

МЫ БЫЛИ ПЕРВЫМИ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ДАЛЬНЕМ КОСМОСЕ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
АО «РОССИЙСКИЕ
КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»
**Андрей Евгеньевич
Тюлин**



ГЛАВНЫЙ
НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК
АО «РОССИЙСКИЕ
КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»
**Евгений Павлович
Молотов**



ЗАМЕСТИТЕЛЬ
ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА –
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ КОНСТРУКТОР
ПО НАЗЕМНЫМ СИСТЕМАМ
И КОМПЛЕКСАМ
АО «РОССИЙСКИЕ
КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»
**Сергей Анатольевич
Ежов**



ГЛАВНЫЙ
НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК
АО «РОССИЙСКИЕ
КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»
**Арнольд Сергеевич
Селиванов**



НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛЕНИЯ
АО «РОССИЙСКИЕ
КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»
**Владимир Михайлович
Ватутин**



ЗАМЕСТИТЕЛЬ ДИРЕКТОРА
ПРОЕКТОВ АО «РОССИЙСКИЕ
КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»
**Александр Викторович
Круглов**



Рождение первых искусственных спутников Земли под руководством главного конструктора ОКБ-1 С.П. Королева, ознаменовавшее начало космической эры, происходило при важной роли НИИ-885 (в настоящее время АО «Российские космические системы»), которое разработало передающие устройства первых спутников.

К моменту начала космических исследований с помощью космических аппаратов (далее – КА) в Советском Союзе наибольшим опытом использования радиотехнических систем для управления ракетами дальнего действия имел НИИ-885. Поэтому естественным образом исследование дальнего космоса – Луны, Марса, Венеры –

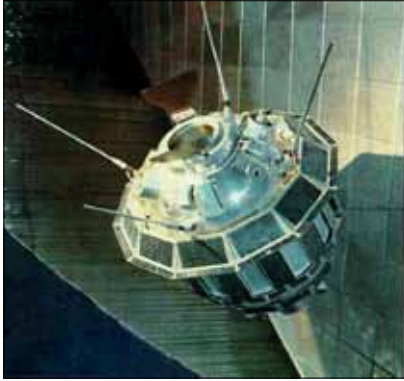
осуществлялось с участием НИИ-885, обеспечивавшим создание систем управления дальними КА.

В 1959 году к Луне были запущены две лунные станции – «Луна-1» и «Луна-2». Станция «Луна-1» прошла мимо Луны и стала первым искусственным спутником Солнца. Станция «Луна-2» впервые совершила жесткую посадку на поверхность Луны, доставив туда вымпел страны.

Прицеливание этих станций для попадания в Луну осуществляла система радиуправления ракетой-носителем Р7.

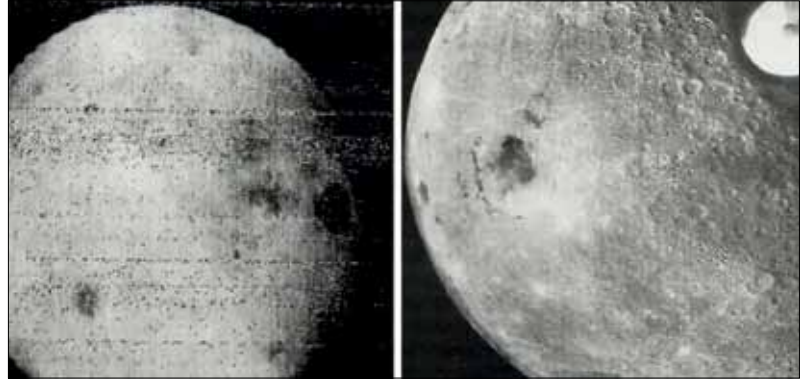
Для контроля полета первых лунных станций в Крыму, на горе Кошке вблизи пос. Симеиз, была созда-

1



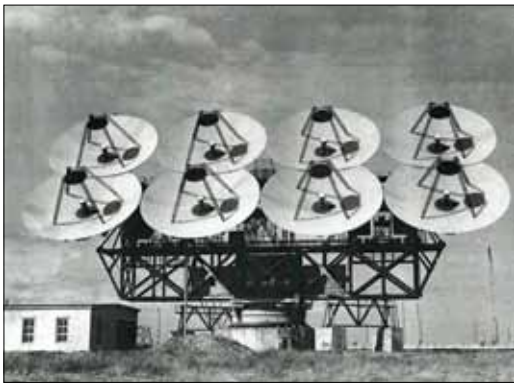
АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛУННАЯ СТАНЦИЯ «ЛУНА-3»

2



СНИМОК ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ (1959 ГОД, 1965 ГОД)

3



АНТЕННА АДУ-1000

4

НАЗЕМНЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «САТУРН-МСД»
В ВОСТОЧНОМ ЦЕНТРЕ ДАЛЬНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ
В УССУРИЙСКЕ. АНТЕННА П400

на контрольная станция. Она осуществляла траекторные измерения лунных станций и прием с них телеметрической информации.

В этом же году была запущена к Луне станция «Луна-3» (рис. 1). Она впервые произвела облет Луны, осуществила фотографирование ее обратной стороны и передала фотографию на Землю (рис. 2). Для управления ее полетом контрольная станция в Крыму была оснащена аппаратурой выдачи команд, и дополнительно вторая аналогичная станция слежения была создана на Камчатке (НИП-6).

Так начали действовать первые станции слежения за дальними КА.

После фотографирования обратной стороны Луны аппаратура станции слежения, расположенная вблизи пос. Симеиза, была перенесена в пос. Школьное вблизи г. Симферополя (создан объект НИП-10).

