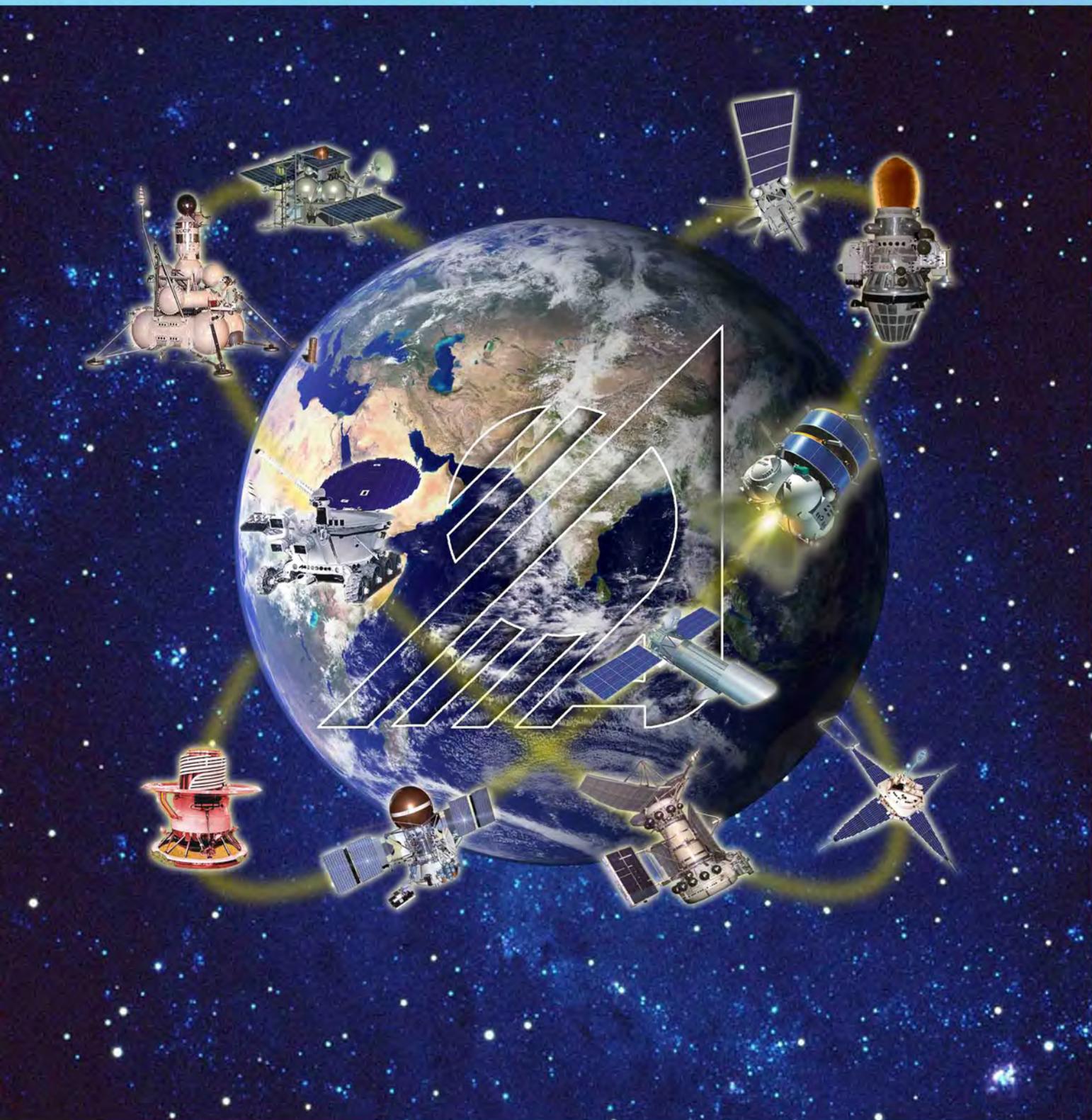


№4|2010

ВЕСТНИК

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ФГУП "НПО им. С.А. Лавочкина" ISSN 2075-6941

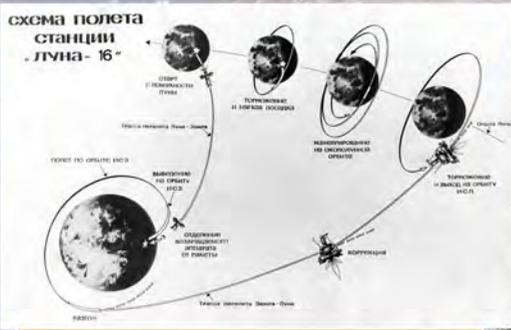


*45 лет космической деятельности
НПО им. С.А. Лавочкина*



Автоматическая станция "Луна 16" совершила посадку на Луну, произвела забор грунта и осуществила старт с Луны. 24 сентября 1970 года впервые в мире автоматический возвращаемый аппарат этой станции доставил на Землю образцы лунного грунта.

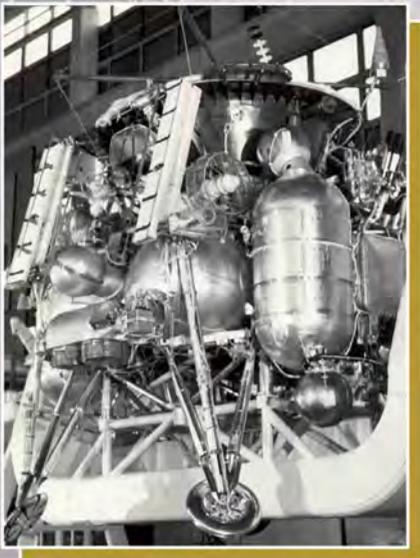
Станцией "Луна-16" были установлены рекорды, подтвержденные дипломами FAI:
- мировой рекорд максимальной массы, доставленной на лунную поверхность;
- мировой рекорд максимальной массы, возвращенной на Землю с поверхности Луны;
- мировой рекорд максимальной массы лунных пород, доставленной на Землю автоматической станцией.



40 лет доставке лунного грунта на Землю космическим аппаратом "Луна-16" 40 лет с начала работы мобильной лаборатории "Луноход-1"



С 17 ноября 1970 г. по 14 сентября 1971 г. автоматическая самоходная лаборатория впервые успешно провела на Луне многочисленные научные и инженерно-технические исследования. "Луноход" – первая в мире передвижная лаборатория на поверхности Луны, полностью управляемая с Земли.



Ежеквартальный научно-технический журнал издается с 2009 года

Главный редактор – д.т.н.,
профессор **К.М. Пичхадзе**

Заместитель главного
редактора – д.т.н., профессор
В.В. Ефанов

Члены редакционной коллегии

Н.В. Галич
к.т.н. *П.А. Грешилов*
Ю.В. Костеренко
к.т.н. *М.Б. Мартынов*
к.т.н. *А.А. Мошнеев*
д.т.н. *А.Е. Назаров*
к.э.н. *В.М. Романов*
А.В. Савченко
С.Н. Солодовников
И.Л. Шевалев

Редакционный совет

д.т.н. **В.В.Хартов** – *председатель*
чл.-корр. РАН **Э.Л. Аким**

чл.-корр. РАН *О.М. Алифанов*
д.ф.м.н. *В.В. Асмус*
академик РАН *А.А. Боярчук*
д.т.н. *Б.И. Глазов*
академик РАН *Л.М. Зеленый*
д.т.н. *А.А. Любомудров*
академик РАН *М.Я. Маров*
д.т.н. *Ю.А. Матвеев*
д.т.н. *В.Ю. Мелешко*
д.т.н. *Г.М. Полищук*
академик РАН *Г.А. Попов*
д.т.н. *В.Е. Усачев*
д.т.н. *В.С. Финченко*
д.т.н. *Е.Н. Хохлачев*
чл.-корр. РАН *Б.М. Шустов*

Учредитель

ФГУП «НПО им. С.А. ЛАВОЧКИНА»
Журнал зарегистрирован в Федеральной
службе по надзору в сфере связи и
массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-35385 от
18 февраля 2009 г.

