались из сходных материалов. Это позволяет предположить, что большая часть внутренней области Солнечной системы, включая Венеру и, возможно, Марс, была образована из одного и того же материала, а не из различных, как считалось до сих пор.

В дальнейшем исследователи планируют понять: стала ли мантия Меркурия гомогенной благодаря конвекции в ранние периоды истории планеты или же она никогда не являлась слоистой структурой; почему у Меркурия такое большее ядро, какого нет ни у одной другой планеты; могло ли гигантское ударное воздействие выбросить часть мантии; и были ли крупные ядра у астероидов.

...Маленький, горячий и сжимающийся

Есть и еще один совсем свежий и поразительный результат работы Messenger'a: прошлые представления о том, что тектоническая активность на Меркурии завершилась несколько миллиардов лет назад, абсолютно ошибочны. Полученные изображения элементов рельефа поверхности планеты указывают, что Меркурий даже сегодня сокращается в размерах, попадая в один ряд с Землей как тектонически активная планета. Таким образом, он маленький, горячий и сжимающийся!

Свидетельства этого в буквальном смысле слова лежат на поверхности. Одним из них является Большая долина (Great Valley) в южном полушарии, об открытии которой NASA сообщило 16 ноября. Она хорошо заметна на новых картах, поскольку имеет небольшие размеры. При длине более 1000 км, средней ширине в 400 км и глубине около 3 км Большая долина Меркурия меньше, чем марсианская Долина Маринера, но длиннее, чем земной Гранд-Каньон Северной Америки, а также шире и глубже, чем Восточно-Африканская зона разломов. Примечательно и то, что Большая долина соединяется с одним из самых больших и самых молодых ударных бассейнов Меркурия под названием Рембрандт (карта справа).

«В отличие от Восточно-Африканской зоны разломов Земли, Большая долина Меркурия возникла не в результате расхождения литосферных плит, а является результатом глобального сокращения сжимающейся планеты, обладающей только одной плитой», – объяснил ведущий автор работы Томас Уоттерс (Thomas R. Watters), старший научный сотрудник Национального музея авиации и космонавтики Смитсоновского института.

Большая долина Меркурия ограничена двумя большими эскарпами, безусловно, образовавшимися в ходе охлаждения внутренних областей Меркурия. Однако уро-

вень возвышения дна долины ниже уровня окружающих областей. Она не может быть просто результатом образования этих эскарпов – должен был работать и еще какой-то процесс.

Наиболее вероятное объяснение происхождения Большой долины Меркурия – это потеря устойчивости наиболее удаленных слоев внешней оболочки планеты как следствие их сжатия. В ходе охлаждения внутренней части Меркурия единственная тектоническая плита планеты прогнулась – края долины оказались подняты вверх, а дно осело вниз. При этом также осела и часть вала бассейна Рембрандт.

По словам Уоттерса, «подобные примеры есть и на Земле – как на океанических, так и на континентальных плитах, но Большая долина может быть первым доказательством этого геологического процесса на Меркурии».

Другим весьма серьезным доводом и свидетельством являются небольшие эскарпы – длинные «ступеньки» рельефа с вертикальными краями. Они невелики по размеру и, как предполагается, должны быть геологически молодыми. Это опять же означает, что сжатие Меркурия продолжается вплоть до настоящего времени.

Строго говоря, эскарпы на поверхности Меркурия впервые были обнаружены в ходе трех пролетов станции Mariner 10 в 1973–1974 гг. и затем подтверждены приборами Messenger'a. Считается, что они образовались в ходе охлаждения внутренней части Меркурия, заставившего планету сокращаться в размерах. Кора при этом ломалась, и отдельные участки выталкивались вверх вдоль линии разломов. Размеры таких участков весьма значительны: длина эскарпов достигает нескольких сотен километров, а высота в некоторых местах доходит до полутора километров.

Следует отметить, что в последние 18 месяцев полета КА Messenger высота его орбиты была понижена – в результате бортовые инструменты смогли видеть более мелкие структуры, чем удавалось до этого. И на новых снимках были обнаружены новые, гораз-

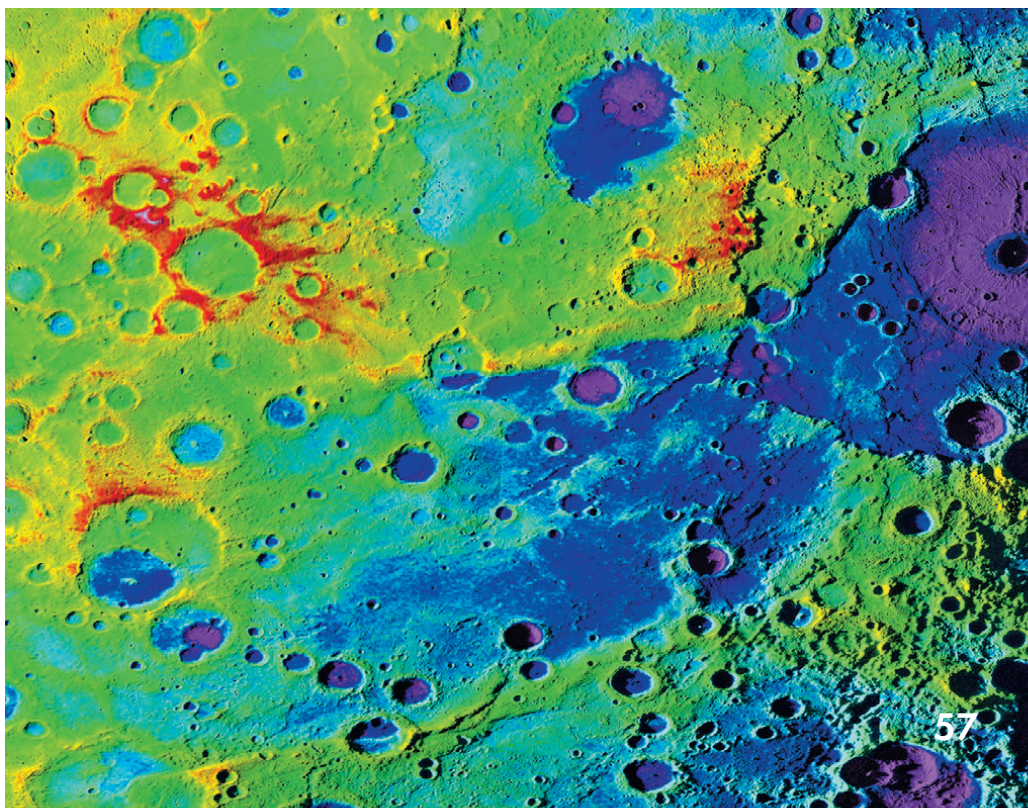
до более мелкие эскарпы, с характерными размерами уже на порядок меньше. По мнению исследователей, эти структуры должны быть очень молодыми – в противном случае было бы заметно их разрушение в ходе метеоритной бомбардировки поверхности. Характерно и то, что схожие по размерам образования были обнаружены и на Луне.

Эти свидетельства тектонической активности хорошо согласуются с недавним открытием магнитного поля Меркурия и продолжающегося медленного охлаждения его внешних слоев. Вполне вероятно, что самая маленькая из землеподобных планет также испытывает и «меркуротрясения». Но для их подтверждения уже необходима посадочная миссия и исследования с помощью сейсмографов.

Кстати, посадочная миссия на Меркурий еще недавно рассматривалась специалистами нашей страны. Речь идет о проекте Института космических исследований и НПО имени С.А. Лавочкина «Меркурий-П». Начало работ над этим проектом восходит к 2003 г., когда российский посадочный аппарат предполагалось использовать и в составе миссии ВероColombo. В 2011 г. проект «Меркурий-П», наряду с такими миссиями, как «Марс-Грунт», «Венера-Д» и «Сокол-Лавлас», рассматривался как продолжение работ по проекту «Фобос-Грунт», который тогда еще не успел приобрести столь печальную известность. Старт российской миссии к Меркурию в то время был запланирован на 2019 год.

Интересно, что схема посадки станции, а в общем-то и компоновка посадочного модуля, очень напоминали те, что использовались еще в «Луне-9». Объявленными научными задачами являлись контактные исследования грунта и изучение особенностей взаимодействия солнечного излучения с поверхностью планеты. Между тем судьба «Фобос-Грунта» наложила свои коррективы на всю межпланетную программу: сегодня российская посадка на Меркурий видится возможной не раньше 2031 г.

По материалам EKA и NASA



Владимиру Алексеевичу Соловьёву

70 лет



ЮБИЛЕИ

11 ноября исполнилось 70 лет первому заместителю генерального конструктора РКК «Энергия», руководителю полета Российского сегмента МКС, начальнику Службы эксплуатации и управления полетами космических комплексов и средств выведения, летчику-космонавту, доктору технических наук,

члену-корреспонденту Российской академии наук Владимиру Алексеевичу Соловьёву.