Начало исследований планет Солнечной системы в Советском Союзе было положено запуском космических станций «Венера-1» – в 1961 году и «Марс-1» – в 1962 году. Связь со станцией «Венера-1» поддерживалась на расстоянии до 23 млн км, со станцией «Марс-1» – до 104 млн км. При этом был получен опыт радиосвязи с КА на сверхдальних расстояниях.

Для управления дальними КА (далее – ДКА) в специально созданном СКБ-567 под руководством Е.С. Губенко были разработаны бортовые аппаратные комплексы «Венера» и «Марс», а также наземный радиотехнический комплекс (далее НРТК) «Плутон», установленный в г. Евпатории.

Для работы был выбран дециметровый диапазон радиоволн – 770 МГц на запрос и 921 МГц на ответ.

При этом в составе комплекса «Плутон» были созданы и использовались три антенны АДУ-1000 (рис. 3). В каждую из них входило 8 16-метровых антенных зеркал, сигналы с которых суммировались. Мощность передатчика – 60 кВт. Комплекс «Плутон» обеспечивал прием телеметрической информации (далее ТМИ) на скоростях от 1 до 64 бит/с, точность траекторных измерений составляла по дальности 400 м, по скорости 100 мм/с. Аппаратура комплекса «Плутон» была построена на радиолампах.

Для определения траектории полета КА на приземном участке полета с большей точностью и за более короткое время НИИ-885 под руководством М.И. Борисенко были разработаны 3 станции приземного контроля. Эти станции с 8-метровыми антеннами были установлены в гг. Евпатории, Щелкове и Уссурийске. Они вместе с НРТК «Плутон» образовали первый наземный комплекс управления ДКА (далее – НКУ ДКА).

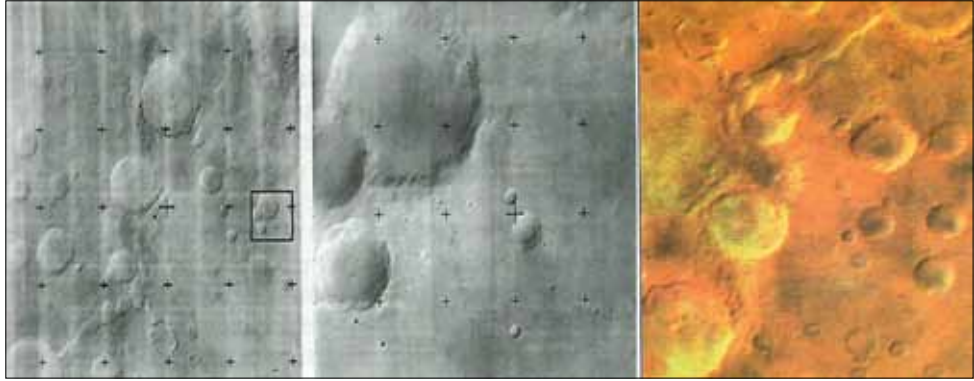


5



АНТЕННА П200П

6



ФОТОГРАФИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАРСА (ЧЕРНО-БЕЛЫЕ И ЦВЕТНАЯ), ВЫПОЛНЕННЫЕ АМС «МАРС-5»

7



ПЕРВЫЕ ПАНОРАМЫ ПОВЕРХНОСТИ ВЕНЕРЫ, СНЯТЫЕ АМС «ВЕНЕРА-9» И «ВЕНЕРА-10»

8



НРТК «КВАНТ-Д» В Г. ЕВПАТОРИИ. АНТЕННА П-2500

Позднее в составе комплекса «Плутон» с использованием его средств был создан планетный радиолокатор, позволявший при проведении экспедиций к планетам Солнечной системы уточнять их положение.

С целью расширения фронта исследований в дальнем космосе и обеспечения единого руководства разработкой радиотехнической аппаратуры управления ДКА в 1963 году правительством страны было принято решение об объединении предприятий НИИ-885 и СКБ-567.

Следующий запуск ДКА «Венера-2» и «Венера-3» был осуществлен в 1965 году. В составе станции «Венера-3» был предусмотрен спускаемый аппарат (далее – СА) для проведения исследований в атмосфере Венеры. Станция «Венера-2» прошла на расстоянии 24 тыс. км от Венеры, а СА станции «Венера-3» впервые совершил жесткую посадку на поверхность Венеры.

Исследование атмосферы Венеры с помощью СА впервые успешно осуществила космическая станция «Венера-4», запущенная в 1967 году. Сигнал с СА принимался наземным комплексом в течение полутора часов.

За это время СА преодолел в атмосфере Венеры 25 км и был раздавлен на высоте 20 км от поверхности, где давление превышало 18 атмосфер, а температура достигала 270° С.

В 1970 году была запущена космическая станция «Венера-7». Основной задачей станции была мягкая посадка СА на поверхность Венеры. Аппаратура СА была доработана, чтобы выдержать температуру более 500° С и давление до 100 атмосфер на поверхности планеты.

СА ДКА «Венера-7» впервые совершил мягкую посадку на поверхность планеты и передал сведения о полном температурном профиле атмосферы.

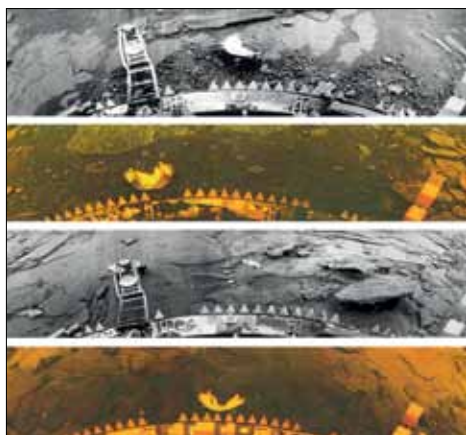
Плотность атмосферы у поверхности оказалась в 60 раз больше, чем на Земле. Основная составляющая атмосферы Венеры – углекислый газ.