Содержание

Поздравление коллектива НПО им. С.А. Лавочкина руководителем Федерального космического агентства А.Н. Перминовым	3
Поздравление коллектива НПО им. С.А. Лавочкина Президентом Российской академии наук Ю.С. Осиповым	4
Хартов В.В., Зеленый Л.М., Долгополов В.П., Ефанов В.В., Зайцева О.Н., Лукьянчиков А.В., Мартынов М.Б., Пичхадзе К.М. Новые российские лунные автоматические космические комплексы (К 45-летию космической деятельности НПО им. С.А. Лавочкина и 40-летию КА «Луна-16» и КА «Луна-17»).	5
Зеленый Л. М., Захаров А.В., Закутняя О.В. Грядет ли лунный ренессанс?	13
Анфимов Н.А., Губайдуллин В.Ш., Евич А.Ф. К 40-летию доставки с Луны на Землю образцов грунта и начала работы мобильной лунной исследовательской лаборатории «Луноход-1»	22
Маров М.Я. Славные страницы истории	27
Аким Э.Л. Забор и доставка на Землю образцов лунного грунта автоматическим космическим аппаратом «Луна-16».	33
Петрик В.А., Смирнов И.А. Двигатели для космических аппаратов «Луна – 16», «Луна – 17»	36
Сологуб П.С., Ивановский О.Г. Создание ходовой части первого в мире планетохода «Луноход-1»	43
Довгань В.Г. Экипаж лунохода	53
Воронцов В.А., Лохматова М.Г., Мартынов М.Б., Пичхадзе К.М., Симонов А.В., Хартов В.В., Засова Л.В., Зеленый Л.М., Кораблев О.И. Перспективный космический аппарат для исследования Венеры. Проект «Венера-Д».	62
Жилинская И.А. Из прошлого – в будущее: к 45-летию создания музея НПО им. С.А. Лавочкина	68

Журнал является рецензируемым изданием

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования и размещен на сайте Научной Электронной Библиотеки.
Мнение редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов статей.
Рукописи не возвращаются.
При перепечатке материалов ссылка на «Вестник ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина» обязательна.
Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается.
Аннотации статей журнала и требования к оформлению представленных авторами рукописей приведены на сайте журнала.
С января 2011 года наш журнал можно выписать: подписной индекс 37156 в каталоге "Газеты и журналы" (Роспечать)

Адрес редакции: 141400 Московская обл., г. Химки, ул. Ленинградская, д. 24

Телефоны: (495) 573 23 61, (495) 575 54 69

Факс: (495) 573 35 95, (495) 572 00 68

Адрес электронной почты: vestnik@laspace.ru

Адрес в Интернете: <http://vestnik.laspace.ru>



COSMONAUTICS and ROCKET ENGINEERING

Scientific and Technical Quarterly journal published since 2009 year

Chief Editor – **K.M. Pichkhadze** Doctor of Engineering., Professor
Deputy Chief Editor – **V.V. Efanov** Doctor of Engineering., Professor

Editorial Board

N.V. Galich
Y.V. Kosterenko
M.B. Martynov, Candidate of Science (Engineering)
A.A. Moishev, Candidate of Science (Engineering)
A.E. Nazarov, Doctor of Engineering
V.M. Romanov, Candidate of Science (Economics)
A.V. Savchenko
S.N. Solodovnikov
I.L. Shevalev

Editorial Council

V.V. Khartov, Doctor of Engineering – Chairman
E.L. Akim, Corresponding Member RAN
O.M. Alifanov, Corresponding Member RAN
V.V. Asmus, Doctor of Physical and Mathematical Sciences
A.A. Boyarchuk, Academician RAN
B.I. Glazov, Doctor of Engineering
L.M. Zelenyi, Academician RAN
A.A. Lyubomudrov, Doctor of Engineering
M.Y. Marov, Academician RAN
Y.A. Matveev, Doctor of Engineering
V.Y. Meleshko Doctor of Engineering
G.M. Polishchuk, Doctor of Engineering,
G.A. Popov, Academician RAN
V.E. Usachev, Doctor of Engineering
V.S. Finchenko, Doctor of Engineering
E.N. Khokhlachev, Doctor of Engineering
B.M. Shustov, Corresponding Member RAN

Founder

FSUE "Lavochkin Association"
The journal is registered in Federal Service for telecommunications and mass media oversight. Certificate ПИИ № ФС77-35385 dated February 18, 2009

Table of contents

Congratulation of the Lavochkin Association team by Y.S. Osipov , the President of the Russian Academy of Sciences.....	3
Congratulation of the Lavochkin Association team by A. N. Perminov , the Head of Federal Space Agency	4
Khartov V.V., Zeleny L.M., Dolgoplov V.P., Efanov V.V., Zaytseva O.N., Lukiyanchikov A.V., Martynov M.B., Pichkhadze K.M. New Russian lunar unmanned space complexes (For 45th anniversary of Lavochkin Association space activities and for 40th anniversary of «Luna-16» SC and «Luna-17» SC)	5
Zelenyi L.M., Zakharov A.V., Zakutnyaya O.V. Would the Lunar Renaissance come forth?	13
Anfimov N.A., Gubaydullin V.Sh., Yevich A.F. For 40 th anniversary of delivery of lunar soil samples to the Earth and commencement of operations of the mobile lunar research laboratory «Lunokhod-1». ...	22
Marov M.Y. Glorious history.	27
Akim E.L. Sampling and delivery of lunar soil samples to the Earth by the unmanned spacecraft "Luna-16".	33
Petrik V.A., Smirnov I.A. Engines for "Luna – 16" and "Luna – 17" spacecraft.	36
Sologub P.S., Ivanovskiy O.G. Development of undercarriage of the first in the world planetary rover "Lunokhod-1"	43
Dovgan V.G. The Moon rover crew.	53
Vorontsov V.A., Lohmatova M.G., Martynov M.B., Pichkhadze K.M., Simonov A.V., Khartov V.V., Zasova L.V., Zelenyi L.M., Korablev O.I. Perspective spacecraft for Venus research. «Venera-D» project.	62
Zhilinskaya I.A. From the past towards the future: for the 45 th anniversary of foundation of the lavochkin association museum.	68

The journal is a reviewed publication

The journal is included in the Russian Science Citation Index system and located at the Scientific e-library website.
The opinion of editorial staff not always coincide with authors' viewpoint
Manuscripts are not returned.
No part of this publication may be reprinted without reference to Space journal of FSUE "Lavochkin Association".
Post-graduates have not to pay for the publication of articles.
Annotations of magazine articles and features required of author manuscript design are available at Internet Site
<http://www.vestnik.laspac.ru>

Editorial office address: 141400 Moscow region, Khimki, Leningradskaya str., 24
Phone: (495) 573 23 61, (495) 575 54 69
Fax: (495) 573 35 95, (495) 572 00 68
E-mail: Vestnik@laspac.ru
Internet: <http://vestnik.laspac.ru>

**Коллективу Федерального государственного унитарного предприятия
«Научно – производственное объединение им. С.А. Лавочкина»**

45 лет назад Вашему предприятию Постановлением Совета Министров СССР было поручено принципиально новое направление деятельности – создание автоматических космических аппаратов для фундаментальных научных исследований. Использование Вашего большого, успешного опыта создания авиационной и ракетной техники, а также применение достижений ОКБ – 1, возглавляемого тогда С.П. Королёвым, позволило Вам в короткие сроки создать уникальные автоматические аппараты для фундаментальных космических научных исследований.

Значителен вклад Вашего коллектива в становление и развитие отечественной непилотируемой космонавтики. Созданные Вами космические аппараты позволили провести уникальные исследования Луны, Венеры, Марса, Фобоса, кометы Галлея, как контактными, так и дистанционными методами, завоевать многие мировые приоритеты. Известны Ваши достижения в области создания космических средств для астрофизических исследований, изучения Земли из Космоса, солнечно – земных связей, а также создания межорбитального транспортного средства нового поколения – РБ «Фрегат».

В этом же году исполнилось 40 лет доставки на Землю впервые в мире в автоматическом режиме образцов лунного грунта (КА «Луна – 16») и начала работы на поверхности естественного спутника Земли мобильной исследовательской управляемой дистанционно с Земли лаборатории – Лунохода - 1 (КА «Луна - 17»). Эти достижения до сих пор никем в мире не повторены.