Вот уже 46 лет Владимир Алексеевич трудится на предприятии, носящем имя Сергея Павловича Королёва. Из них 28 лет он руководит полетами отечественных пилотируемых и грузовых космических кораблей и орбитальных пилотируемых станций и модулей, а также полетами автоматических космических аппаратов различного назначения и разгонных блоков, созданных легендарной «королёвской» фирмой. При этом 17 лет В. А. Соловьёв является руководителем полета российского сегмента МКС.

Он признан авторитетом в области теории управления полетами космических аппаратов и уделяет большое внимание совершенствованию технологий управления полетами, подготовке экипажей и персонала возглавляемой им службы. По инициативе Владимира Алексеевича для всех специалистов служб проводятся ежегодные сертификационные экзамены с целью повышения профессионального уровня.

Он является высококлассным профессионалом и снискал заслуженное уважение не только среди коллег в РКК «Энергия», но и в смежных организациях и у международных

Владимир Алексеевич Соловьёв родился 11 ноября 1946 г. в Москве. В 1964 г. окончил московскую среднюю школу № 476. В феврале 1970 г. защитил диплом Московского высшего технического училища имени Н. Э. Баумана по специальности «Вакуумная техника электрофизических установок», получив квалификацию «инженер-механик».

В апреле 1970 г. пришел работать инженером в Центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения (ныне – Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С. П. Королёва). Занимался созданием системы исполнительных органов двигателей ориентации для лунных орбитального и посадочного кораблей и транспортного корабля «Союз Т», системами дозаправки, разрабатывал бортовую документацию по объединенной двигательной установке орбитальной станции «Салют-6» и системе дозаправки.

На учебно-тренировочном макете обучал готовящихся к полету космонавтов Георгия Гречко, Владимира Ковалёнка, Валерия Рюмина, Александра Иванченкова и Владимира Джанибекова работе с системой ориентации и причаливания космического корабля.

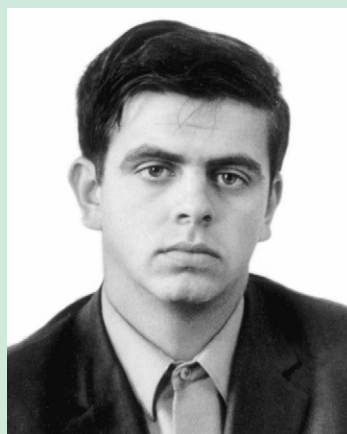
С декабря 1978 г. по февраль 1994 г. состоял в отряде космонавтов НПО «Энергия» на должности космонавта-испытателя.

С сентября 1981 г. по июнь 1982 г. готовился к полету на станцию «Салют-7» по советско-французской программе экспедиции посещения в качестве бортинженера второго экипажа корабля «Союз Т-6» вместе с Леонидом Кизимом и Патриком Бодри.

С сентября 1982 г. по май 1983 г. проходил подготовку в качестве бортинженера основного экипажа экспедиции посещения станции «Салют-7» вместе с Леонидом Кизимом и Игорем Волком, однако из-за неудачного полета корабля «Союз Т-8» в апреле 1983 г. экспедиция посещения была отменена.

В июне–сентябре 1983 г. готовился к полету на станцию «Салют-7» в качестве бортинженера второго экипажа корабля «Союз Т-10» вместе с Леонидом Кизимом. Старт «Союза Т-10» не состоялся 26 сентября 1983 г. из-за пожара на ракете-носителе «Союз-У» на стартовом комплексе, потребовавшего задействования системы аварийного спасения.

С октября 1983 г. по январь 1984 г. проходил подготовку по программе третьей основ-



ной экспедиции станции «Салют-7» в качестве бортинженера первого экипажа.

Свой первый космический полет с рекордной на тот момент длительностью 236 сут 22 час 49 мин 04 сек совершил в феврале–октябре 1984 г. в качестве бортинженера кораблей «Союз Т-10» и «Союз Т-11» и станции «Салют-7» вместе с Леонидом Кизимом и Олегом Атьковым. Стал 136-м космонавтом мира и 56-м космонавтом СССР. В ходе полета вместе с Леонидом Кизимом выполнил шесть выходов в открытый космос продолжительностью 22 час 48 мин с целью проведения на станции «Салют-7» сложного ремонта объединенной двигательной установки и монтажа двух дополнительных панелей солнечных батарей.

С ноября 1985 г. по март 1986 г. готовился к полету по программе первой основной экспедиции на орбитальную станцию «Мир» и по программе экспедиции посещения на станцию «Салют-7» в качестве бортинженера первого экипажа.

Свой второй космический полет длительностью 125 сут 00 час 00 мин 56 сек осуществил в марте–июле 1986 г. в качестве бортинженера корабля «Союз Т-15» и станций «Мир» и «Салют-7», в ходе которого вместе с Леонидом Кизимом впервые в мире выполнил межорбитальные перелеты с одной станции на другую и обратно, а также два выхода продолжительностью 8 час 41 мин для развертывания и испытания крупногабаритной шарнирно-решетчатой фермы.

В ноябре 1986 г. назначен начальником Службы управления полетами. В апреле 1988 г. стал руководителем полета орбитального комплекса «Мир» и трудился на этой должности вплоть до затопления комплекса в марте 2001 г. С 1990 г. также назначен руководителем полета разгонных блоков типа ДМ, с декабря 1998 г. – заместителем директора программы МКС по управлению, с января 1999 г. – руководителем полета спутников связи серии «Ямал», созданных в РКК «Энергия».

С 1999 г. является руководителем полета российского сегмента МКС. Последние три года также возглавляет Координационный научно-технический совет по программам научно-прикладных исследований и экспериментов на пилотируемых космических комплексах.

Имеет почетные звания и награды: дважды Герой Советского Союза (1984, 1986); летчик-космонавт СССР (1984); лауреат Государственной премии РФ (1999); заслуженный мастер спорта СССР (1987); два ордена Ленина (1984, 1986); орден Почета (1996); орден Дружбы (2004); орден «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2012); медаль «За заслуги в освоении космоса» (2011); знак Роскосмоса «За международное сотрудничество в области космонавтики» (2012); Почетная грамота Правительства РФ (2006); кавалер ордена Почетного легиона (Франция, 1982); орден «Кирти Чакра» (Индия, 1985); орден «Серебряная звезда» (Сирия, 1987); орден «Достык» 2-й степени (Казахстан, 2001); большая золотая медаль «Космос» Международной авиационной федерации; золотая медаль имени К. Э. Циолковского Академии наук СССР (1987).

Является доктором технических наук (1995), профессором (1997), членом-корреспондентом Российской академии наук (2011), автором и соавтором многих научных трудов, книг и публикаций.

С конца 2007 г. заведует кафедрой СМ-3 «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов» в МГТУ имени Н. Э. Баумана.

Владимир Алексеевич женат на Елене Юрьевне, они вырастили сына Сергея и дочь Марию. В семье есть и три представителя следующего поколения – внучка Настя 16 лет, внук Володя 10 лет (дети Сергея) и внучка Лена в возрасте одного года (дочь Марии).



▲ На морских тренировках

партнеров. Скромный, интеллигентный, чуткий и внимательный к людям, но в то же время твердый, смелый и решительный в деле. Везде и во всем Соловьёв верен своему жизненному кредо: профессионал должен активно управлять процессом, иначе процесс станет управлять им.

Владимир Алексеевич, несмотря на свою постоянную занятость, всегда откликается на просьбы *НК* прокомментировать события на орбите. И мы очень ценим его квалифицированные и понятные простому человеку (не специалисту) пояснения. По случаю юбилея мы попросили руководителя полета рассказать о себе. Однако он ответил так: «Я о себе уже все рассказал, пусть обо мне расскажут мои коллеги».

Мы обратились к главному специалисту РКК «Энергия» **Виктору Дмитриевичу Благову** (В.Б.) и главному научному сотруднику РКК «Энергия», доктору технических наук, профессору **Валерию Евгеньевичу Любинскому** (В.Л.), которые и поведали нам о том, каким человеком и специалистом видится Владимир Алексеевич с точки зрения коллег.

– Расскажите о профессиональных и личных качествах юбиляра.

В.Б.: Я считаю, что руководитель полета, а Владимир Алексеевич занимает эту должность уже 28 лет, по сути должен быть уникальным человеком. Женщины таких специалистов не рожают, и ни в каких вузах их не готовят. Готовятся они здесь – в нашем «котле», в нашей службе, в процессе управления полетами. И, чтобы человеку стать руководителем полета, ему надо начинать здесь. Не должно быть приходящего варяга. Здесь нужен свой человек, который вместе с нами прошел снизу доверху инженерную часть, изучил текущие работы. А эти работы становятся все более сложными и ответственными.