К 1971 году в вопросах подготовки наземных и бортовых средств радиокomплекса управления дальними КА был принят и реализован ряд революционных решений:

- вывод на орбиту ДКА стал осуществляться мощным носителем «Протон» (а не Р7), обеспечившим увеличение веса полезной нагрузки и, следовательно, количества научных приборов, что привело к расширению объема проводимых исследований в дальнем космосе;
- для удовлетворения новых повышенных требований к радиокomплексу управления в состав НКУ ДКА в дополнение к имеющемуся Западному центру дальней космической связи в г. Евпатории был вве-

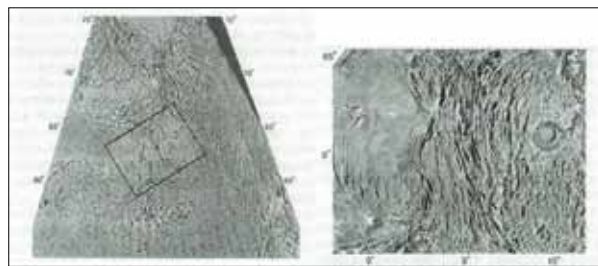


9



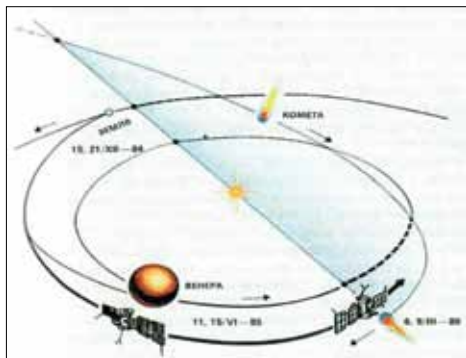
ПЕРВЫЕ ЦВЕТНЫЕ ПАНОРАМЫ ПОВЕРХНОСТИ ВЕНЕРЫ, СНЯТЫЕ АМС «ВЕНЕРА-13» И «ВЕНЕРА-14»

10



ФОТОКАРТА ГОР МАКСВЕЛЛА И ОКРУЖАЮЩЕЙ ОБЛАСТИ ВЕНЕРЫ. УКРУПНЕННЫЙ ФРАГМЕНТ КАРТЫ С КРАТЕРОМ КЛЕОПАТРЫ

11



КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ С ПРОЛЕТНОГО АППАРАТА (ПА)

12



АЭРОСТАТНЫЙ ЗОНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЕНЕРЫ

ден Восточный центр дальней космической связи в Уссурийске на базе вновь разработанного НРТК «Сатурн-МСД» (рис. 4), обладающего более высокими техническими параметрами чем «Плутон»;

- бортовой радиотехнический комплекс был доработан таким образом, чтобы осуществлять ретрансляцию сигналов СА на Землю через бортовую остронаправленную антенну, что позволило резко увеличить поток информации, передаваемой с СА (например, вместо 64 бит/с на космической станции «Венера-7» – 3 кбит/с на станциях «Марс-6» и «Венера-9»).

НРТК «Сатурн-МСД», разработанный НИИ-885 в период 1968–1970 годов, имел в своем составе две радиолинии: работающую в дециметровом диапазоне, когерентную, используемую для управления КА, и работающую в сантиметровом диапазоне, некогерентную, используемую для приема научной информации.

Частота запросного канала составляла 770 МГц. Частоты ответных каналов: дециметрового – 920 МГц; сантиметрового – 5100 МГц.

Высокий энергетический потенциал НРТК «Сатурн-МСД» был обеспечен за счет использования вновь построенной антенны П400 с диаметром зеркала 32 м

и эффективной площадью 400 кв. м, а также применения в качестве входных приемных устройств мазеров с низкой собственной температурой шумов – ≤ 8 К.

Передающая антенна П200П (рис. 5) имела диаметр зеркала 25 м; мощность передатчика составляла 80 кВт. Аппаратура НРТК «Сатурн-МСД» была выполнена на интегральных микросхемах, что позволило значительно сократить ее объем.

Точность траекторных измерений по сравнению с НРТК «Плутон» была увеличена: по дальности вместо 400 м она составила 100 м, по скорости вместо 100 мм/сек – 5 мм/с.

Скорость передачи ТМИ была увеличена до 3 кбит/с, а при передаче фотоизображений – до 6 кбит/с.

В 1971 году были запущены и выведены на орбиту спутника Марса космические станции «Марс-2» и «Марс-3».

СА ДКА «Марс-3» впервые совершил мягкую посадку на поверхность Марса, и с нее в расчетное время в течение 20 с на Земле принимался сигнал, ретранслированный через орбитальный аппарат «Марс-3». Используя компьютерную обработку принятого сигнала СА ДКА «Марс-3», удалось получить фрагмент панорамы марсианской поверхности. С помощью научной аппаратуры



13

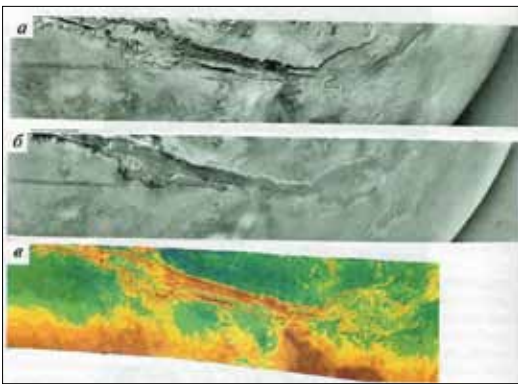


СНИМОК КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ

14

СНИМОК СПУТНИКА МАРСА ФОБОСА,
ПОЛУЧЕННЫЙ АМС «ФОБОС-2»

