

Системы обеспечения посадки на Луну и планеты солнечной системы

В. ВЕРБА, В. ГРАНОВСКИЙ, В. КАРПЕЕВ, В. ФИТЕНКО, г. Москва

О разработке и создании радиолокационных систем для обеспечения мягкой посадки космических аппаратов на поверхность Луны и планет солнечной системы рассказывают генеральный директор — генеральный конструктор ОАО "Концерн "Вега", доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ В. С. Верба, лауреат Государственной премии СССР В. А. Грановский, главный специалист ОАО "Концерн "Вега" В. И. Карпеев, начальник отдела ОАО "Концерн "Вега" В. В. Фитенко.

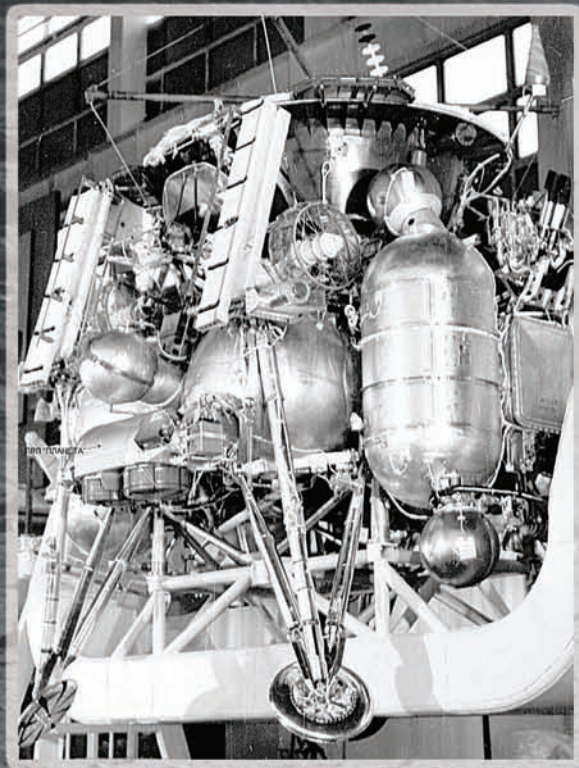
(Продолжение статьи см. на с. 8)



Общий вид ДИСД-ФГ.



ДИСД-ФГ в испытательном полёте.



ПРЛ "Планета" на КА "Луна-17".

Год 2011-й — Год российской космонавтики

Системы обеспечения посадки на Луну и планеты солнечной системы

В. ВЕРБА, В. ГРАНОВСКИЙ, В. КАРПЕЕВ, В. ФИТЕНКО, г. Москва

В 1961 г. в Московском НИИ приборостроения (с 2004 г. ОАО "Концерн "Вега") под руководством главного конструктора В. П. Иванова началась опытно-конструкторская работа "Е-6". Разрабатываемый комплекс представлял собой бортовой импульсный радиовысотометр для высокоточного измерения расстояния до поверхности Луны с целью обеспечения мягкой посадки космического аппарата (КА). На **фото 1** показана антенна комплекса "Е-6".

Основная цель разработки этой космической радиолокационной станции (РЛС) вытекала из её назначения. КА, на котором располагалась РЛС, должен был совершить мягкую посадку на поверхность естественного спутника Земли. Уменьшать скорость сближения КА с поверхностью Луны должны были реактивные двигатели (РД), которые работали несколькими импульсами. Такой импульсный режим РД по расчётам баллистиков позволял предельно минимизировать расход горючего для обеспечения мягкой посадки. Расстояния до поверхности Луны, на которых начались первый и последующие импульсы работы РД, были определены расчётом. При совпадении рассчитанных и измеренных с помощью РЛС расстояний до поверхности Луны вырабатывалась команда на включение РД.

Эта сравнительно простая задача разработки РЛС для измерения расстояния многократно усложнялась не только необычайно жёсткими требованиями по минимизации массы, габаритов, электропотребления, а также повышенной стойкости к внешним воздействиям, но, главным образом, неизвестным значением удельной эффективной площади рассеяния (ЭПР) поверхности Луны в зоне посадки. В те годы по результатам радиолокационного зондирования с Земли были известны только усреднённые по всей поверхности Луны значения ЭПР. Однако по отдельным районам эти значения не были дифференцированы. Существовало и такое мнение, что некоторые участки поверхности покрыты толстым слоем пыли, которая образовалась вследствие разрушения малостойких пород Луны. А пыль поглощает радио-

волны, поэтому ЭПР имеет малое значение. И до конца не было ясно, какими выбрать мощность передатчика и чувствительность приёмника.