Начиная с Алексея Елисеева у нас появилось такое кредо: будущий руководитель полета обязательно должен слетать в космос. Хотя бы один раз. Для чего? Для того

чтобы вписаться в эту ауру, в эту обстановку, понять, что это за работа, понять, чем дышит и живет космонавт. То есть обязательно почувствовать ту сторону. После того, как он возвратится из космоса, его можно назначать на должность руководителя полета. Правда, сначала заместителем, как и было у Владимира Алексеевича с тогдашним руководителем полета Валерием Рюминим. Должен быть именно такой плавный переход, потому что нельзя вырывать растение и сажать его в другую почву – не примется. Аккуратно все надо делать.

Вот Владимир Алексеевич прошел все эти стадии, так же как Алексей Елисеев и Валерий Рюмин.

Человеку, который становится руководителем полета, не позавидуешь. Кто-то сказал, что эта должность напоминает сапера, сидящего на mine и знающего, что та может в любой момент взорваться, если пошевелнешься. В моем представлении управление полетом – это опасное занятие. Судите сами: система сложна в управлении, колоссальное количество людей, на борту тоже люди, надежность техники и людей не равна 100%. И в любое время либо одно, либо другое, либо третье может подбросить нештатную ситуацию!

В.Л.: На Владимире Алексеевиче висит огромная ответственность: он отвечает за дорогостоящую и уникальную материальную часть, которая находится на орбите, а главное – за жизни космонавтов!

В.Б.: И за судьбу своего коллектива. Подготовка человека для управления полетом – это длинная история. И очень сложная. Это получается уникальная штатная единица.

Руководитель полета должен не только знать, как работает «Земля», как работает «Борт», как работает на борту экипаж и автоматика, но и уметь этим пользоваться. Это приходит с годами. Очень трудно освоить одну вещь – принимать решения. Должен быть какой-то природный дар. А Владимиру Алексеевичу постоянно приходится принимать решения: маленькие, средние, большие, громадные, ответственные, рискованные. Вся его жизнь в этом.

В своей работе руководитель полета должен выработать четкий алгоритм действий при принятии решений. Сам алгоритм уже подготовлен историей развития службы управления полетом. Когда полет проходит нормально, то решения принимаются просто: кончился этап – надо на него посмотреть, все ли успели сделать, и перенести на следующий этап, если что-то «вывалилось». И неспроста при штатном полете Владимир Алексеевич не всегда обязан быть в Центре управления полетами. Но если вдруг случается нештатная ситуация, то тут никто решений за него принять не может. Это прерогатива только руководителя полета. При этом за решение он отвечает, как говорится, своей головой. Самое сложное, где концентрируется вся мощь интеллекта такого специалиста, это принятие решений в нештатных ситуациях. Алгоритм действий при этом выработан такой. Сначала надо остановить развитие нештатной ситуации. К примеру, прибор, который отказал, заменить на резервный, если видно, что станция начинает «сыпаться» из-

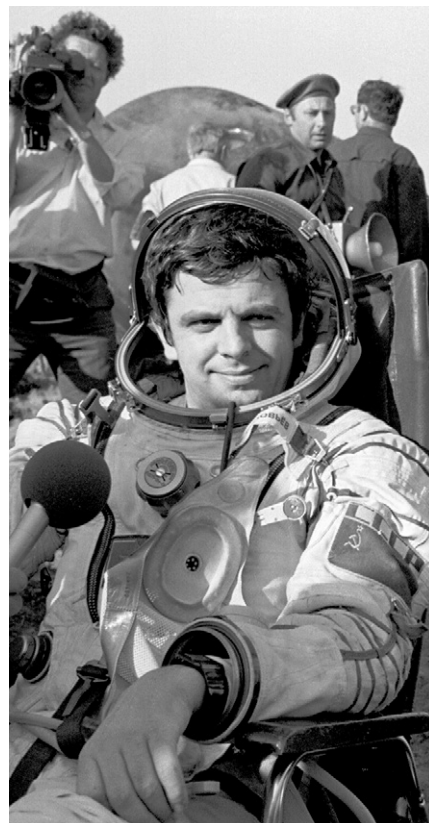
за его отказа. Вся техника резервируется, а некоторые критические функции – троюруются. Причем желательно, чтобы резервирование делалось на разных принципах.

После того как развитие нештатной ситуации остановлено, следующий шаг – это понять, сколько времени доступно на разбирательства, на обсуждение, на беседы со специалистами, на подготовку принятия решения и на само решение. Если ты заменил отказавший прибор резервным, то доступного времени много, так как трудно представить, что второй прибор так же быстро откажет и обстановка снова станет угрожающей. А если, допустим, течет давление из отсека? Это уже было с модулем «Спектр» орбитального комплекса «Мир» в июне 1997 г. Там располагаемое время было не более десяти минут!

Иными словами, располагаемое время – это «капитал» руководителя полета, и он должен в этих пределах выполнить свою функцию, не перерасходовать его. Это наиболее сложно. Нужно еще учесть, что есть рассмотренные нештатные ситуации, по которым имеются инструкции, как из них выходить, а есть нерассмотренные, где инструкций попросту нет. И тогда все идет экспромтом, и оступиться можно каждую минуту. И прежде всего тут надо оценить, насколько опасна эта ситуация для экипажа и станции.

После того, как руководитель полета принял решение по устранению нештатной ситуации, он может выдохнуть и спокойно контролировать его выполнение в принятые сроки. И здесь подчеркну, что руководитель полета не имеет права занимать эту должность, если он психологически неустойчив, потому что он не сможет принять решение. Он, как «буриданов осел», может погибнуть в процессе принятия решения, долго выбирая,

▼ Владимир Соловьёв после своей первой посадки





направо ему пойти или налево. Или в спешке примет неправильное решение.

Когда у руководителя полета есть инструкция, все бумаги, вся телеметрия и все специалисты, ему надо уметь организовать процесс. Но может произойти так, что какой-то информации будет не хватать, и тогда руководителю полета надо быть готовым к тому, чтобы принять решение с некоторой долей риска, не имея полной информации. Что здесь помогает? Помогает то, что ты много лет работаешь по этой теме. В твоей голове набралась информация критического объема, которая способствует принятию решения при отсутствии полной информации о нештатной ситуации, на основе интуиции. И твой мозг мгновенно находит наиболее оптимальный вариант, не глядя в инструкции, бумаги и телеметрию.

В.Л.: Руководитель полета должен обладать такими же качествами, как летчик: находчивостью, быстрым анализом того, что происходит, умением оперативно диагностировать нештатную ситуацию и быстротой принятия решения. Показательным примером для Владимира Алексеевича здесь является разгерметизация модуля «Спектр» комплекса «Мир». Располагаемое время там составляло минуты: такой ситуации раньше

▼ С Леонидом Кизимом перед вторым полетом



не было, она не рассматривалась и даже не предполагалась. И вот Владимир Алексеевич тогда нашел решение: вспомнил все, что нужно для этого, дал экипажу единственно правильные рекомендации и тем самым спас комплекс. Если бы не его работа, если бы он тогда не встал за пульт и не начал бы давать рекомендации таким звенящим и прерывающимся голосом, то экипаж мог бы погибнуть при падении давления ниже допустимого и мог бы погибнуть комплекс, в который потом уже невозможно было бы войти и его оживить. Я представляю, какое у него было в этот момент напряжение. По тембру его голоса было видно, что спокойствие для него дорогого стоит. Вот такие личные человеческие качества нужны.

В.Б.: Да, случай со «Спектром» характерен для Владимира Алексеевича, где все его качества выложились и привели к успеху. Там сильно падало давление. Когда космонавты расстыковывали разъемы между переходным отсеком базового блока и модулем «Спектр», чтобы закрыть крышкой люк в пробитый модуль, то сказали, что часть разъемов кабелей найти не могут. Владимир Алексеевич дал им указание резать кабели. Это было против инструкции. Он взял на себя ответственность: черт с ними с кабелями, с возможным коротким замыканием, главное, чтобы люди остались живы.

В.Л.: Личные качества очень важны в профессиональной деятельности Владимира Алексеевича. Он сверхответственный человек: и когда был космонавтом, он отличался особой ответственностью и надежностью, и когда стал руководителем полета. И в жизни он такой же. Владимир Алексеевич выполняет сложнейшую и ответственную работу. Он обладает знаниями и способностью быстро соображать, оценивать многопараметрическую ситуацию. Он надежен. Ему доверяют – и он не раз оправдывал это доверие.