15

ПАНОРАМЫ ПОВЕРХНОСТИ МАРСА,
СНЯТЫЕ ПРИБОРОМ «ТЕРМОСКАН»

16



ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НРТК «ФОБОС»

орбитальных комплексов КА «Марс-2» и «Марс-3», в течение длительного времени производились дистанционные исследования Марса: температуры, рельефа поверхности, состава и строения атмосферы, магнитного поля и ионосферы планеты. Давление у поверхности Марса составило 5–10 мбар.

Кроме того, была измерена величина солнечного излучения, попадающего на поверхность планеты. Уровень освещенности оказался достаточным для проведения телевизионной съемки.

В 1973 году к Марсу были запущены 4 автоматические межпланетные станции: «Марс-4», «Марс-5», «Марс-6» и «Марс-7».

«Марс-4» с пролетной траектории и «Марс-5» с орбиты спутника Марса с помощью фототелевизионного устройства провели высококачественное фотографирование поверхности планеты с использованием различных объективов и светофильтров. Впервые были синтезированы цветные снимки поверхности Марса (рис. 6).

На Марсе были обнаружены ранее неизвестные образования, аналогичные Земным – долины, русла рек и горы. Это свидетельствовало о том, что когда-то на Марсе климат был значительно теплее, и по его поверхности текли многочисленные реки.

Был проведен ряд других дистанционных исследований поверхности планеты. Измерялись температура, теплопроводность, структура и состав грунта, а также химический состав атмосферы.

СА ДКА «Марс-6» совершил спуск на парашюте в атмосфере с высоты 20 км до поверхности. Впервые были произведены прямые измерения химического состава атмосферы Марса, а также давления, температуры и других параметров.

В 1975 году были запущены станции нового поколения «Венера-9» и «Венера-10». Эти станции впервые были выведены на орбиты искусственных спутников Венеры с высотой 1600 км и периодом обращения около двух суток. СА станций совершили мягкую посадку на невидимой с Земли освещенной стороне Венеры.

Совершенно новую задачу решили СА этих станций, впервые передав на Землю по широкополосным радиопередачам с время-импульсной модуляцией (ВИМ) изображения поверхности Венеры вблизи места посадки (рис. 7).

В процессе спуска СА с большой точностью измерялись параметры атмосферы Венеры: температура, давление, плотность, по доплеровским измерениям изучалась динамика атмосферы. С орбиты спутников велись



длительные исследования излучения поверхности планеты в различных диапазонах, была проведена фотосъемка облачного слоя Венеры.

На борту станций «Венера-9», «Венера-10» был установлен новый радиотехнический комплекс 4В2, позволивший при передаче научной информации и панорамных изображений поверхности Венеры ретранслировать сигналы СА через аппаратуру спутника и остронаправленную антенну по сантиметровому радиолучу.

Эти сигналы принимались наземными комплексами «Плутон» в г. Евпатории, «Сатурн-МСД» в г. Уссурийске и «Сатурн-МС (ЛЗ)» в г. Симферополе. Время посадки СА было выбрано в соответствии с общей зоной видимости этих комплексов.

Для выполнения новой программы получения цветных фотопанорам с поверхности Венеры требовалось использование радиолуча с информативностью 64 кбит/с (увеличение в 10 раз).

Для осуществления этих и последующих перспективных космических программ необходимо было создать, взамен существовавших НРТК «Плутон» и «Сатурн-МСД», НРТК нового поколения для Западного и Восточного центров дальней космической связи. В качестве такого НРТК был разработан комплекс «Квант-Д» и уникальная антенна П-2500 с диаметром зеркала 70 м (рис. 8).

На тот период антенна П-2500 была самой большой в мире, так как большие антенны, используемые в США, а также антенны, разрабатываемые ОКБ МЭИ, имели диаметр зеркала 64 м.

Антенна П-2500 разрабатывалась НИИ-885 как приемопередающая полноповоротная антенна для управления ДКА, а также для использования в составе планетного радиолокатора и была приспособлена для размещения двух сверхмощных передатчиков.

Другие параметры НРТК «Квант-Д» имели на то время также рекордные значения.

Основные технические решения в НРТК «Квант-Д» и антенне П-2500 были защищены авторскими свидетельствами.

НРТК «Квант-Д» имел две радиолучи: дециметровую – 39 см на запрос, 32 см на ответ и сантиметровую – 6 см на запрос, 5 см на ответ.

Обе радиолучи были когерентными и имели одинаковую структуру сигналов и виды модуляции. За счет этого дециметровая и сантиметровая радиолучи могли полностью дублировать одна другую, что обеспечивало высокую надежность управления КА. На борту станций был установлен новый радиотехнический комплекс МРК, также работающий в дециметровом и сантиметровом диапазонах и обеспечивающий передачу научной и телеметрической информации со скоростью до 64 кбит/с с использованием сверточного кода.

В НРТК «Квант-Д» совместно с бортовой радиосистемой были реализованы следующие точности траекторных измерений в СМ-диапазоне: по дальности – 20 м, по скорости – 2 мм/с.

На первом этапе НРТК «Квант-Д», работающий в дециметровом диапазоне, был установлен только в г. Евпатории и использован для приема информации со спус-

каемых аппаратов «Венера-13» и «Венера-14», основной задачей которых было получение цветных изображений поверхности Венеры.