Первый макет приёмопередатчика и РЛС не соответствовал заданным разра-

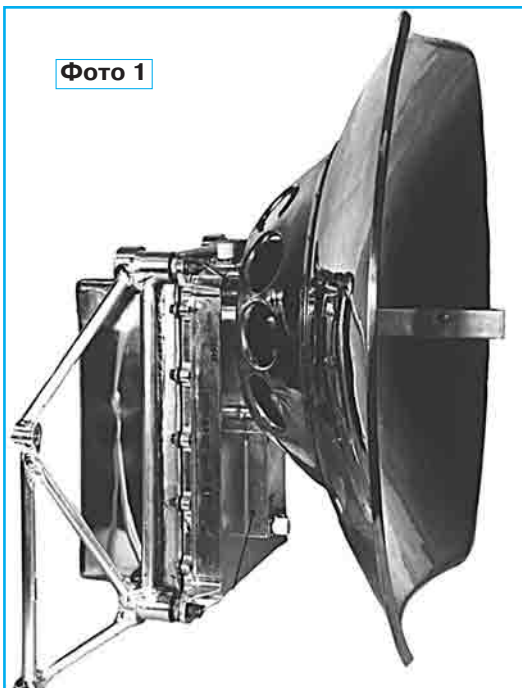


Фото 1

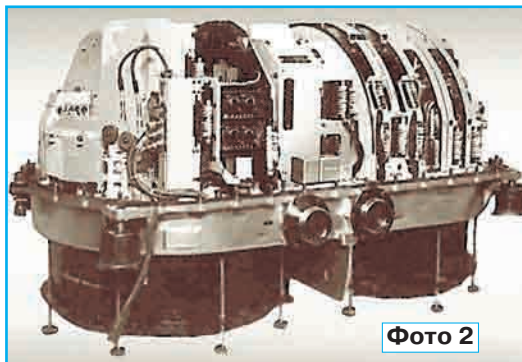


Фото 2

ботчиками КА параметрам, и было принято решение провести его модернизацию. Задачу доведения РЛС до характеристик, соответствующих требованиям разработчиков КА, решили путём применения магнетрона с высоким КПД и с температурным коэффициентом частоты,

близким к температурному коэффициенту частоты отобранного клистрона. После такой модернизации РЛС получила "добро" для установки на КА.

3 февраля 1966 г. КА "Луна-9" впервые в мире совершил посадку на поверхность естественного спутника Земли. Вторую посадку произвёл 25 декабря 1966 г. аппарат "Луна-13". Коллектив разработчиков, благодаря которому впервые была обеспечена мягкая посадка КА "Луна-9" на поверхность Луны, в этом же году был удостоен Ленинской премии. Среди лауреатов — заместитель главного конструктора Г. А. Зонненштраль.

При выполнении посадки на поверхность Луны торможение КА "Луна-9" и "Луна-13" в момент сближения с поверхностью осуществлялось включением по программе тормозной двигательной установки. Но при этом скорость сближения с поверхностью не измерялась.

Такая схема посадки не гарантировала защиту КА от разрушения или опрокидывания при посадке и практически не могла быть использована для посадки на поверхность планеты тяжёлого (массой более одной тонны) аппарата.

Для осуществления посадки КА с научной аппаратурой на поверхность планеты требовалось погасить не только вертикальную, но и горизонтальные составляющие скорости.

Опыт, накопленный при разработке и применении доплеровской радиолокационной аппаратуры, позволил в 1964 г. группе сотрудников института во главе с В. Е. Колчинским (В. А. Грановский, Л. Г. Колишер, М. И. Константиновский, И. А. Мандуровский) показать возможность использования доплеровского радиолокатора для решения подобных задач. Его применение позволяет измерять скорость относительно поверхности для обеспечения мягкой посадки КА.

Разработка аванпроекта доплеровского посадочного радиолокатора (ПРЛ) была начата в июле 1966 г. под руководством главного конструктора В. Е. Колчинского. Аппаратура получила наименование "Планета" ДА-018 (на **фото 2** она показана со снятым гермокожухом).

В феврале 1967 г. институт приступил к разработке доплеровской аппаратуры для обеспечения мягкой посадки на Луну космического аппарата, проектируемого в НПО им. С. А. Лавочкина. Доплеровский ПРЛ "Планета" должен был выполнять измерение векторов скорости и высоты полёта автоматического КА на этапе выполнения мягкой посадки на поверхность Луны и передавать эту информацию в систему управления КА.