Руководитель полета должен знать столько же, сколько знает космонавт, и уметь решать задачи по сложности не меньше, чем решает космонавт в полете. Но

при этом Владимир Алексеевич еще должен управлять большим коллективом на Земле, заниматься административными делами, постоянно участвовать в различных научно-технических советах.

– Как Владимир Алексеевич относится к своим коллегам и как они отзываются о нем?

В.Б.: Коллеги отзываются о нем очень уважительно. И Владимир Алексеевич также относится к коллегам с уважением и корректностью. Бывают, конечно, единичные выколотые точки, как он сам говорит. Это когда уже невозможно быть корректным, потому что человек ведет себя неподобающим образом. И тут лучше всякую корректность отбросить.

В.Л.: Тем не менее он отличается удивительной сдержанностью. Не многие обладают такой корректностью.

В.Б.: И такой ровный подход у него абсолютно ко всем подчиненным. Это касается и тех моментов, когда человек попадает в трудную ситуацию, заболевает, и нужна какая-то операция или наблюдение у хороших специалистов. Я не помню такого случая, чтобы Владимир Алексеевич хоть раз отказал в подобной ситуации. Он всегда найдет выход, как помочь. Есть показательный пример, как он помог специалисту, с которым был, мягко говоря, не дружен. У того обнаружился рак. Владимир Алексеевич нашел клинику, договорился – человека туда поместили на лечение. И сейчас специалист здравствует и работает в службе управления.

В.Л.: Для своих коллег Владимир Алексеевич – большой авторитет. Все знают, что он может решить любой трудный вопрос.

В.Б.: Он непререкаемый авторитет и как идеолог. Когда в конце 1990-х годов у РКК «Энергия» появилась новая задача по управлению спутниками связи «Ямал», то Владимир Алексеевич принял решение не просить руководство дать ему новых людей, а набрать из имеющихся отделов службы управления, поручить им разобраться с новыми объектами, провести тренировки и приступить к управлению спутниками. Не был взят ни один новый человек, и имевшиеся специалисты справились с новой задачей.

И хотя поначалу коллегам казалось, что его решения спорные, но со временем они убеждались, что решения были дальновидными и правильными.

– Какие ситуации в его космических полетах наиболее полно продемонстрировали знания и опыт юбиляра?

В.Л.: Ему в полетах поручались самые сложные операции. К примеру, на станции «Салют-7» это был ремонт объединенной двигательной установки (ОДУ). Ему пришлось вскрыть агрегатный отсек снаружи станции, добраться до негерметичной магистрали и выполнить ее сложный ремонт. На все это потребовалось шесть выходов в открытый космос.

В.Б.: Все знают, что Владимир Алексеевич был проектантом ОДУ. И, как шутят, он ее разрабатывал, писал инструкцию по ее эксплуатации для экипажей, читал им лекции по ней и принимал экзамены, не будучи космонавтом, а потом, став космонавтом, полетел на станцию ее ремонтировать. Его судьба как бы постоянно крутилась вокруг ОДУ. Но

поскольку он был профессионально подготовлен по этой системе, то и профессионально справился с ее ремонтом.

В.Л.: Стоит вспомнить и межорбитальные перелеты со станции «Мир» на станцию «Салют-7» и обратно. Это тоже были сложные операции, которые делались впервые в мире. Тогда на «Салюте-7» вместе с Леонидом Кизимом он выполнил два выхода для развертывания большой фермы.

В.Б.: Эту ферму надо было проверить на устойчивость, так как она представляла собой трубчатую конструкцию, раскладываемую в космосе. Кизим забрался на верх фермы, а Соловьёв остался у ее основания. И Кизим раскачивал ферму туда-сюда.

В.Л.: Это было, прямо скажем, не по инструкции...

В.Б.: Но они все сделали аккуратно, раскачивали сначала слабо, потом сильнее. Наверняка Владимир Алексеевич был хорошо знаком с конструкцией фермы будучи на Земле и понимал, что это безопасно. В результате была получена дополнительная информация о жестких характеристиках фермы.

– Владимир Алексеевич уже много лет очень плотно взаимодействует с партнерами по программе МКС. Как вы охарактеризуете это взаимодействие?

В.Б.: Общее ощущение такое, что с американской стороны он настроен работать в несколько жестком ключе. Ряд его реплик и отзывов об этом взаимодействии свидетельствует, что у него, похоже, сложилось впечатление, что наши американские коллеги, как правило, преследуют свою выгоду. Это приходится иметь в виду. И его отношение к ним вполне адекватно их собственному подходу. По-другому – никак.

Американская сторона является интегратором всех партнеров по проекту МКС. За это она отвечает юридически. А что такое интегратор? Это не только тот, кто заставляет всех партнеров работать синхронно, но и тот, кто обеспечивает каждому из них соблюдение их интересов. Тем не менее нашим американским коллегам надо отдать должное: если им логично объяснить и убедить фактами, то они воспринимают наши доводы и учитывают их при выработке решения. Они воспитаны на том, что каждая ситуация должна быть промоделирована на

компьютере. Да, это страшает от ошибок, но работать так очень-очень сложно. Не всегда есть такая возможность. И в этом у нас с ними разные подходы.

В.Л.: Нужно сказать, что Владимир Алексеевич в общении с партнерами всегда твердо стоит на защите наших интересов. И это тоже надо уметь делать.

– А что юбиляр больше всего не приемлет в людях?

В.Б.: В моем понимании, больше всего он не терпит необязательность коллег. Он не называет подчиненных подчиненными, он всех называет коллегами. Так вот, если кто-то опоздал на совещание на 10–15 минут, а все уже сидят, начали обсуждать вопрос, то он может сделать тому замечание. Ведь четкость особенно важна для нас, когда все расписано по минутам и секундам. И если человек опаздывает на совещание, то потом он может, не дай бог, опоздать выдать команду...

В.Л.: Владимир Алексеевич еще не терпит такой необязательности, когда человек не торопится сделать работу в заранее оговоренные сроки.

В.Б.: Ему, естественно, не нравится, когда люди этим пренебрегают. Это значит, что его указания человек ставит ниже, чем какие-то свои личные вещи. Это не понравится любому руководителю. У Владимира Алексеевича все четко: он не будет молчать – наоборот, обязательно объяснит тому человеку в воспитательных целях, что тот не прав.

В.Л.: По отношению к нему чувствуешь себя обязанным быть обязательным, потому что он сам, если что-то обещал, того и придерживается.

– Как юбиляр отдыхает, чем увлекается?

В.Б.: Для человека такой профессии надо не только обладать хорошим здоровьем, но и уметь его сохранять и поддерживать. Он любит горные лыжи, увлекается подводным плаванием. Можно рассмотреть и дачу как его хобби. Там всегда полно дел, требующих и творческого подхода, и грубого физического труда. Но и там он всегда на связи: у него есть телефон, есть своя машина. В случае острой необходимости за ним всегда может приехать служебная машина – это недалеко отсюда. И уже через полчаса Владимир Алексеевич будет здесь.

А пока он едет, мы по связи согласовываем с ним наши действия, готовим телеметрию и рекомендации, разыскиваем людей.

В.Л.: Владимир Алексеевич в машине всегда работает, разговаривает по мобильному телефону, решая срочные вопросы.

– Какое участие Владимир Алексеевич принимает в обучении нового поколения инженеров?