Станции «Венера-13» и «Венера-14» были запущены в 1981 году. В марте 1982 года СА станций совершили мягкую посадку на поверхность Венеры на расстоянии 1000 км один от другого в районах с различными характеристиками рельефа, а станции были выведены на орбиты спутников Венеры.

Впервые передача цветного панорамного изображения и ТМИ при спуске СА происходила на скорости 64 кбит/с с ретрансляцией сигналов через орбитальные аппараты (рис. 9).

В процессе спуска СА с высокой точностью производились измерения параметров атмосферы.

С помощью новых научных приборов, установленных на СА, был проведен эксперимент по определению химического состава венерианского грунта, который оказался близким к некоторым земным базальтам.

С помощью плотномера были исследованы физико-механические свойства грунта. Исследования, проведенные спутниками Венеры, позволили установить, что облака Венеры в основном состоят из концентрированной серной кислоты.

Задачей следующей экспедиции к Венере было радиолокационное картографирование планеты, получение детальной топографической карты приполярных областей северного полушария. При этом скорость потока передаваемой на Землю научной информации должна была значительно возрасти (до 100 кбит/с). Необходимо было соответственно поднять энергетический потенциал радиолуча передачи научной информации. Для этого почти на метр был увеличен диаметр бортовой остронаправленной антенны, увеличена мощность бортового передатчика.

Аппаратура комплекса «Квант-Д» была доработана для приема информации со скоростью 100 кбит/с. Для этого была введена приемная радиолуча сантиметрового диапазона, доработан ряд приборов. Для устранения ошибок при регистрации принятой научной информации было введено предварительное кодирование этой информации перед регистрацией на цифровом магнитофоне. Возникающие ошибки устранялись при воспроизведении. Это обеспечило высокую достоверность принятой информации (не хуже $1 \cdot 10^{-5}$). Основным каналом приема научной информации в сеансах связи была антенна П-2500 в г. Евпатории. В качестве резервного канала использовалась аппаратура и антенна ТНА-1500 с диаметром зеркала 64 м, созданные ОКБ МЭИ в Медвежьих озерах (Московская область). Для создания карты Венеры на 95% использовалась информация, принятая в г. Евпатории. При выполнении программы на каждом витке принималась и регистрировалась научная информация в объеме $100 \cdot 10^6$ бит.

В процессе выполнения программы картографирования ДКА «Венера-15», «Венера-16» в 1983–1984 годах было снято 25% площади Венеры (до широты 30° северного полушария), в том числе сделана фотокарта кратера Клеопатры (рис. 10).

Созданные карты Венеры имели разрешение от 1 до 2,7 км.



Одновременно с картографированием был проведен еще ряд экспериментов.

Следует отметить, что после ввода в эксплуатацию в г. Евпатории антенны П-2500 с аппаратурой комплекса «Квант» на базе этой антенны, передатчиков и другой аппаратуры был создан планетный радиолокатор, работавший сначала в дециметровом диапазоне, а позднее в сантиметровом. В обоих случаях мощность передатчиков в непрерывном режиме составляла 200 кВт.

Планетный радиолокатор осуществлял необходимые измерения дальности до Венеры, Марса и Меркурия в процессе выполнения всех космических программ исследования дальнего космоса.

В рамках следующей космической программы «Вега» (название – сокращение сочетания «Венера – комета Галлея») должны были решаться несколько важных научных задач:

- исследование особенностей атмосферной циркуляции и уточнение параметров венерианского облачного покрова с помощью дрейфующих аэростатных зондов (АЗ);
- дальнейшее изучение атмосферы и поверхности Венеры с помощью СА;
- комплексные исследования кометы Галлея с пролетного аппарата (ПА) (рис. 11).

Для выполнения этих задач были значительно доработаны бортовая и наземная аппаратура комплекса радиуправления КА. В г. Уссурийске в 1985 году были введены антенна П-2500 и НРТК «Квант-Д». В составе аппаратуры АЗ был разработан высоконадежный малогабаритный передатчик мощностью 4,5 Вт, работающий в диапазоне 18 см.

Для обеспечения непрерывного приема сигналов с дрейфующих в атмосфере Венеры АЗ была создана международная глобальная радиоинтерферометрическая сеть из 6 отечественных и 14 самых крупных зарубежных радиотелескопов, обеспечивавших траекторные измерения АЗ. Все участвующие в эксперименте радиотелескопы были оснащены облучателями, приемными устройствами в диапазоне 18 см и аппаратурой регистрации сигналов АЗ.

Из-за малого уровня мощности сигналов с АЗ, принимаемых на Земле, их обработка в реальном времени была невозможна. Поэтому обработка сигналов АЗ велась цифровыми методами в течение длительного времени после окончания эксперимента.

Запуск космических станций «Вега-1» и «Вега-2» был осуществлен в декабре 1984 года. СА космических станций совершили мягкую посадку на поверхность Венеры в районах, отстоящих друг от друга на 1500 км, в июне 1985 года. В это же время произошло отделение АЗ от КА. В процессе спуска СА производилось исследование атмосферы, а после посадки СА – исследование венерианского грунта. Исследование атмосферы Венеры производилось так же с помощью АЗ (рис. 12). Посадка СА производилась в общей зоне видимости гт. Евпатории и Уссурийска. Сигналы СА ретранслировались через ПА на Землю и принимались обоими комплексами «Квант-Д».

В результате аэростатного эксперимента была окончательно подтверждена суперротация атмосфе-

ры Венеры, обнаружены воздушные массы с существенно различными параметрами, получены новые данные о микроструктуре облачного слоя, исследованы изменения скорости ветра в атмосфере Венеры.