В 2010 году исполняется также 40 лет успешной работы межпланетной станции «Венера-7», которая впервые осуществила мягкую посадку на поверхность планеты и передавала на Землю почти 30 минут научную информацию. Были измерены давление и температура атмосферы Венеры у поверхности.

Богатейший опыт, накопленный за десятилетия космической деятельности сменяющимися друг друга поколениями лавочкинцев, высочайший интеллектуальный потенциал современной проектно – конструкторской школы С.А. Лавочкина, развитой его последователями Г.Н. Бабакиным, С.С. Крюковым, В.М. Ковтуненко, С.Д. Куликовым и др. и ныне активно задействованы по многим основным направлениям Федеральной космической программы.

Предстоит обеспечить достижения новых целей исследовательской экспансии в отношении планет Венера и Марс, Луны, малого тела Фобос, существенно усилить роль прикладных задач при выполнении лунных экспедиций, ввести в строй новое поколение непилотируемых внеатмосферных астрофизических обсерваторий и новые орбитальные комплексы ДЗЗ. Весьма перспективным направлением остается разработка и совершенствование межорбитальных буксиров на базе РБ «Фрегат».

Уверен, что коллектив предприятия, представляющий ныне плодотворный союз опыта и молодости, высокопрофессионально владеющий современными наукоемкими и высокими технологиями, будет и впредь содействовать укреплению могущества и обороноспособности нашей страны, всемерному развитию фундаментальных и прикладных отраслей отечественной и мировой науки, расширению международного сотрудничества. Надеюсь также, что Вы выполните поставленные перед ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина» Федеральным космическим агентством задачи по своевременному запуску с высоким качеством автоматических космических комплексов «Спектр – Р», «Электрон – Л», усовершенствованным РБ «Фрегат – СБ», а также МКА – ФКИ.

Руководитель Федерального
космического агентства



А.Н. Перминов



ПЕРМИНОВ
Анатолий Николаевич
руководитель Федерального
космического агентства



**ОСИПОВ
Юрий Сергеевич
Президент
Российской академии наук**

Научно-методическую основу космической деятельности создают результаты фундаментальных исследований, осуществляемых с использованием выводимых в космическое пространство автоматических и пилотируемых аппаратов. Подавляющее число наиболее значимых и приоритетных научных достижений в космической биологии, в изучении Земли и околоземного пространства, в исследовании Солнца и солнечно-земных связей, планет и малых тел Солнечной системы, а также во внеатмосферной астрономии были получены с использованием автоматических космических аппаратов.

В 1965 году решением Правительства страны функции специализированного предприятия по созданию космических комплексов для астрофизических и планетных исследований были возложены на созданный выдающимся авиационным конструктором членом-корреспондентом Академии наук С.А. Лавочкиным коллектив, который к этому времени накопил огромный научно-технический и производственный потенциал создания авиационной и ракетной техники мирового уровня. С этого года было положено начало плодотворному сотрудничеству ученых и специалистов институтов Академии наук с коллективом конструкторского бюро им. С.А. Лавочкина, которое в разные годы возглавляли получившие признание научного сообщества члены-корреспонденты Академии наук Н.А. Бабакин и В.М. Ковтуненко.

Огромный научно-технический, производственный и кадровый потенциал Вашего предприятия позволил успешно создать множество уникальных автоматических околоземных и межпланетных космических аппаратов мирового уровня, которые обеспечили надежное функционирование научной аппаратуры и получение приоритетных научно-технических достижений в исследованиях Луны, Марса, Венеры и малых тел Солнечной системы. В мировую историю исследований космоса навсегда войдут полученные с использованием созданных Вашим коллективом межпланетных станций приоритетные результаты пионерских исследований Луны, Марса, Венеры, кометы Галлея и спутника Марса Фобоса.

В этом году исполняется 40 лет реализации уникальной программы исследований Луны, включающей взятие и доставку на Землю в автоматическом режиме образцов лунного грунта с использованием межпланетной станции «Луна - 16» и исследования лунной поверхности подвижной исследовательской управляемой с Земли лабораторией «Луноход -1», доставленной на Луну межпланетной станцией «Луна - 17». Эти аппараты позволили отечественным ученым впервые в мире получить уникальные результаты исследований поверхности Луны и доставленных на Землю образцов лунного грунта.

Оценивая совместную деятельность коллектива Вашего предприятия с институтами Академии наук, в первую очередь следует отметить высоко оцененные мировым научным сообществом приоритетные пионерские результаты изучения состава атмосферы и поверхности Венеры, физико-химических свойств кометы Галлея и глобального картирования поверхности Венеры бортовым радиолокатором бокового обзора.

В последние годы коллективом Вашего предприятия создан огромный научно-технический задел для серии космических комплексов на базе серийной платформы «Навигатор» для проведения в ближайшие годы уникальных астрофизических исследований с использованием научной аппаратуры мирового уровня в радио («Радиоастрон»), рентгеновском («Спектр-РГ») и ультрафиолетовом диапазонах спектра («Всемирная космическая обсерватория/Ультрафиолет»). Российские ученые возлагают большие надежды на успешное завершение работ по подготовке к запуску космических комплексов мирового уровня для взятия и доставки на Землю образцов грунта спутника Марса – Фобоса и продолжения отечественной программы исследований поверхности Луны и окружающего ее космического пространства.

От имени ученых и специалистов Российской академии наук выражаю надежду, что высокий профессиональный, интеллектуальный и научно – технический потенциал коллектива НПО им. С.А. Лавочкина и впредь будут способствовать созданию эффективной космической техники для решения актуальных научных и социально – экономических проблем нашей страны. Выражаю уверенность в дальнейшем плодотворном сотрудничестве коллектива предприятия и ученых Российской академии наук.

Президент
Российской академии наук
академик



Ю.С. Осипов

УДК 629.78.001.5:523.3

НОВЫЕ РОССИЙСКИЕ ЛУННЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

(К 45-летию космической деятельности НПО им. С.А. Лавочкина и
40-летию КА «Луна-16» и КА «Луна-17»)

ХАРТОВ

Виктор Владимирович

доктор технических наук, генеральный конструктор и генеральный директор ФГУП «НПО им.С.А.Лавочкина»

ЗЕЛЕНЬИЙ

Лев Михайлович

академик Российской академии наук, директор Института космических исследований РАН

ДОЛГОПОЛОВ

Владимир Павлович

главный конструктор по направлению «Лунная программа» ФГУП «НПО им.С.А.Лавочкина»

ЕФАНОВ

Владимир Владимирович

доктор технических наук, заместитель руководителя ОКБ по науке ФГУП «НПО им.С.А.Лавочкина»

ЗАЙЦЕВА

Ольга Николаевна

заместитель директора центра планетных исследований ФГУП «НПО им.С.А.Лавочкина»

ЛУКЬЯНЧИКОВ

Александр Владимирович

директор-главный конструктор центра планетных исследований ФГУП «НПО им.С.А.Лавочкина»

МАРТЫНОВ

Максим Борисович

кандидат технических наук, заместитель генерального конструктора-руководитель ОКБ

ПИЧХАДЗЕ

Константин Михайлович

доктор технических наук, первый заместитель генерального конструктора и генерального директора

Представлена концепция создания перспективных космических комплексов для исследований Луны. Предлагается эволюционное совершенствование космических средств в окололунном пространстве и на поверхности Луны.

Ключевые слова: программа исследования Луны; унификация; посадочная платформа; орбитально-перелетный аппарат.

NEW RUSSIAN LUNAR UNMANNED SPACE COMPLEXES (For 45th anniversary of Lavochkin Association space activities and for 40th anniversary of «Luna-16» SC and «Luna-17» SC) V.V. Khartov, L.M. Zeleny, V.P. Dolgoplov, V.V. Efanov, O.N. Zaytseva, A.V. Lukiyanchikov, M.B. Martynov, K.M. Pichkhadze.

The article gives a concept of development of perspective space complexes for the Moon research. There are some proposals for evolutionary improvement of space technologies for applications in circumlunar space and on the Moon surface.

Key words: the Moon research program; unification; landing platform; orbiter.