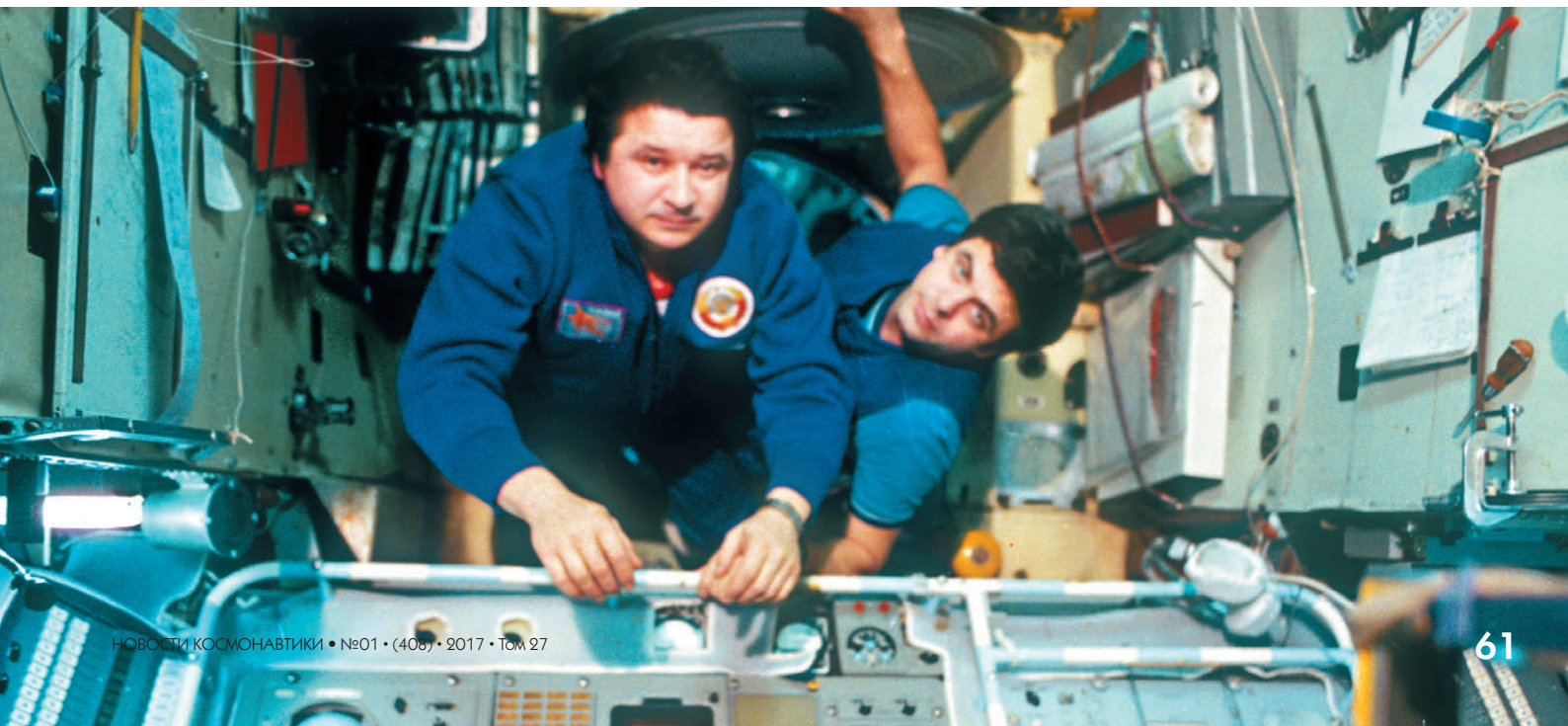
В.Л.: В МГТУ имени Н.Э.Баумана Владимир Алексеевич заведует кафедрой СМ-3 «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов». На ней три основные специализации: «Управление полетом автоматических и пилотируемых космических аппаратов»; «Проектная баллистика ракет и космических систем»; «Аэродинамика ракет и космических транспортных систем». Третий студентов курса, а это примерно десять человек, готовятся к управлению полетом. К нам на работу из них потом приходят многие.

Владимир Алексеевич организует работу кафедры и читает студентам лекции. Студенты слушают его лекции с интересом. Они знают, кто их преподаватель. Его лекции живые и сопровождаются свежими примерами из опыта управления. Со временем меняются космические программы, совершенствуются задачи и методы управления, появляются новые средства управления. Все это отражается в его лекциях.

В.Б.: В свое время Владимир Алексеевич попросил меня создать экспозицию из 23 плакатов на тему истории службы управления, условно названную «Звездные дороги ГОГУ (Главной оперативной группы управления)». На них показано, как образовалась ГОГУ, как выглядела, как развивалась, какие задачи решала и какие у нее были достижения. Так вот, мы подарили эти плакаты кафедре СМ-3, чтобы студенты видели и понимали, куда мы их зовем на работу.

Коллектив редакции НК и читатели журнала поздравляют Владимира Алексеевича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья, бодрости духа, веселого настроения, успешной и плодотворной работы на благо нашей Родины!

Подготовил А. Красильников





Тяжелое начало программы «Союз»

И. Афанасьев, Д. Воронцов специально для «Новостей космонавтики»

Пятьдесят лет назад, 28 ноября 1966 г., был выведен на орбиту КА «Космос-133» – первый прототип космического корабля 7К-ОК, ставшего родоначальником огромного семейства пилотируемых «Союзов».

Необходимость создания нового корабля на замену одноместному «Востоку» (ЗКА) руководству и ведущим специалистам королёвского ОКБ-1 стала очевидной еще до полета Юрия Гагарина. Для решения перспективных задач требовался более совершенный и безопасный аппарат, обладающий расширенными возможностями, увеличенным ресурсом систем, удобный для работы и комфортный для жизни экипажа. Требовалось обеспечить более щадящие режимы спуска и большую точность посадки. Для повышения научной и прикладной «котдачи» нужно было увеличить численность экипажа, введя в его состав узких специалистов – врачей, инженеров, ученых. Кроме того, корабль предполагалось оснастить системой стыковки, которая считалась необходимой для сборки орбитальных станций и межпланетных комплексов.

Летом 1959 г. ОКБ-1 начало поиск облика перспективного пилотируемого аппарата. В частности, в отделе №9 Михаила Клавдиевича Тихонравова велись работы по маневрирующему кораблю «Север» и одноименной орбитальной станции, но в 1961 г. этот проект (как и другие, более амбициозные разработки типа тяжелого межпланетного корабля ТМК) был закрыт – основной стала тема «Союз».

В 1961–1962 гг. Подлипки с участием смежных организаций вели поисковые работы по выбору методики и способов решения задачи стыковки на околоземной орбите; при этом специалисты рассматривали различные системы управления движением, средства сближения и стыковки, определяли облик двигательных установок, радиосредств и антенн, систем электропитания и управления бортовым комплексом, терморегулирования и жизнеобеспечения, изучали размещение и организацию рабочих мест космонавтов.

После обсуждения целей и задач нового изделия решили разработать достаточно универсальный аппарат, пригодный как для околоземных полетов, так и для облетных лунных миссий. В 1962 г. проект, получивший название «Комплекс сборки космических аппаратов на орбите спутника Земли» (шифр «Союз»), сконцентрировался на задаче выполнения облета Луны пилотируемым многоместным космическим кораблем.

Помимо решения прикладных задач и освоения новых технологий, к новому пилотируемому кораблю предъявлялось и политическое требование – сохранить первенство в космосе. Дело в том, что 25 мая 1961 г. американский президент Джон Кеннеди на объединенной сессии двух палат Конгресса сделал историческое заявление о начале реализации проекта высадки человека на Луну «до конца этого десятилетия». В рамках полномасштабного развертывания программы Apollo специалисты NASA высказали мнение о необходимости создать «промежуточный» корабль Gemini, на котором отработать технологии управляемого спуска в атмосфере, маневрирования, встречи и стыковки на орбите, а также длительной – до двух недель – пребывания в космосе.

«Ответственные товарищи» в ЦК и Совмине увидели в Gemini угрозу, которую следовало срочно парировать.

Пилотируемый элемент комплекса, состоявшего из изделий 7К, 9К и 11К, получил название «корабль», шифр 7К и имя собственное «Союз». Принципиальным его отличием от предшественников была возможность стыковки с другими аппаратами комплекса (разгонным блоком 9К и орбитальными танкерами-заправщиками 11К), полета на большие (вплоть до орбиты Луны) расстояния, входа в земную атмосферу со второй космической скоростью и посадки в заданном районе территории Советского Союза. Отличительной чертой «Союза» стала компоновка – он состоял из трех отсеков: бытового (БО), приборно-агрегатного (ПАО) и спускаемого аппарата (СА).

Такое решение позволило обеспечить приемлемый обитаемый объем для экипажа из двух-трех человек без существенного роста массы конструкции корабля. Дело в том, что СА «Востоков» и «Восходов», покрытые слоем теплозащиты, содержали системы, нужные не только для спуска, но и для орбитального полета. Вынеса последние в другие отсеки, не имеющие тяжелой теплозащиты, проектанты смогли заметно сократить объем и массу СА и значительно увеличить общий обитаемый объем без резкого роста массы корабля в целом.

Сферический «востокский» СА на «Союзе» превратился в «фару»: обладая сегментально-конической формой, при выборе определенной центровки он ле-

тел в атмосфере с балансировочным углом атаки. Несимметричное обтекание порождало подъемную силу и давало аппарату «аэродинамическое качество». У «Союза» оно не превышало 0.25–0.30, но им можно было сравнительно несложно управлять, и, по сравнению с баллистическим спуском, характерным для «Востока», оно позволяло более чем на порядок (с 300–400 км до 5–10 км) повысить точность приземления и вдвое-втрое (с 8–10 до 3–5 единиц) снизить перегрузки при спуске, делая посадку гораздо более комфортной.

В ходе последующих событий комплекс «Союз» не был реализован в первоначальном виде, но стал родоначальником многочисленных проектов пилотируемых кораблей различного назначения. Первым был 7К-Л1 (известен под открытым названием «Зонд»), запускаемый на тяжелой ракете УР-500К в облет Луны.