Скорость ветра в атмосфере, измеренная по скорости дрейфа АЗ составила 69 м/с для «Вега-1» и 66 м/с для «Вега-2».

ПА станций «Вега-1» и «Вега-2» 6 и 9 марта 1986 года прошли на расстоянии 8890 км и 8030 км соответственно от ядра кометы Галлея и произвели фотографирование и другие исследования кометы.

Данные о взаимном положении космических станций и ядра кометы позволили с большой точностью определить траекторию движения кометы. Эти данные были использованы при управлении западноевропейским КА «Джотто» и позволили осуществить его пролет на расстоянии 605 км от ядра кометы. Прием научной информации производился двумя комплексами «Квант-Д» со скоростью 64 кбит/с.

Всего со станций «Вега-1» и «Вега-2» было принято около 1500 фотоизображений кометы (рис. 13).

В результате обработки полученной информации было выявлено, что ядро кометы Галлея представляет собой сильно запыленную ледяную глыбу с размерами 14×7,5 км, испещренную кратероподобными образованиями, медленно вращающуюся с периодом около 53 ч. Температура поверхности составляла от +3 до +130° С. Компоненты первичного вещества кометы – вода и двуокись углерода.

Каждую секунду из ядра выбрасывалось от 5 до 10 т пыли. Были зарегистрированы пылинки с массой от 10^{-16} до 10^{-6} г. Был определен химический состав пыли.

Методом двухчастотного радиопросвечивания исследовалась кометная плазма и ее взаимодействие с солнечным ветром.

В 1986 году были запущены космические аппараты «Фобос-1» и «Фобос-2» для продолжения исследования Марса.

Проект «Фобос» представлял собой многоцелевую программу, предусматривавшую комплексное исследование объектов Солнечной системы: Марса, его спутника Фобоса, Солнца и межпланетного пространства.

При подготовке к выполнению программы «Фобос» были модернизированы НРТК «Квант-Д» в гт. Евпатории и Уссурийске.

Полностью выполнить программу «Фобос» не удалось из-за гибели КА. Но, несмотря на то, что целевая задача программы не была выполнена, в процессе перелета КА и работы на орбите спутника Марса КА «Фобос-2» были получены ценные научные результаты:

- проведены исследования Солнца и космического пространства;
- получено подтверждение гипотезы о том, что имевшаяся на Марсе вода и его атмосфера были «сдуты» солнечным ветром, что стало возможным из-за отсутствия на Марсе магнитного поля;
- проведены наблюдения гамма-всплесков;
- получены фотоснимки Фобоса в новых ракурсах, открывшие ранее неизвестные его области (рис. 14);



17



ПАНОРАМНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ. СТАНЦИЯ «ЛУНА-9»

18



ЛУНОХОД-1. ПАНОРАМА ЛУНЫ. ПУНКТ УПРАВЛЕНИЯ ЛУНОХОДОМ

19



ЛУННАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ «ЛУНА-16». КОНТЕЙНЕР С ЛУНЫМ ГРУНТОМ ПОСЛЕ ПРИЗЕМЛЕНИЯ

- уточнена орбита Фобоса;
- с помощью сканирующего радиометра «Термоскан», разработанного в НИИ-885, проведены сравнительные исследования поверхности Марса в тепловой и видимой областях спектра;
- получен ряд параллельных панорам, охватывающих значительные области Марса с высоким пространственным разрешением (1,8 км) (рис. 15);
- получены карты тепловой инерции марсианской поверхности.

В процессе подготовки к выполнению космической программы «Фобос-Грунт» ФГУП «Российский научно-исследовательский институт космического приборостроения» (правопреемник НИИ-885) создало в г. Уссурийске в 2009 году НРТК нового поколения «Фобос» (рис. 16), работающий в X-диапазоне частот, определенном для использования в дальнем космосе, и предназначенный для управления полетами автоматических КА, исследования дальнего космоса с помощью научных аппаратов на высокоэллиптических орбитах и КА для исследования Луны.

В аппаратных средствах НРТК «Фобос» использована современная элементная база, в том числе специализированные процессоры цифровой обработки сигналов, программируемые интегральные схемы с высокой степенью интеграции. Это позволило значительно сократить объем аппаратуры, автоматизировать управление комплексом, сократить численность обслуживающего персонала и расходы по эксплуатации комплекса.

Для восстановления ресурса используемой в комплексе антенны П-2500 на ней были проведены капитальные ремонтно-восстановительные работы.

Структура сигналов НРТК «Фобос» соответствует рекомендациям международных стандартов CCSDS и ESA.

Технические характеристики НРТК «Фобос» значительно улучшены по сравнению с НРТК «Квант-Д». Так, точность траекторных измерений НРТК «Фобос» по дальности составляет 3 м вместо 20 м у НРТК «Квант-Д», а по скорости – 0,3 мм/с вместо 2 мм/с.

На базе аппаратуры НРТК «Фобос» ФГУП «РНИИ КП» в 2010 году был создан установленный на полигоне Байконур НРТК «Спектр-Х» с антенной ТНА-57 (диаметр зеркала – 12 м).

Этот комплекс предназначен для работы с ДКА на приземном участке полета и с КА на вытянутых эллиптических орбитах вокруг Земли.

Аппаратура комплексов «Фобос» и «Спектр-Х» была установлена также на пункте «Медвежьих озера».

К сожалению, запуск ДКА «Фобос-Грунт» оказался неудачным, вследствие чего программа исследований с его помощью была не выполнена.