В этом году исполнилось 45 лет космической деятельности НПО им. С.А. Лавочкина. Первыми КА, созданными на нашем предприятии, стали лунные аппараты. Первый из них «Луна-9», который впервые совершил мягкую посадку на Луну в феврале 1966 г., через два месяца автоматическая станция «Луна-10» (первый искусственный спутник Луны). При создании этих КА в немалой степени использовался проектно-конструкторский задел ОКБ-1, возглавляемого в то время С.П.Королевым. Вплоть до КА «Луна-14» запуски осуществлялись РН «Молния». Создание более мощной ракеты «Протон» позволило нам перейти на аппараты следующего поколения со значительно большими интеллектуальными и исследовательскими возможностями. Наиболее известные из них «Луна-16» (запуск 12.09.1970 г.), обеспечившая взятие и доставку на Землю лунного грунта, «Луна-17» (запуск 10.11.1970 г.) с мобильной исследовательской лабораторией «Луноход-1». Общие виды КА «Луна-16» и «Луноход-1» показаны на рисунках 1 и 2 соответственно.

При создании этих аппаратов на нашем предприятии впервые была применена концепция построения объектов на основе базовых космических модулей (платформ). Были созданы: корректирующе-тормозная ДУ со сбрасываемыми баками, обеспечивающая коррекцию орбиты перелета, торможение и переход на селеноцентрическую орбиту [1;2].

Орбитально-посадочный блок для доставки на Луну или в окололунное пространство различных полезных грузов, в частности, луноходов, грунтозаборных устройств и взлетных ракет с возвращаемыми на Землю аппаратами, искусственных спутников Луны.

В 1976 году полетом КА «Луна-24» была завершена отечественная лунная программа, описанная выше.

Лишь спустя более двух десятилетий мировое научное сообщество вновь обратило внимание на Луну, поскольку ранее полученные данные не дали исчерпывающего ответа на многие ключевые вопросы происхождения и эволюции Луны. Появились также новые технологии и научные приборы, позволяющие проводить исследования Луны на значительно более высоком уровне по точности и объему информации.

До сих пор неизвестна полная картина образования Луны, ее внутренняя структура, лунный магнетизм, формирование реголита и другие проблемы остаются нерешенными. Лунные исследования также важны для понимания истории формирования планеты Земля.

Не случайно в последнее время космические страны объявили исследования Луны приоритетными и долгосрочным направлением своих космических программ. Повышается интерес и со стороны фундаментальной и

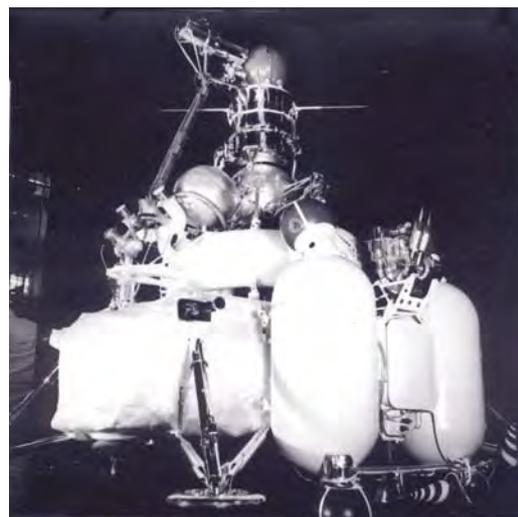


Рисунок 1. Общий вид космического аппарата «Луна-16»

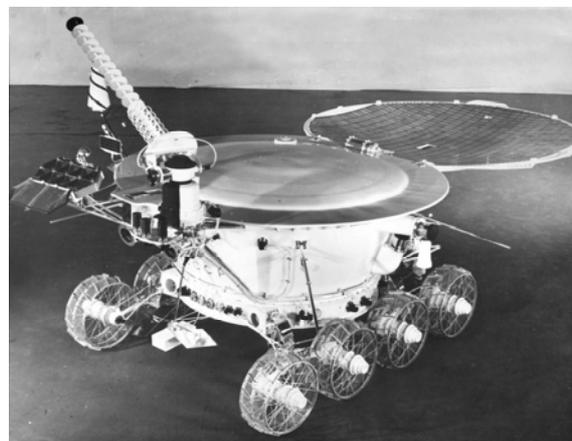


Рисунок 2. Общий вид Лунохода-1

прикладной науки в связи с возможностью освоения Луны в интересах человечества.

Недавние успешные лунные миссии США, ЕКА, Японии, Индии и Китая решили ряд задач глобального исследования лунной поверхности. Наряду с этим инновационный уровень развития дистанционных методов исследования физико-механических и других свойств поверхности Луны позволяет поставить принципиально новые задачи.

В России, в рамках Федеральной космической программы на период 2006-2015 годы (ФКП-2015) предусмотрено создание и запуск в 2013 году лунных комплексов «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс». На этой базе формируется отечественная долгосрочная программа исследований Луны, основными целями которой являются:

- создание отечественных инновационных космических средств для исследования Луны (ИСЛ, посадочные аппараты, луноходы, взлетные с Луны ракеты, спускаемые аппараты и др.);

- создание задела космических средств для исследований планет и малых тел Солнечной системы;
- подготовка и обеспечение пилотируемых лунных экспедиций для освоения Луны;
- обеспечение будущих интересов России в разведке, освоении и использовании ресурсов Луны и др.

Помимо указанных в ФКП-2015 космических комплексов целесообразно реализовать проект по доставке на Землю образцов вещества Луны из заданных районов. Итогом этих исследований должна стать подготовка к освоению космонавтами изученных районов и развертывание лунного полигона для долгосрочного освоения полярных областей Луны (проведение там научных исследований и прикладных работ)[3].

Таким образом, предлагаемая долгосрочная научная программа исследования Луны включает в себя четыре основных этапа:

- проект «Луна-Глоб» для детальных исследований экзосферы и поверхности Луны с орбиты ИСЛ и на поверхности Луны;
- проект «Луна-Ресурс 1» для исследования, в основном, приполярных областей при помощи посадочной станции;
- проект «Луна-Глоб 2» для доставки на Землю специально отобранных в заданных районах образцов вещества Луны;
- проект «Лунный полигон» для долгосрочных и научно-технологических исследований.

Подробнее представим эти проекты.

Проект «Луна-Глоб». Научные задачи этого проекта сочетают в себе фундаментальные исследования Луны как малого небесного тела, так и фундаментальные и прикладные исследования, связанные с астрофизикой, физикой планет, радиоастрономией, физикой частиц высоких энергий, и другие.

Для решения указанных задач на борту орбитального аппарата предусматривается установка комплекса дистанционного зондирования поверхности для картографирования минералогического состава Луны, картирования распределения водяного льда на ее поверхности, исследования структуры подповерхностных слоев (до глубины в несколько километров), определения температурных условий на поверхности. Экзосферный комплекс позволит получить подробную информацию о распределении электрических и магнитных полей, лунной пыли и свойств околослунной плазмы. Астрофизический радиоволновой детектор «ЛОРД» будет решать отдельную задачу изучения космических лучей и нейтрино ультравысоких энергий (более 5×10^{19} эВ). Будет проводиться также мониторинг микрометеоритных и пылевых потоков на орбитальном аппарате и сейсмической активности на посадочном модуле КА.

Масса научной аппаратуры орбитального аппарата составляет 120 кг. Ожидаемое время активного существования около трех лет.

Масса научной аппаратуры на посадочном аппарате составляет 30 кг. Ожидаемое время активного существования около одного года.

Космический комплекс «Луна-Глоб» состоит из орбитального аппарата с комплексом научной аппаратуры и стационарной посадочной станции с грунтозаборным комплексом.

Проектирование лунных автоматических комплексов нового поколения осуществляется нами на основе хорошо себя зарекомендовавшей ещё в конце 60-х и начале 70-х XX века концепции построения КА на основе базовых космических модулей (платформ).

Орбитальный аппарат «Луна-Глоб» разрабатывается на базе орбитально-перелетного модуля КА «Фобос-Грунт» с максимально возможной степенью преемственности.

Выведение рассматриваемого КА на траекторию полета к луне осуществляется при помощи РН «Союз» и РБ «Фрегат».