Поскольку этот вариант не требовал выполнения встречи и стыковки на околоземной орбите, комплекс «Союз» в целом утрачивал лунное предназначение, из-за чего в конце 1964 г. Сергей Павлович Королёв принял предложение проектантов своего ОКБ отработать стыковку (она наверняка пригодится в будущем) с помощью двух пилотируемых кораблей 7К. В начале 1965 г. он выступил на Научно-техническом совете (НТС) Госкомитета по оборонной технике (ГКОТ) с новой программой работ по «Союзу». Программа была одобрена, и орбитальная модификация 7К-ОК наряду с 7К-Л1 получила «путевку в жизнь».

Решение НТС имело принципиальное значение для развития тематики ОКБ-1: оно учитывало, что проект завершен, проведена увязка корабля с ракетой-носителем, выущен основной комплект конструкторской документации и ведется изготовление материальной части, то есть уже создан определенный задел. Вскоре были утверждены уточненные тактико-технические требования на изделие.

Согласно выпущенному проекту, 7К-ОК предназначался для полета по околоземной орбите экипажа в составе от одного до трех человек. Аппарат выполнялся в «активном» и «пассивном» вариантах, которые обеспечивали взаимный поиск, сближение и стыковку (механическое соединение) двух пилоти-

руемых кораблей. Второй задачей, которую предстояло решить, была отработка перехода экипажа из одного корабля в другой через открытый космос, что вытекало из предстоящей лунной миссии Н-1 – Л-3. При этом космонавты должны были надевать скафандры только для выхода в космос, а в остальное время работать в полетных костюмах.

В 1965 г. проектные работы по 7К-ОК сосредоточились в отделе №93 под руководством Ивана Савельевича Прудникова, но к ним привлекались и специалисты, которые вели разработки на ранней стадии. После отстранения от работы по программе УР-500К – Л-1 заместитель начальника отдела, начальник сектора Константин Петрович Феоктистов также сосредоточился на корабле 7К-ОК. «Он собрал нас и сказал: "Я, конечно, понимаю, что вы все хотите делать Л-1, но у нас еще 7К-ОК есть, который сейчас выходит на испытания. Сейчас он на контрольно-испытательной станции (КИС), и у него еще масса недоработок по системам. Потом еще предстоит летные испытания. Кто хочет, пусть остается на Л-1, кто хочет быть со мной – давайте переходить на орбитальный корабль", – вспоминал один из проектантов «Союза» Валентин Николаевич Бобков.

В мае 1965 г. отдел №93 выдал исходные данные для выпуска рабочей документации по кораблю 7К для полетов по околоземной орбите (изделие 11Ф615). Аппарат сохранил первоначальное название темы – «Союз» – и разрабатывался при жестких лимитах массы (не более 6400–6500 кг на орбите) из-за ограниченных возможностей ракеты-носителя. Размеры БО и СА выбирались исходя из имеющегося оборудования, которое применялось при производстве СА «Востока», но с учетом объема двух жилых помещений, достаточного для экипажа при наличии минимума необходимых систем, – все остальное выносилось в герметичный приборный отсек. Двигательная установка с запасом топлива располагалась в негерметичном агрегатом отсеке. Для наведения и сближения кораблей с дальности примерно 20–30 км служила радиотехническая система «Игла», использующая соответствующие комплекты антенн.

В начале 1966 г. начался отбор космонавтов для летных испытаний нового корабля. Василий Павлович Мишин, исполнявший в тот момент обязанности руководителя ОКБ-1, сделал в своем дневнике запись, датированную 22 января 1966 г., о формировании пяти экипажей 7К-ОК в составе: Гагарин и Воронов, Николаев и Артюхин, Комаров и Колодин, Быковский и Матинченко, Хрунов и Заикин.

20 апреля 1966 г. у министра общего машиностроения Сергея Александровича Афанасьева состоялось совещание. В. П. Мишин отметил: «Приняты предложения по 7К-ОК... Первые полеты решено проводить поэтапно: корабли № 1 и 2 – беспилотные, со снятой системой сближения и стыковки «Игла», а корабли № 3 и 4 – пилотируемые».

4 мая того же года в дневнике появилась запись о расширении программы 7К-ОК и, в частности, об использовании кораблей для экспериментов по искусственной тяжести. 15 июня В. П. Мишин сделал доклад по со-

стоянию работ над 7К-ОК на Военно-промышленной комиссии.

22 июля наметился весьма напряженный график первых запусков «Союзов»: в начале октября должна была полететь первая пара, до 7 ноября планировалось запустить вторую, а до 1 января 1967 г. – третью.

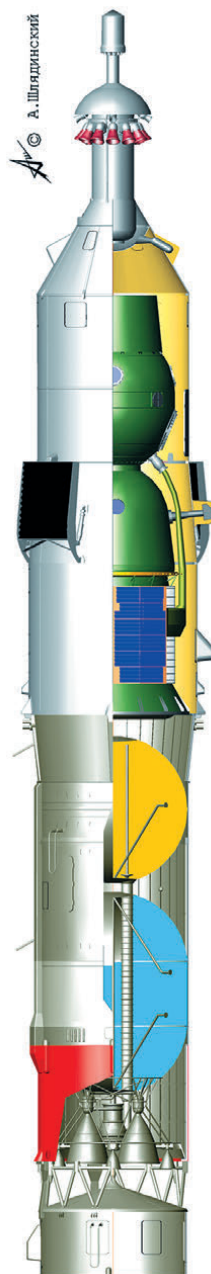
31 августа 1966 г. состоялось совещание по 7К-ОК, на котором председатель Государственной комиссии по летным испытаниям пилотируемых кораблей Керим Алиевич Керимов отметил: «Принимается ответственное решение. Мы по-настоящему сейчас приступаем к 7К-ОК. И 7К-ОК – не «Восток!»»

Учитывая важность темы и сжатые сроки, в конце 1966 г. на базе проектного (№93) и конструкторского (№15) отделов Центрального конструкторского бюро экспериментального машиностроения* (ЦКБЭМ) были образованы проектно-конструкторские отделы: №211 – по кораблю (начальник Григорий Григорьевич Болдырев) и №212 – по спускаемому аппарату (Андрей Георгиевич Решетин). Общее руководство работами осуществляли Константин Давыдович Бушуев и Павел Владимирович Цыбин.

В 1965–1966 гг. велась комплексная отработка посадки СА, включая морские испытания для проверки устойчивости и условий пребывания экипажа на плаву. Велась также отработка аварийного покидания, проводились сбросы на грунт и воду аппарата с манекенами в амортизационных креслах для испытаний на прочность и определения условий переносимости перегрузок. Проверка парашютного участка посадки выполнялась при межведомственных самолетных испытаниях. Их координацию и контроль осуществляли управление ВВС, Летно-исследовательский институт, привлекались подразделения Черноморского флота. Техническое руководство испытаниями осуществлял заместитель главного конструктора ЦКБЭМ Яков Исаевич Трегуб.

Из семи сбросов два оказались неудачными. В ходе испытаний был установлен и затем устранен серьезный дефект: сливаемые остатки перекиси водорода двигательной установки системы управления спуском пережигали стропы и ткани запасного парашюта. Три зачетных сброса проводились на основной парашютной системе (два на грунт, один на воду), а два – на запасной.

* Так с 6 марта 1966 г. стало называться преобразованное ОКБ-1.



▲ Третья ступень РН с головным блоком 7К-ОК

По совокупности результатов СА со средствами посадки был допущен к летно-конструкторским испытаниям, которые для нового корабля начались неудачно...

Поскольку к концу 1965 г. были готовы прототипы системы «Игла», было решено провести попытку стыковки уже при запуске первой пары 7К-ОК.