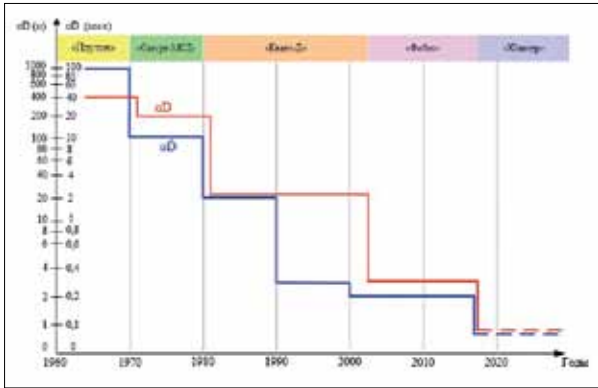
Следует отметить, что параллельно с обеспечением исследований в дальнем космосе с участием ФГУП «РНИИ КП» (с 2015 года АО «Российские космические системы») был продолжен цикл исследований Луны, а также исследования с помощью научных космических лабораторий, запускаемых на вытянутые эллиптические орбиты спутников Земли.

Мягкая посадка на поверхность Луны была осуществлена станцией «Луна-9» в 1966 году. Она впервые передала на Землю панорамное изображение поверхности Луны с высокой четкостью (рис. 17).

На орбиту искусственных спутников Луны были выведены станции «Луна – 10, 11, 12, 14, 18, 19, 22». С их по-

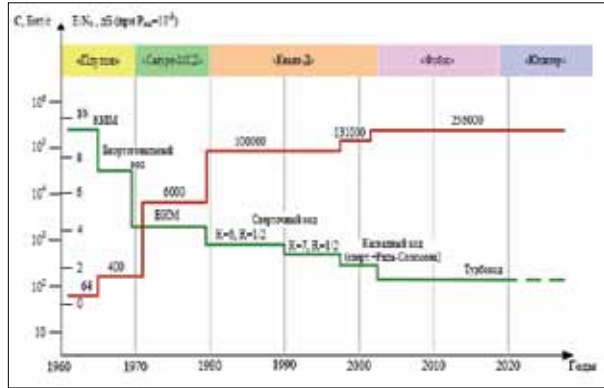


20



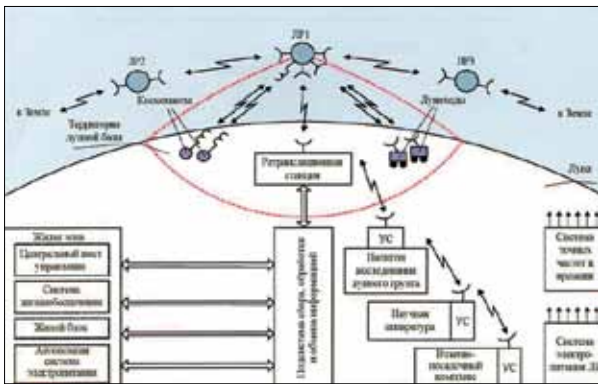
ПОГРЕШНОСТЬ ТРАКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

21



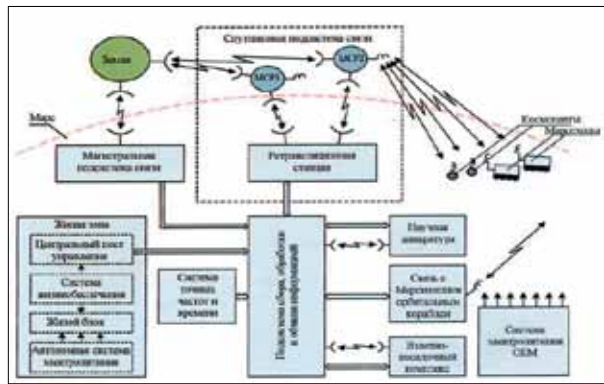
СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ И УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА В РАДИОЛИНИИ КА – ЗЕМЛЯ

22



СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ ОБИТАЕМОЙ ЛУННОЙ БАЗЫ НА ОБРАТНОЙ СТОРОНЕ ЛУНЫ

23



СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ОБИТАЕМОЙ БАЗЫ НА МАРСЕ

мощью исследовались поверхность Луны (осуществлялось фотографирование), гравитационное поле Луны и др.

В период 1964–1970 годы производилось исследование Луны КА «Зонд – 3,4,5,6,7,8». Основной задачей запусков была отработка мягкой посадки КА на Землю при возврате со второй космической скоростью.

При этих запусках было повторено фотографирование обратной стороны Луны с высоким качеством, и с помощью полученных фотографий были созданы полный глобус Луны и «Атлас обратной стороны Луны». Управление КА производилось комплексами «Сатурн-МС».

По программе исследования Луны было осуществлено создание движущейся по поверхности лаборатории – Лунохода. Для управления Луноходом был создан специальный наземный комплекс – Пункт управления Луноходом, установленный вблизи г. Симферополя (НИП-10). С его помощью специально обученный экипаж осуществлял управление Луноходом и получением с него научной информации (рис. 18).

Всего было запущено два лунохода – «Луноход-1» (Луна-17, 1970 год) и «Луноход-2» (Луна-21, 1973 год). «Луноход-1» проводил исследования Луны в течение 10 месяцев и прошел по ее поверхности 10,5 км (11 лунных дней). «Луноход-2» проводил исследования Луны в течение четырех лунных дней и прошел расстояние 37 км.

С помощью специальных лунных станций с возвратной ракетой проводились работы по автоматической доставке на Землю лунного грунта. Лунный грунт из различных районов Луны был доставлен на Землю три раза: 12 сентября 1970 года – «Луна-16» (Рис. 19); 14 февраля 1972 года – «Луна-20»; 9 августа 1976 года – «Луна-24». «Луна-24» доставила грунт с глубины 2 м.