На рисунке 3 представлен общий вид космического комплекса «Луна-Глоб» с РБ «Фрегат», а на рисунке 4 – орбитальный аппарат в рабочей конфигурации.

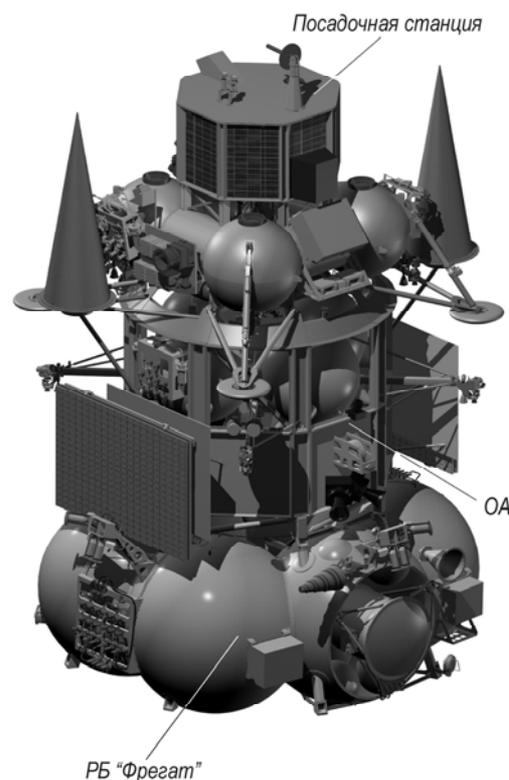


Рисунок 3. Общий вид космического комплекса «Луна-Глоб» с РБ «Фрегат»

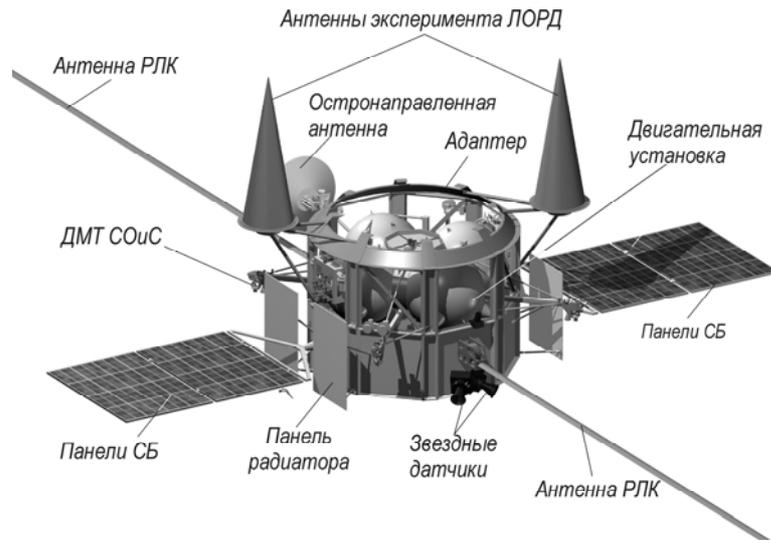


Рисунок 4. Общий вид орбитального аппарата космического комплекса «Луна-Глоб»

Орбитальная схема экспедиции «Луна-Глоб» представлена на рисунке 5. Посадочные части экспедиций «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс 1» практически совпадают и будут рассмотрены ниже.

Проект «Луна-Ресурс 1» разрабатывается совместно с индийским космическим агентством ISRO (в Индии этот проект называется «Chandrayan 2»).

По этому проекту Индийская сторона создает орбитальный аппарат и малоразмерный луноход, а также предоставляет ракету-носитель для запуска всего комплекса. Российская сторона разрабатывает посадочный аппарат,

на котором размещается научный комплекс и индийский малоразмерный луноход. Запуск будет произведен с космодрома Шрихарикота-Шар ракетой-носителем GSLV-2 на высокоэллиптическую орбиту ИСЗ. Выведение космического комплекса на траекторию полета к Луне будет осуществлено двигательной установкой орбитального аппарата, затем произойдет разделение и дальнейшие полеты к Луне орбитального и посадочного аппарата будут проходить автономно. Схема экспедиции «Луна-Ресурс 1» представлена на рисунке 6.

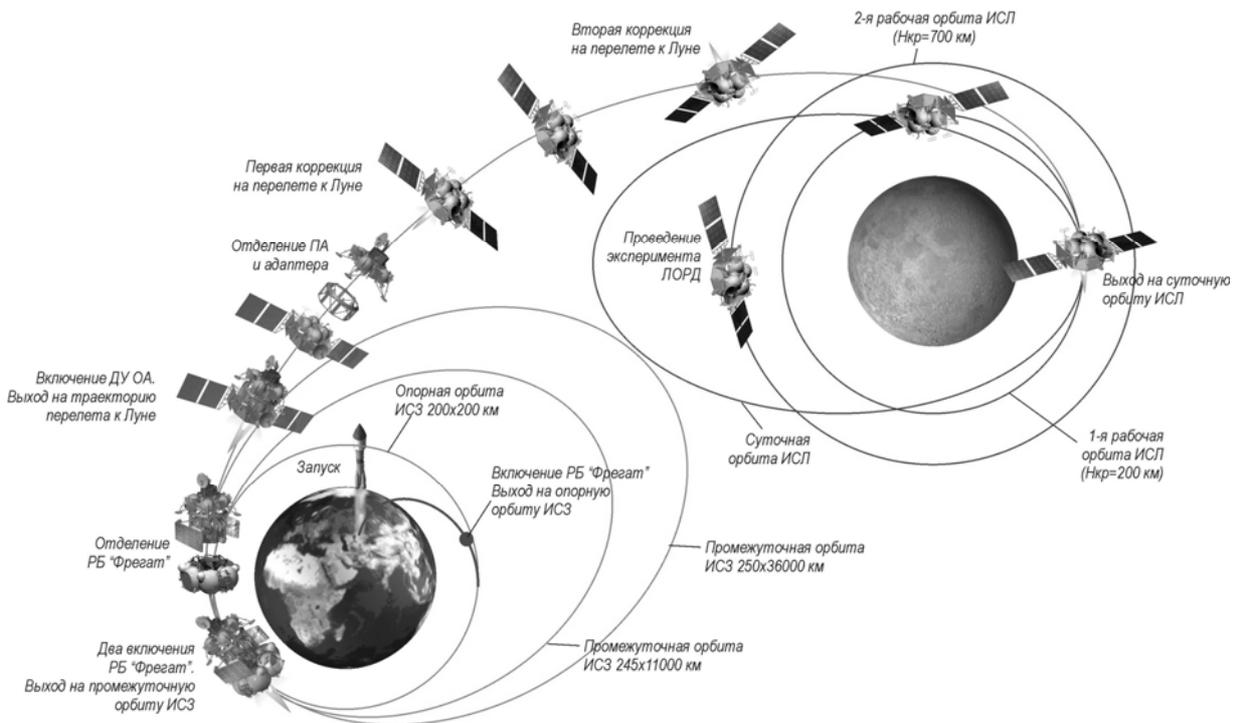


Рисунок 5. Орбитальная схема экспедиции «Луна-Глоб»