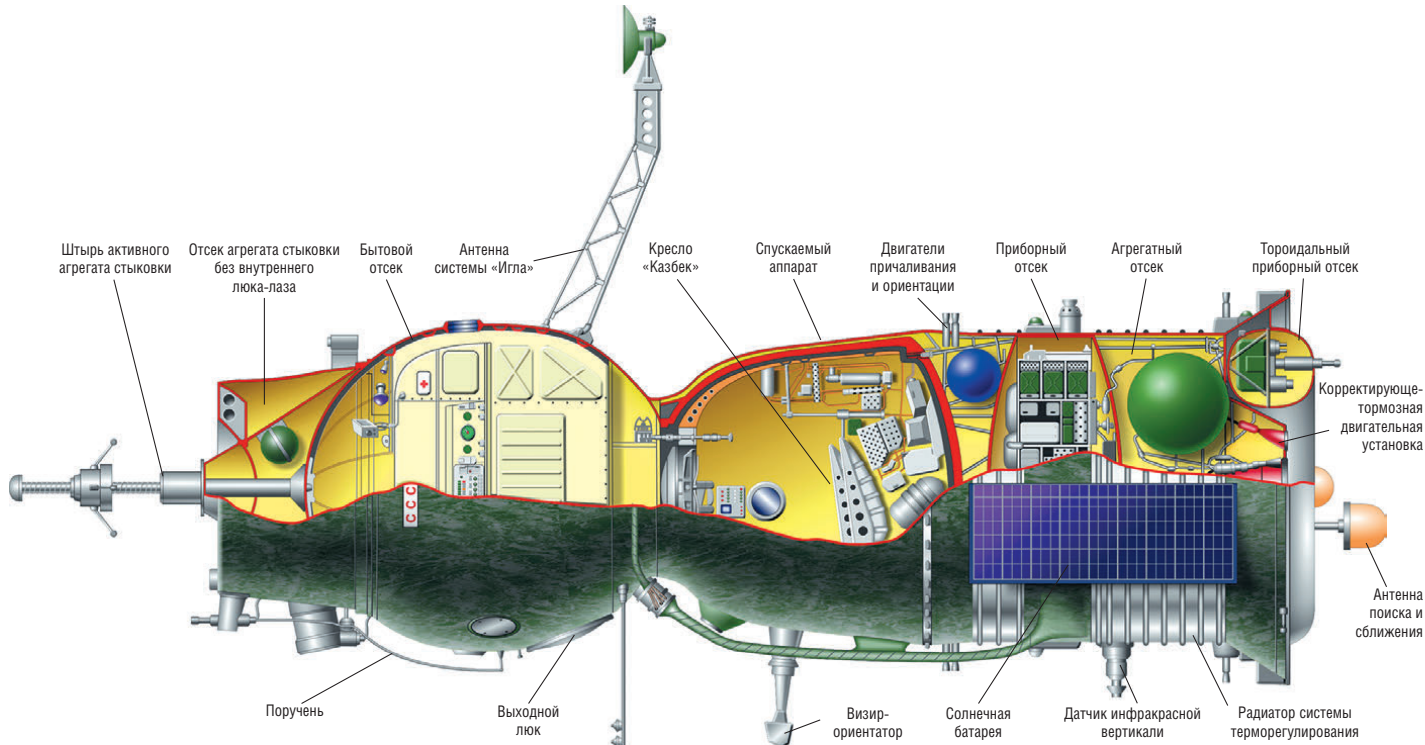
Надо отметить, что производство первых «Союзов» для подготовки к началу летных испытаний шло ускоренными темпами. ЦКБЭМ вело наземные испытания и отработку в круглосуточном режиме и зачастую без выходных. Как вспоминал Борис Евсеевич Черток, «фактически испытания [первого корабля] проводились... 112 дней, или 2240 часов. В их процессе было обнаружено 2123 дефекта в приборах, кабелях, документации. Потребовалось произвести 897 доработок. Разбор замечаний и устранение дефектов из общего баланса отняли 600 часов...» При этом работы шли не очень гладко – случались ошибки, приводившие к выходу из строя приборов и систем корабля.

В октябре 1966 г. на технической позиции космодрома Байконур находились два беспилотных корабля 7К-ОК – «пассивный» (№1) и «активный» (№2). Первым должен был стартовать №2. Предполагалось, что через сутки к нему будет запущен №1, после чего должна была состояться стыковка.

27 октября состоялось совещание у Д. Ф. Устинова, на котором с докладом «О ходе работ по 7К-ОК» от ОКБ-1 выступил В. П. Мишин. Министры оборонной промышленности С. А. Зверев и авиационной промышленности П. В. Дементьев доложили о поставках соответствующего оборудования и аппаратуры. Начальник Центрального управления космических средств (ЦУКОС) Министерства обороны А. Г. Карась доложил о готовности воинских частей и командного комплекса.

На первый взгляд, летно-конструкторские испытания 7К-ОК можно было начинать, однако с самого начала все пошло не по плану. Вновь обратимся к мемуарам Б. Е. Чертока: «Несмотря на титаническую работу, проделанную в КИСе, на космодроме за два месяца подготовки к первому полету выявили еще три сотни новых дефектов и сотни замечаний к документации...»

Представляется, что на исход первого полета в большей степени повлияли две принципиальные ошибки. Первая, как вспоминал В. Н. Бобков, была связана с «гениальным решением», которое К. П. Феоктистов принял буквально в цехе. «Дело было так. При сборке выяснилось, что двигатели причаливания и ориентации, которые стояли в центре масс корабля и управляли смещени-



ем вдоль оси Z и вращением по крену, имели очень небольшой угол наклона к плоскости солнечных батарей. Расчеты «аэродинамиков» и «тепловиков» ЦКБЭМ выявили очень сильный нагрев солнечных батарей при работе этих двигателей.

Что делать? Надо увеличивать угол установки двигателей. Константин Петрович решил: «А зачем нам что-нибудь переделывать? Давайте мы «перекинем» двигатели, а косые кронштейны, на которых они установлены, автоматически увеличат угол отворота от солнечных батарей». Это не составляло особого труда: кое-что чуть-чуть подогнуть в трубопроводах, чтобы они подошли, немного подкорректировать длину кабеля (это вообще не проблема). Все было бы замечательно, но... При этом крен поменял знак: если раньше пересечение осей двигателей было на вертикальной оси, то, когда их перевернули, точка пересечения стала на горизонтальной. Об этом мы, конечно, подумали и тут же сказали, что нужно изменить логику в приборе блока включения двигателей причаливания и ориентации. И разработчикам системы сближения и стыковки это было сообщено», – рассказывал В. Н. Бобков.

Ответственный по системе сближения «Игла» и по всем блокам сопряжения с ней «воспринял» это указание, но... ушел в отпуск и соответственно не проконтролировал доработку прибора. И сработал один из законов Мёрфи: «То, что может быть понято неправильно, рано или поздно так и будет понято». Получилось так, что уже в логике блока было заложено, что управление по крену ошибочно: вместо того, чтобы ликвидировать вращение, двигатели увеличивали его еще больше. Испытания двигателей причаливания и ориентации, проводившиеся на полигоне на установке «Платформа», ошибку не выявили.

Вторую принципиальную ошибку допустило ОКБ-23 А. М. Исаева: при установке дублирующего тормозного двигателя инженеры перепутали каналы рысканья и тангажа. «Мы в техническое задание написали одно, а они восприняли совсем по-другому: они смотрели на корабль не с той стороны – и тоже не выявили, что сопла «тангаж–ры-

сканье» включаются не так», – прокомментировал ситуацию Валентин Николаевич.

Первый беспилотный «Союз» на первой ракете 11А511 был запущен 28 ноября 1966 г. с площадки №31 космодрома Байконур. Неожиданности начались уже при выведении. «Мы смотрели запуск из степи: солнечный день, видимость хорошая, – описывал В. Н. Бобков начало первой миссии нового корабля. – Ракета улетела, все нормально. Едем в гостиницу, чтобы оттуда попасть на площадку, где должен быть В. П. Мишин. Подъезжаем... К нам бежит наш человек из радиоотдела, и кричит: «Идите быстрее! Что-то упало сверху (чуть ли не на гостиницу), когда ракета улетела. У меня в номере лежит...»

В гостинице специалисты ЦКБЭМ обнаружили сорванный скоростным напором сферический блистер, который закрывал на головном обтекателе перископический визир ВСК. Далее события развивались следующим образом. Когда В. П. Мишину доложили об оторванном блистере, он удивился: «Не может быть!» Когда же ему продемонстрировали упавший с неба артефакт, его охватила тревога: «А что же случилось? Ведь там же при выведении скоростной напор, через эту дыру на боковой поверхности... Что он там наделает? Ведь там же, наверное, всю экранно-вакуумную теплоизоляцию (ЭВТИ) в ключья... И теперь что же будет? Срочно давайте анализ, как повлияет это все на корабль...»

К этому времени обтекатель уже был давно сброшен и корабль находился в космосе. «Уже поступило подтверждение, что корабль на орбите, а мы занимаемся анализом того, что же натворил этот оторванный блистер, – продолжает В. Н. Бобков. – В этот момент началось не то гашение остаточных скоростей после отделения от носителя, не то тест двигателя перед включением... Входит Б. Е. Черток и говорит: «Да бросьте вы заниматься этим блистером – тут корабль раскрутился по крену ужасным образом...»

Телеметрия показывала, что 7К-ОК №2 практически неуправляем по каналу крена: система управления, пытаясь парировать моменты, возникшие при отделении от ракеты-носителя и раскрытии солнечных ба-

тарей и антенн, за один виток вокруг Земли закрутила аппарат до скорости два оборота в минуту – и израсходовала всю перекись, предназначенную для двигателей причаливания и ориентации.