Разработка ПРЛ для КА потребовала решения многих новых задач: схемных, конструктивных, технологических. Требовалось обеспечить измерение не только продольной составляющей скорости, но и измерение линейных и угловых скоростей по всем степеням свободы. Кроме того, аппаратура должна была работать в полном вакууме.

Окончание.

Начало см. на 2-й с. обложки

шения вероятности выполнения задания аппаратура второго поколения была резервирована, имела расширенный диапазон рабочих высот и скоростей и использовала новую элементную базу — интегральные микросхемы.

Разработка и изготовление образцов ПРЛ ДА-028 для посадки автоматической межпланетной станции на Марс, а также на его спутники была начата в 1971 г. ПРЛ ДА-028 обеспечивал измерение параметров движения и высоты полёта посадочной ступени автоматической межпланетной станции на этапе выполнения мягкой посадки на поверхность Марса или его спутников Фобоса или Деймоса и передавал эту информацию в бортовую вычислительную машину посадочной ступени. Комплекты аппаратуры, изготовленные институтом, прошли стендовые испытания и лётные испытания на вертолёте. В 1980 г. работы по созданию ПРЛ ДА-028 были переданы Рыбинскому КБ приборостроения.

Новым этапом создания космической доплеровской техники можно считать 2000 г., когда началась разработка ПРЛ для осуществления мягкой посадки КА, проектируемого в НПО им. С. А. Лавочкина, на спутник Марса — Фобос. Измеритель, созданный под руководством главного конструктора В. В. Фитенко, получил наименование ДИСД-ФГ (см. **фото на 2-й с. обложки**). В отличие от ранее разработанных ОАО "Концерн "Вега" ПРЛ для обеспечения мягкой посадки КА на поверхность Луны и Марса и имевших в своём составе отдельные доплеровский измеритель скорости и радиовысотмер, в новом ДИСД-ФГ впервые реализовано одновременное измерение скоростей и наклонных дальностей по четырём лучам антенной системы в одном канале обработки сигналов (**фото 4**). Измерение наклонных дальностей позволяет вычислить высоту полёта по нормали к посадочной площадке и наклон оси космического аппарата относительно этой площадки, что существенно повышает информативность данных для обеспечения посадки в автоматическом режиме.

Применение современной элементной базы и новых методов обработки доплеровских сигналов позволило обеспечить высокие тактико-технические характеристики, надёжность, гибкость резервирования и уменьшить массу и энергопотребление ПРЛ практически в десять раз.

В 2001 г. был разработан эскизный проект, в 2004 г. — технический. Сегодня закончены все автономные и начаты комплексные испытания ДИСД-ФГ в составе посадочного модуля космического аппарата "Фобос-Грунт". Два опытных образца ДИСД-ФГ испытаны в натуральных условиях при полётах на аэродроме (см. **фото на 2-й с. обложки**). Лётные испытания этой аппаратуры проводило ЗАО "Воздухоплавательный центр "Авгурь" совместно с ОАО "Концерн "Вега" и ФГУП "НПО им. С. А. Лавочкина".

Старт межпланетной экспедиции "Фобос-Грунт" запланирован на осень 2011 г.