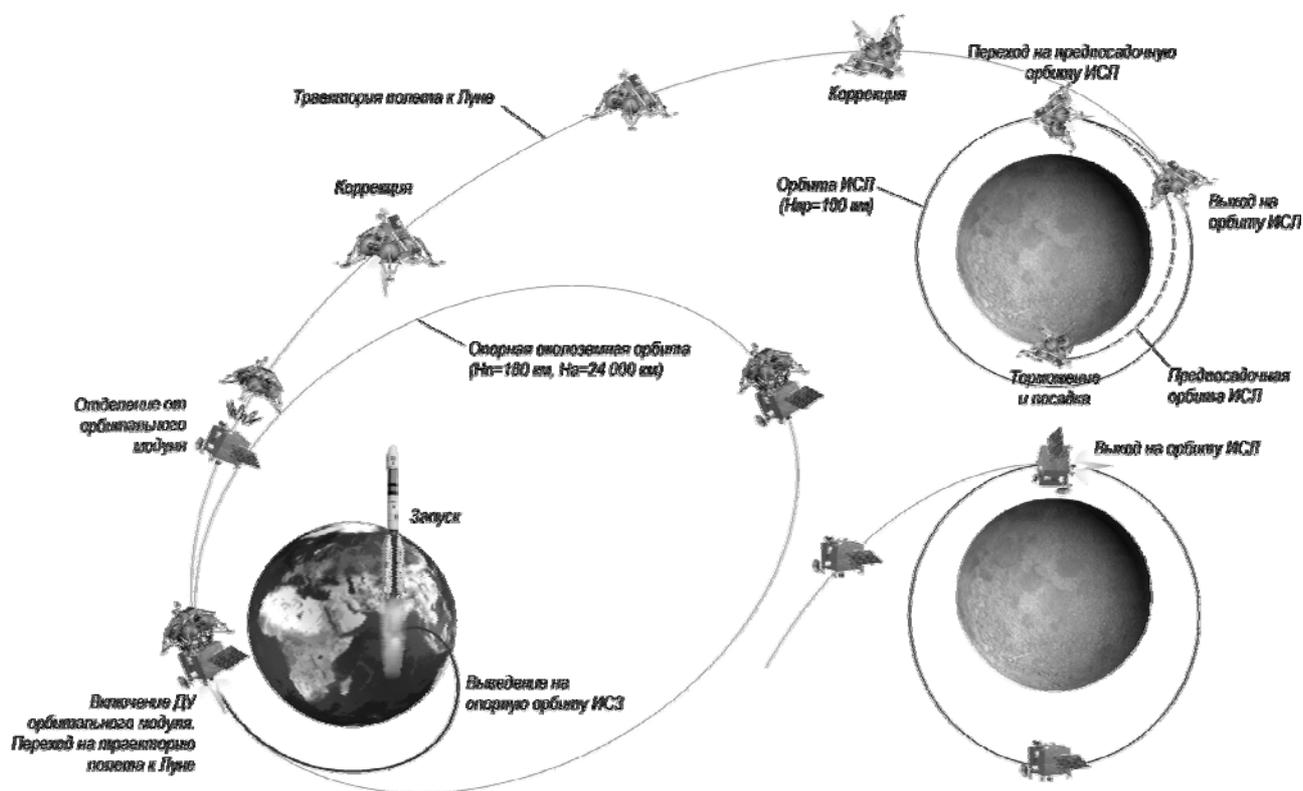


Рисунок 6. Схема экспедиции «Луна-Ресурс 1»

Полет космического комплекса «Луна-Ресурс 1» к Луне будет продолжаться от 4,5 до 10 суток. На этапе перелета к Луне должны быть проведены две коррекции орбиты. При подлете к Луне выполняется первое торможение, переводящее посадочный аппарат на круговую орбиту ИСЛ. Через двое суток после перехода на круговую селеноцентрическую орбиту должна быть выполнена первая орбитальная коррекция для формирования предпосадочной орбиты. При необходимости, по результатам измерения орбиты, может быть проведена вторая орбитальная коррекция. Затем выполняется второе торможение, переводящее аппарат с предпосадочной орбиты ИСЛ на траекторию снижения в заданный район посадки. Посадка будет проходить в два этапа: этап грубого и прецизионного торможения, который завершится снижением с постоянной скоростью 3 м/с с высоты 20 м. до касания с поверхностью. После посадки луноход должен будет съехать на поверхность Луны и начать выполнение индийской научной программы.

Основные планируемые эксперименты на российском посадочном аппарате следующие:

- изучение элементного состава и содержания водорода в реголите;
- изучение структуры поверхности и микрорельефа Луны в районе посадки;

- проведение контактных исследований в районе южного полюса Луны;
- исследование пылевой компоненты и электрических полей в приповерхностном слое;
- обнаружение летучих компонент, включая водяной лед;
- исследование реликтовых и наведенных магнитных полей;
- проведение сейсмических исследований;
- изучение взаимодействия солнечного ветра с реголитом поверхности Луны;
- изучение плазменной экзосферы ионов высоких энергий;
- исследование внутреннего строения Луны;
- радиолокация подповерхностных структур грунта и ряд других экспериментов.

Общая масса посадочного аппарата составляет 1260 кг, включая массы научной аппаратуры около 34 кг и индийского лунохода 15 кг.

Проект «Луна-Ресурс 2» является национальным. Основной задачей этой экспедиции является доставка на Землю образцов вещества Луны из предварительно выбранных районов, представляющих особый научный интерес. В настоящее время для этого рассматриваются приполярные районы, где, как показывают проведенные исследования, содержатся залежи

водяного льда и районы на обратной стороне Луны, где еще не садился ни один КА.

В рамках проекта «Луна-Ресурс 2» предусматривается создание унифицированной посадочной платформы, лунохода с большим радиусом действия, взлетной ракеты с Луны, возвращаемого аппарата, средств загрузки и хранения образцов лунного вещества, доставляемых на Землю, а также технологии обеспечения высокоточной посадки, например, по сигналам радиомаяка, предварительно установленного на Луне.

Выполнение поставленной задачи проекта «Луна-Ресурс 2» предполагается осуществить при помощи двух последовательных экспедиций:

1. Доставка многофункционального (тяжелого) лунохода на Луну;
2. Доставка на Луну взлетной ракеты для возврата на Землю образцов грунта, собранного луноходом.

Основными задачами, решаемыми в экспедиции с тяжелым луноходом, являются:

- разведка запасов и распределенности химических элементов;
- уточнение локального рельефа;
- забор образцов грунта в нескольких точках и с разной глубины;
- отработка ключевых технических средств для последующих экспедиций по разворачиванию лунной базы.

Основными задачами, решаемыми во второй экспедиции, являются:

- отработка ключевых технических средств для последующих экспедиций по разворачиванию лунной базы;

- доставка на Землю образцов лунного грунта для весьма детального анализа.

Полученные результаты могут дать ключевую информацию об образовании Солнечной системы, Луны и даже возникновения простейших форм органической жизни.

Результаты этой экспедиции должны составить основу для технико-экономического обоснования целесообразности использования лунных ресурсов для экономики Земли.

В первой экспедиции в предполагаемый район проведения исследований будет доставлен многофункциональный луноход с большим радиусом действия. Учитывая специфику управления луноходом в приполярных кратерах и на обратной стороне Луны, в состав этой экспедиции целесообразно включить лунный спутник-ретранслятор, размещаемый на высокоэллиптической орбите с апоцентром над зоной работы лунохода.

В состав космического комплекса на этом этапе входят орбитально-посадочная платформа с луноходом и спутник-ретранслятор.

Запуск на РН «Зенит» с РБ «Фрегат-СБ».

На втором этапе в космический комплекс входят орбитально-посадочная платформа со взлетной ракетой.

Запуск на РН «Союз-2».

На рисунке 7 показана схема экспедиции космического комплекса «Луна-Ресурс 2» (второй этап).

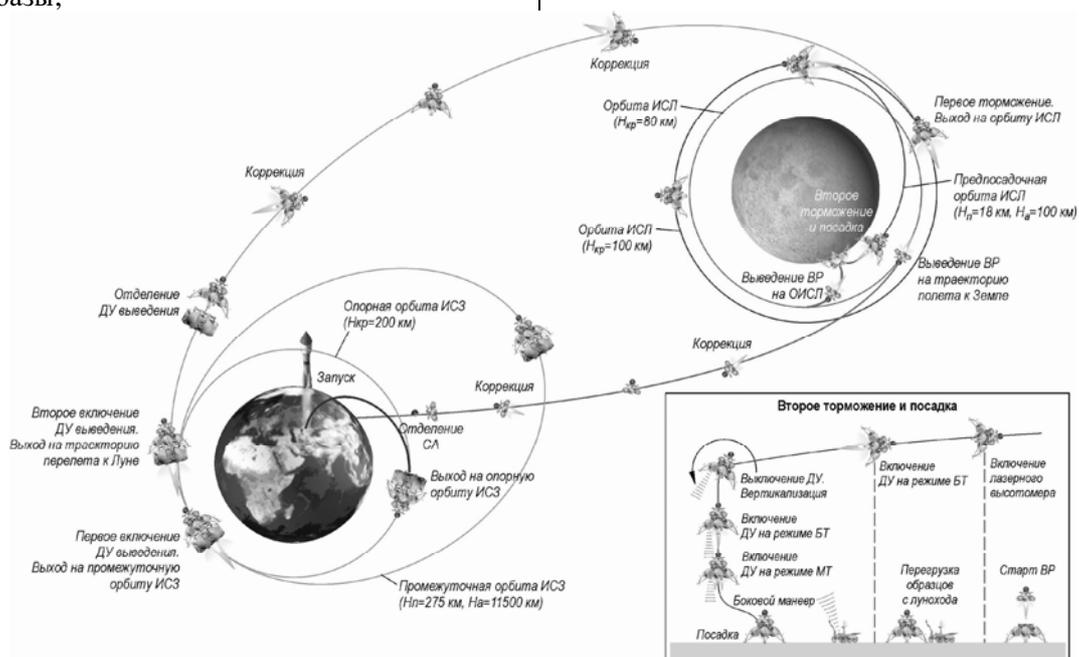


Рисунок 7. Схема экспедиции «Луна-Ресурс 2»