В период с 1972 по 1986 год космическими лабораториями «Прогноз – 1-10» исследовались солнечно-земные связи, параметры межпланетной среды и околоземного космического пространства, в том числе потоки плазмы, магнитное поле, частицы солнечных космических лучей и электромагнитного излучения, связанных между собой. Одной из основных задач программы было исследование источников реликтового излучения в области гамма- и рентгеновских спектров.

Управление космическими лабораториями «Прогноз» осуществлялось средствами лунного наземного комплекса управления (НИП-10 и другие НИП).

В 1983 году был выведен на орбиту автоматический КА «Астрон», предназначенный для проведения астрофизических исследований звездных источников и межпланетной среды в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах электромагнитного излучения с помощью соответствующих телескопов.



В 1989 году на высокоапогейную орбиту спутника Земли (200 тыс. км) была выведена астрофизическая обсерватория «Гранат».

В целях дальнейшего исследования солнечно-земных связей по проекту «Интербол» были запущены в 1995 году КА «Интербол-1» и в 1996 году КА «Интербол-2». Каждый из этих КА функционировал на орбите около 6 лет.

Одной из основных научных задач проекта «Интербол» являлось изучение физических процессов в магнитосфере Земли.

Управление КА «Астрон», «Гранат» и «Интербол» производилось с помощью НРТК «Квант-Д».

Результаты экспериментов по исследованию объектов Солнечной системы с помощью ДКА напрямую зависят от технических характеристик используемых радиосистем, включающих бортовой и наземный радиокомплексы.

По мере совершенствования этих характеристик расширяются возможности, и растет результативность проводимых научных экспериментов.

В связи с этим идет постоянное совершенствование технических характеристик бортовых и наземных радиосистем, рост технических характеристик командно-измерительных систем (далее – КИС) ДКА при смене поколений этих систем («Плутон», «Сатурн-МСД», «Квант-Д», «Фобос», «Юпитер») (рис. 20).

Определяющими характеристиками являются энергетический потенциал радиолиний и, следовательно, скорость и объем передаваемой научной информации, точность и информативность траекторных измерений (рис. 21).

В АО «Российские космические системы» разработан эскизный проект перспективного планетного радиолокатора в г. Уссурийске на базе антенны П-2500 и НРТК «Фобос», работающего в X-диапазоне. Частично была разработана документация и создана кооперация по его изготовлению. Однако отсутствие финансирования не позволило перейти к его созданию.

Кроме того, был разработан эскизный проект наземного навигационного интерферометра, к созданию которого также не удалось приступить из-за отсутствия финансирования.

Была разработана и утверждена руководством Федерального космического агентства концепция по созданию перспективного НКУ ДКА.

Для увеличения пропускной способности нового НКУ ДКА и частичной замены парка используемых наземных антенн предусмотрено на пунктах в г. Евпатории, Уссурийске и Медвежьих озерах создать дополнительные НРТК (КИС) с использованием новых 32-метровых и 12-метровых антенн.

Кроме того, был проработан вопрос о создании КИС в одной из стран Южной Америки. В составе перспективного НКУ должны быть созданы планетный радиолокатор с высокими техническими характеристиками и навигационный интерферометр.

В настоящее время ведутся проектные работы по модернизации НРТК «Фобос» с целью обеспечения работы с перспективными космическими программами исследования дальнего космоса с использованием автоматических и пилотируемых КА.

Новый НРТК «Юпитер» будет иметь возможность работать дополнительно в новых диапазонах длин волн: S- и Ka-, обладать более высокой точностью траекторных измерений, а также иметь режимы телефонной связи и телевидения между КА и Землей при полетах космонавтов.

Большой объем работ был проведен ФГУП «РНИИ КП» (АО «Российские космические системы») в период, начиная с 2000 года при реализации ряда НИР. При этом рассматривалась организация наземных и бортовых средств управления и связи при осуществлении пилотируемых полетов к Луне и Марсу, созданию обитаемых станций на поверхности Луны (рис. 22) и Марса (рис. 23) (НИР «Мультипликация», «Наблюдение-КП», «Телеприбор», «Радиообеспечение РФ», «Освоение СП-РНИИ КП», «Магистраль-2», «Телеприбор (Развитие)», «Магистраль (Развитие-РКС)» и др.

Как видно из вышеизложенного, средства наземного комплекса управления, созданные во второй половине XX столетия, постоянно совершенствуются. К настоящему времени они требуют глубокой модернизации. Особенно остро стоит вопрос о замене крупногабаритных антенных систем с диаметром зеркал 25, 32, 64 и 70 м, давно уже выработавших технический ресурс. В крупнейших центрах дальней космической связи (США, Австралии и Европы) осваиваются новые технологии управления ДКА на основе многоэлементных антенных полей, включающих десятки и сотни 12-метровых антенн. Такие технологии осваиваются и нами, но это уже темы последующих публикаций.

Назрел вопрос о проведении исследований в дальнем космосе пилотируемыми КА. Дальнейшее углубление исследований не представляется возможным без участия человека.

На повестке дня стоит вопрос о создании постоянно действующих станций на поверхности Луны и Марса, об исследованиях астероидов и других небесных тел.

АО «Российские космические системы» располагается по адресу: ул. Авиаторная, д. 53, Москва, 111250. Связаться с нами можно по телефону: +7 495 673 94 30, факсу: +7 495 509 12 00 или по электронной почте: contact@spacecorp.ru. Более подробная информация размещена на сайте: www.spacecorp.ru.