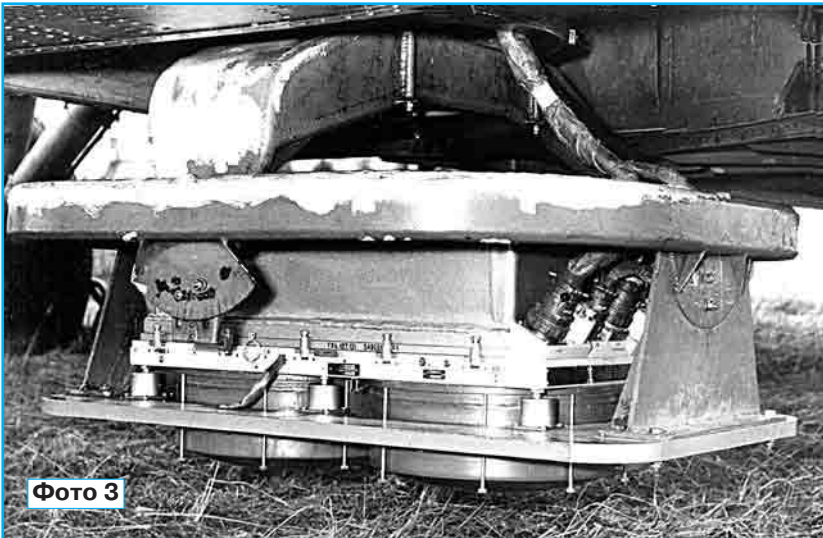


Фото 3

Из-за ограничений по массе ПРЛ не мог иметь резерва, поэтому самой сложной задачей стало обеспечение надёжности аппаратуры. Ещё одна проблема — влияние факела тормозной двигательной установки КА на СВЧ излучение ПРЛ. Эти задачи, как и многие другие, были успешно решены коллективом разработчиков.

ПРЛ "Планета" обеспечил мягкую посадку на поверхность Луны автоматических станций "Луна-16", "Луна-17" (см. **фото на 2-й с. обложки**), "Луна-20", "Луна-21", "Луна-23" и "Луна-24". Автоматические станции "Луна-16", "Луна-20" и "Луна-24" производили бурение лунной поверхности и с помощью ракет доставили образцы лунного грунта на Землю. Автоматические станции "Луна-17" и "Луна-21" высадили на поверхность Луны самоходные аппараты ("Луноходы") с научной и телевизионной аппаратурой, "Луна-23" производила научные исследования.

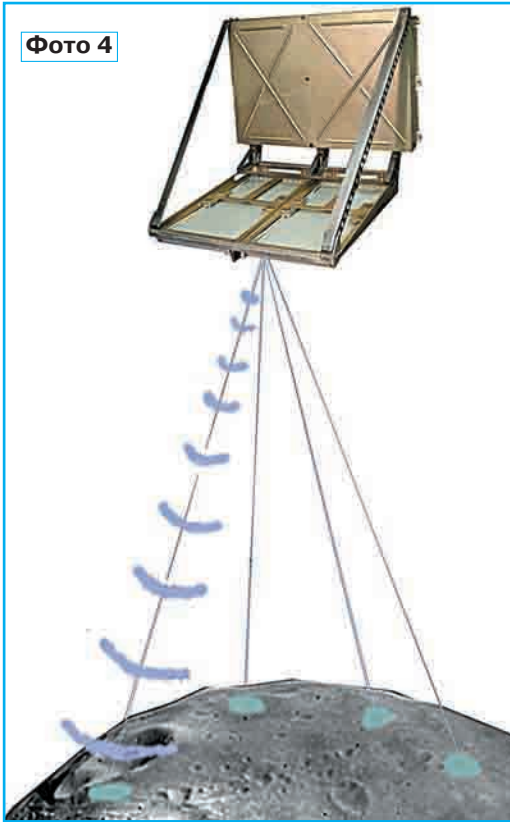
С помощью радиоизлучения ПРЛ "Планета" впервые были проведены исследования отражающих свойств поверхности Луны в диапазонах длин волн 2 и 3 см в непосредственной близости от поверхности (с высоты 2...3 км) во всех районах выполненных посадок КА.

Особо отличившиеся сотрудники института за разработку ПРЛ "Планета" были награждены орденами и медалями, а заместителю главного конструктора В. А. Грановскому присуждена Государственная премия СССР.

Разработка ПРЛ для пилотируемого лунного модуля, получившего наименование ДА-019, началась в 1967 г. В состав ПРЛ были введены блок сопряжения с бортовой вычислительной машиной и устройство бортового контроля, которое позволяло космонавту перед этапом ухода посадочного модуля с орбиты спутника Луны убедиться в полной работоспособности ПРЛ.

Измеритель дальности с использованием непрерывного излучения с частотной модуляцией и устройством узкополосной фильтрации сигнала разработывало Московское конструкторское бюро

Фото 4



"Кулон" под руководством главного конструктора Р. И. Бондаренко.

ПРЛ ДА-019, как и ДА-018 "Планета", проходил лётные испытания на вертолёте Ми-6 (**фото 3**), который имитировал траекторию движения КА при сближении с поверхностью планеты. ПРЛ ДА-019 прошёл полный цикл испытаний, в том числе в составе КА Н1-ЛЗ. К сожалению, запуски Н1-ЛЗ к Луне не были осуществлены.

Разработка ПРЛ ДА-021, также для пилотируемого лунного модуля, началась в 1969 г. Этот ПРЛ был создан на основе технических решений, принятых и отработанных в аппаратуре первого поколения ДА-018 и ДА-019. Для повы-