В связи со спецификой запуска возвратной ракеты из приполярных районов и с обратной стороны Луны, а также имеющимися требованиями к точности посадки, целесообразно осуществлять полет возвратной ракеты к Земле с предварительным выводом ее на окололунную орбиту с выполнением необходимых коррекций траектории перелета Луна – Земля.

При проектировании космических комплексов «Луна-Глоб» и «Луна-Ресурс 1,2» используются модули, разработанные в проекте «Фобос-Грунт» [4].

Завершающим этапом предлагаемой перспективной программы исследования Луны является проект «Лунный полигон». Он предусматривает развертывание научных, служебных и технологических комплексов на базе автоматических универсальных мобильных средств. Этот проект должен лечь в основу последующих национальных и международных пилотируемых экспедиций, в частности, на Луну.

Лунный полигон будет условно разделен на научную, служебную, технологическую и взлетно-посадочную зоны.

Коротко опишем только научные модули полигона. Это должны быть тяжелые стационарные многофункциональные научные станции для разнообразных экспериментов. В них необходимо предусмотреть возможность замены, монтажа и ремонта отдельных приборов в автоматическом режиме, а также возврат на Землю небольших контейнеров с веществами, полученными в экспериментах. Малые автономные научные станции, развертываемые с помощью луноходов, в том числе, за пределами полигона. Стационарная астрофизическая станция с радио (может быть и оптическим) телескопами. Исследовательские луноходы с большим радиусом действия для операций за пределами полигона.

На рисунке 8 представлен общий вид лунного полигона.

В обобщенном виде описанная выше перспективная программа исследования Луны автоматическими средствами представлена в таблице.

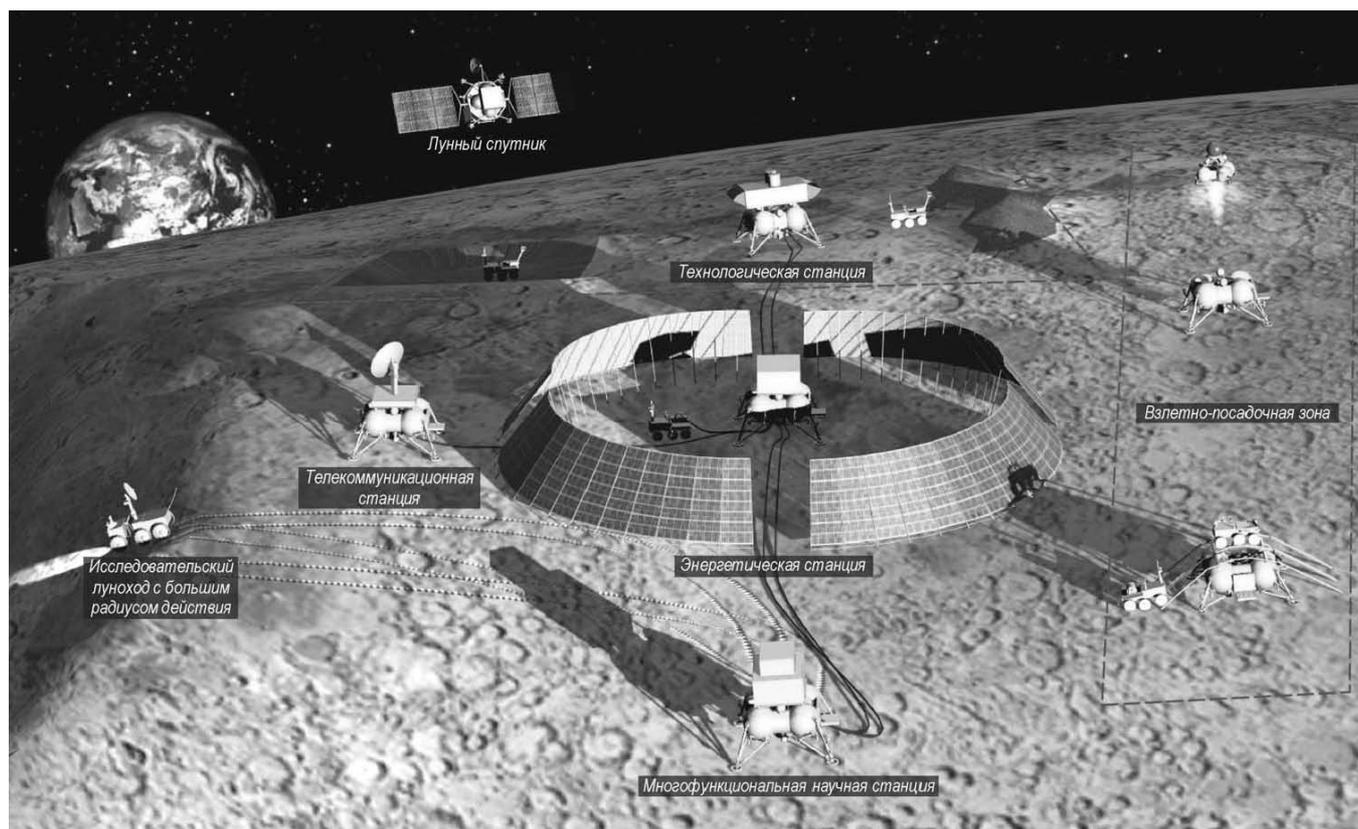
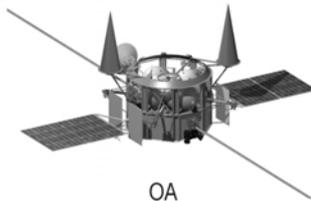


Рисунок 8. Общий вид лунного полигона

**Таблица
Российская программа исследования Луны автоматическими средствами**

<p>Луна-Глоб: Дистанционные исследования Луны с борта орбитального аппарата; проведение контактных исследований в приполярном районе Луны; разведка природных ресурсов; исследование воздействий на Луну приходящих корпускулярных потоков и электромагнитного излучения</p>	 ОА	 Посадочная станция		
<p>Луна-Ресурс/1: Контактные исследования в приполярном районе Луны</p>	 Посадочная станция (Россия) с индийским ЛХ	 ОА (Индия)		
<p>Луна-Ресурс/2: Проведение широкого спектра исследований как с орбиты ИСЛ, так и на поверхности Луны с помощью многофункционального лунохода, отбор образцов грунта</p>	 Посадочная платформа	 ПА с ВР	 Спутник-ретранслятор	
<p>Лунный полигон: Создание на поверхности Луны научно-исследовательского полигона</p>				

Особенно интересен для ученых перспективный проект – создание автоматического радиотелескопа на Луне, состоящего из отдельных приемников радиоизлучения, которые распределены на ее поверхности. Проект предполагает создание антенного поля, состоящего из локальных приемников излучения на площади в несколько десятков квадратных километров. Идеальное место такой обсерватории – обратная сторона Луны, полностью экранированная от земных радиоимпульсов как естественного, так и искусственного происхождения.

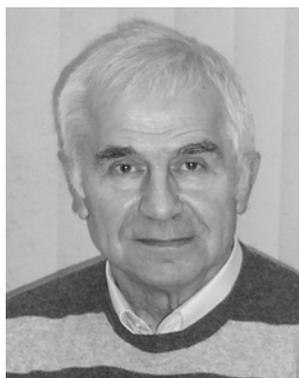
На реализацию предложенной перспективной программы мы смотрим с оптимизмом.