Тут уже было не до стыковки. Запуск корабля №1 отменили; все озботились лишь тем, как проверить остальные системы и посадить корабль №2, объявленный через ТАСС под безликим названием «Космос-133». Испытания при выключенной системе ориентации показали, что остальная аппаратура работает вполне удовлетворительно. Хотя выполнение основной задачи полета – стыковки двух кораблей – сорвалось, разработчикам очень хотелось проверить режим управляемого спуска в атмосфере и мягкой посадки. Однако в данном случае невозможно было включить маршевый двигатель: стабилизация корабля при его работе осуществляется микродвигателями причаливания и ориентации, а они работали нештатно (да и топливо в их баке почти закончилось).

Оставалось уповать на дублирующий двигатель, который имеет собственные сопла управления, использующие газ, отработанный в турбонасосном агрегате. Однако при тесте дублирующего двигателя корабль развернулся по тангажу и курсу в противоположном направлении по отношению к заданным командам...

Возникла идея выставить ориентацию с помощью микродвигателей малой тяги и включать основной двигатель порциями, выключая его, как только корабль начнет заваливаться по крену, чтобы снова восстановить ориентацию. Предполагалось набрать необходимый импульс как сумму из многих «тормозных порций». Говорить о точности посадки в таком режиме было сложно, но во всяком случае оставалась надежда проверить систему управления спуском.

Почти двое суток продолжались описанные выше операции. В итоге сход с орбиты на 34-м витке начался, но корабль... исчез: ни один наземный пункт управления, ни один радиолокатор средств ПВО страны его не видел. Поскольку СА перешел на очень пологую траекторию спуска, в итоге намечался огромный перелет – вместо казахстанской степи

корабль летел куда-то в Америку. Сработала система аварийного подрыва – и обломки первого «Союза» упали в Тихий океан в районе Марианской впадины.

Запуск пассивного корабля (№1), который должен был совершить автономный полет для проверки эффективности проведенных мероприятий по доработке, был назначен на 14 декабря 1966 г. Попытка пуска ракеты закончилась трагедией. В конце предстартовой подготовки носителя в момент зажигания произошло аварийное отключение двигателей (не сработало пирозажигательное устройство одной из камер бокового блока). С ракеты было снято электропитание, но через 27 минут после отмены пуска из-за отсутствия блокировок неожиданно сработала двигательная установка (ДУ) системы аварийного спасения (САС). Уводимая часть головного обтекателя улетела, СА благополучно приземлился в степи, а на ракете возник пожар. Он закончился взрывом полностью заправленного носителя, приведшим к человеческим жертвам и разрушениям на стартовой площадке №31.

По воспоминаниям В. Н. Бобкова, события развивались следующим образом. После аварийного отключения двигателей ракета оставалась на старте. Несмотря на обесточивание носителя, гироскопы системы управления продолжали вращаться («работали на выбеге»). Далее, из-за отсутствия питания они стали заваливаться на опоры и замкнули концевые контакты*. Автоматика САС восприняла ситуацию как нештатную – выход ракеты за предельно допустимые углы тангажа – и сформировала команду на увод СА с «гибнущего носителя».

В это время под ракетой работали люди – испытатели и представители Куйбышевского филиала ЦКБЭМ, которые осматривали «боковушку», давшую сигнал на аварийное отключение двигателей. Среди них был ведущий конструктор по носителю Михаил Фёдорович Шум. Он вспоминал: «Вскоре после того, как мы начали работать, что-то вспыхнуло – и сверху раздался грохот: сработал основной двигатель САС. Мы ничего не поняли, но осознали, что дело плохо и надо побыстрее уходить со старта. Совсем не помню, как я выбрался, от старта побежал и пришел в себя только у КПП, когда меня остановил часовой. Он посмотрел на меня и сказал: «А где же твой ботинок?» Оказывается, я пробежал эту гигантскую дистанцию в одном ботинке – второй потерял где-то в заледенелой степи... Солдат мне дал рукавицу, я ее надел на ногу и так дошел до гостиницы...» Как грустно пошутил В. Н. Бобков, «так был установлен неофициальный мировой рекорд скорости среди ведущих конструкторов по носителю!»

После срабатывания ДУ САС от струй газа, ушедших в оставшуюся часть головного обтекателя, загорелся теплоноситель, который лился из разорванной магистрали, соединяющей приборно-агрегатный отсек с уводимой частью корабля. От пожара «кванули» перекисные баки в переходнике «Союза». Пожар стремительно развивался, и че-

* По другой версии, система управления, работавшая на автономном питании, со временем среагировала... на вращение Земли вокруг своей оси.

рез некоторое время взорвалась вся ракета. Над стартом повисло грибовидное облако, напоминающее ядерный взрыв.

Со слов В. Н. Бобкова, «после отбоя старта из бункера к ракете вышел В. П. Мишин со всей своей командой. Они увидели срабатывание САС и начало пожара. Наготове стоял «крафик», чтобы в случае чего уехать: шофер завел мотор и... удрал. Команда бежала за ним с криками: «Подожди! Подожди!» Василий Павлович потом рассказывал: «Я вижу, что надо или уходить в бункер, или уезжать в «крафике». Возникло оцепенение – ноги не шли...»

В результате аварии площадка №31 была значительно повреждена. Не обошлось без жертв: два солдата и офицер задохнулись в нижних этажах стартового сооружения, куда их направили проверить состояние после взрыва...

Для продолжения летных испытаний необходимо было провести по крайней мере еще один беспилотный запуск. Как отмечено в дневнике В. П. Мишина, 15 декабря 1966 г. было решено переделать корабль №3 в беспилотный для автономного полета, сняв с него систему «Игла» и демонтировав систему обеспечения жизнедеятельности, кресла экипажа и вообще все, что связано с космонавтами.

Спустя еще два дня на совещании у Главкома РВСН маршала Николая Ивановича Крылова были доложены мероприятия, обеспечивающие продолжение летных испытаний. В своем докладе К. А. Керимов отметил: «1. [Необходимо] немедленно... восстановить площадку 31 с использованием оборудования площадок 317/2 и 317/3 [космодрома Плесецк]. 2. Дооборудовать площадку №1 для пусков 7К-ОК до 16 января 1967 г. Готовность старта площадки №1 – 18 января 1967 г., дата пуска – 20 января 1967 г.». Была отмечена также необходимость «пересмотреть идеологию САС при старте».

После доработок запуск следующего беспилотного корабля состоялся только 7 февраля 1967 г. со стартового комплекса площадки №1. Корабль 7К-ОК №3 совершал двухсуточный автономный полет под именем «Космос-140». Попытка сориентироваться на Солнце для штатного функционирования системы электропитания не прошла: солнечный датчик «дурил»... Ориентацию, нужную для спуска на 33-м витке, удалось построить с трудом. Торможение прошло нормально, спуск был баллистическим, и посадка была выполнена с большим недолетом. Через четыре часа поисков корабль обнаружили на льду Аральского моря в 3 км от берега.

Вертолеты спасателей уже приближались, когда неожиданно спускаемый аппарат погрузился в воду и затонул. Уникальная подъемно-спасательная операция, длившаяся четверо суток, позволила установить негерметичность дюралюминиевого днища СА: по мере погружения разогретого после спуска корабля в лед через отверстие внутрь корпуса набралась вода. Причину негерметичности установили, собрав по кусочкам остатки теплозащитного экрана: на плазменном участке спуска в лобовом щите возник локальный прогар из-за выпадения технологической асбестокерамической пробки,

которая закрывала одно из шести отверстий под толкатели и узлы связи с ПАО. Поток раскаленного газа прошел через лобовой щит и прожег оболочку СА. Произошла разгерметизация.

Специалисты ЦКБЭМ вместе со смежниками провели тщательный анализ результатов летных испытаний. Был поставлен вопрос: следует ли пускать еще один беспилотный корабль или можно переходить к пилотируемым полетам? На итоговом совещании, проведенном у В. П. Мишина с участием широкого круга специалистов, большинство присутствующих выступили за пилотируемый испытательный полет, несмотря на многочисленные отказы в первых пусках. Довод был такой: космонавт вполне заменит автоматическую систему ориентации, если откажут датчики – он сделает это с помощью визира-ориентатора. Началась подготовка к пилотируемому запуску... но это уже другая история.

В целом все основные и вспомогательные задачи первоначальной программы 7К-ОК (управляемый спуск в атмосфере, стыковка на околоземной орбите в беспилотном и пилотируемом вариантах, переход космонавтов из корабля в корабль через открытый космос, первые рекордные автономные полеты на длительность) удалось решить в течение пяти лет (1966 – 1970) на 16 кораблях «Союз», восемь из которых запускались в пилотируемом варианте. Далее на базе конструкции и компоновки 7К-ОК создавались новые корабли, тем самым было образовано целое семейство легендарных «Союзов».