Список литературы

- 1 Пичхадзе К.М., Ефанов В.В., Мартынов М.Б. Создание автоматических комплексов для научных исследований Луны: Вчера; Сегодня; Завтра// Полет, 2010. № 11.
- 2 Автоматические космические аппараты для фундаментальных прикладных научных исследований / Под общ. ред. Г.М. Полищука и К.М. Пичхадзе. М.: МАИ-ПРИНТ, 2010. 660 с.
- 3 Зеленый Л.М., Захаров А.В., Ксанфомалити Л.В. Исследования Солнечной системы, состояние и перспективы //Успехи физических наук, 2009. Т. 179, № 10. С. 1118-1140.
- 4 Космические модули комплекса «Фобос-Грунт» для перспективных межпланетных станций / Г.М. Полищук и др. // Вестник ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина, 2009. № 2. С. 3-7.

**ЗЕЛЕНЬИЙ****Лев Матвеевич**

директор Института космических исследований РАН, академик РАН
e-mail: lzelenyi@iki.rssi.ru

**ЗАХАРОВ****Александр Валентинович**

ученый секретарь Института космических исследований РАН,
доктор физико-математических наук
e-mail: zakharov@iki.rssi.ru

**ЗАКУТНЯЯ****Ольга Валерьевна**

главный специалист пресс-службы
Института космических исследований РАН,
кандидат филологических наук
e-mail: ozak@iki.rssi.ru

УДК 629.78.001.5:523.3(470)

ГРЯДЕТ ЛИ ЛУННЫЙ РЕНЕССАНС?

Л. М. Зеленый, А. В. Захаров, О. В. Закутняя

Если у тебя спрошено будет: что полезнее, солнце или месяц? – ответствуй: месяц. Ибо солнце светит днем, когда и без того светло; а месяц – ночью.

Козьма Прутков

В статье дается краткий обзор программы научных исследований Луны автоматическими средствами, которая была осуществлена в СССР в 1960–70 гг., прежде всего с помощью КА «Луна». Рассмотрены основные результаты, полученные в этот период: фотосъемка обратной стороны Луны, составление карт обратной стороны, мягкая посадка на поверхность, проведения дистанционных (с орбиты ИСЛ) и контактных (на поверхности) исследований состава лунной поверхности и окололунного пространства, автоматический забор грунта и доставка его на Землю. Значительная роль в лунных исследованиях принадлежала институтам Академии наук, в том числе Институту геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, а также созданному в 1965 году Институту космических исследований, в составе которого был организован Отдел Луны и планет под руководством К.П. Флоренского.

В заключении статьи рассматриваются нерешенные вопросы лунных исследований и возможность освоения нашего спутника. Значительную роль в начале этого процесса может сыграть перспективный проект исследования Луны «Луна-Глоб», который сейчас разрабатывается в России.

Ключевые слова: Луна; космические исследования; Институт космических исследований; К.П. Флоренский; освоение Луны.

WOULD THE LUNAR RENAISSANCE COME FORTH? L.M. Zelenyi, A.V. Zakharov, O.V. Zakutnyaya

The article gives a brief review of scientific program of the Moon unmanned studies, which was performed in the USSR in 1960–70, first of all by means of «Luna» SC. Main results obtained during that period are considered, that are: photographing of the Moon's far side, mapping of the Moon's far side, soft landing, remote (from the orbit of the artificial lunar satellite) and in situ (on the surface) studies of the Moon surface composition and circumlunar

space, automated soil sampling and its delivery to the Earth. Various institutes of the Academy of Sciences took an important part in the Moon studies, including Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, and Space Research Institute established in 1965, where the Moon and Planets Department was arranged led by K.P. Florenskiy.

In the conclusion the article considers some further issues of the Moon studies and possibility of its exploration. A challenging Moon exploration mission «Luna-Glob», being under development in Russia, can be an important step at the beginning of the process.

Key words: Moon; space exploration; Space Research Institute; K.P. Florenskiy; Moon exploration.

Идея полета на Луну или, шире, обитания на Луне, пожалуй, не менее древняя, чем само человечество. В древнем Китае существовала легенда о лунном зайце, живущем на Луне под коричневым деревом и круглый год толкущем в ступке снадобье бессмертия. В японской литературе можно прочитать историю о лунной принцессе по имени Кагуя (Кагуя-химе, персонаж «Такэтори-моногатари»), которая, пожив с людьми, возвращается на Луну.

С развитием астрономии тема полета на Луну в художественной литературе приобретала все более ярко выраженные «технические черты»: Жюль Верн описывал уже, хотя бы и в жанре научной фантастики, гипотетическую возможность полета на Луну с помощью средств артиллерии, Герберт Уэллс в повести «Первые люди на Луне» вводит уже совсем фантастический антигравитационный аппарат. Впрочем, перечислить все подобные повести, которые появились в это время, наверное, невозможно. Но одну из них стоит вспомнить: в 1893 году в приложении к журналу «Вокруг света» вышла небольшая повесть Константина Эдуардовича Циолковского «На Луне», где ученый попытался изложить существовавшие в то время гипотезы об условиях на поверхности Луны, основанные на имеющихся к тому времени научных данных. Позже, с началом космических полетов на наш спутник, многие из них подтвердились. В 1935 г. К.Э. Циолковский выступил консультантом научно-фантастического фильма «Космический рейс», снятого на «Мосфильме». Поразительно, что, несмотря на отдельные неточности, ключевые моменты, связанные с пребыванием на Луне и полетом, в этой ленте показаны достоверно – более чем за двадцать лет до космических экспедиций.

Но по-настоящему полет на Луну стал возможным лишь с появлением ракетной техники, которая смогла преодолеть порог второй космической скорости в 11,2 км/с. С этого момента человечеству открылся путь к Луне и планетам.

Лунная программа обеих космических сверхдержав: СССР и США — хорошо описана в литературе, не в последнюю очередь благодаря тому, что ее значительную часть составляла подготовка пилотируемого полета на наш спутник. Мощный политический стимул — желание

опередить конкурирующую сторону — определил и силу, и слабость этой первой лунной программы. Сила ее была в том, что исследования Луны были в достаточной степени подкреплены финансово и организационно, что сделало возможным частый запуск космических аппаратов к нашему спутнику. Всего с 1959 по 1976 год было запущено 24 станции «Луна» и 5 станций «Зонд». То, что часть их по тем или иным причинам погибала, не должно нас смущать: шла отработка новой техники и на этом пути потери и ошибки были неизбежны. Слабость же этой программы состояла в отсутствии ясно выраженных долгосрочных целей изучения Луны. Это и привело к тому, что после успешной высадки американских астронавтов на поверхности земного спутника лунные программы обеих государств постепенно и в каком-то смысле естественным путем оказались «свернуты».

Между тем, политические соображения не были единственной движущей силой исследований Луны: и в Советском Союзе, и в США важными считались научное изучение ближайшего к Земле планетного тела. В этом контексте лунные проекты были составной частью исследований Солнечной системы в целом.

Напомним главные научные цели таких исследований [1]:

- Происхождение и эволюция Солнечной системы в целом.

- Происхождение и эволюция Земли с использованием подходов сравнительной планетологии.

- Эволюция климата и атмосфер планет земной группы (и, в последнее время, — возможно, и спутников планет-гигантов).

- Поиск жизни на других телах Солнечной системы.

Лунные исследования: изучение внутреннего строения и состава нашего спутника, — нацелены в первую очередь на решение первых двух задач.

В задачу данной статьи не входит подробный обзор научных результатов, полученных в ходе советских лунных миссий. Скорее, мы попытаемся кратко обрисовать историю лунной программы и ту роль, которую сыграла в ней академическая наука. Безусловно, в рамках короткой статьи этот обзор будет весьма ограничен, поэтому за дальнейшей информацией следует обращаться к источникам, указанным в литературе.

В заключение мы рассмотрим вопросы, связанные с сегодняшним состоянием дел в исследованиях Луны, и отметим основные проблемы и научные задачи, которые предстоит решить мировому научному сообществу.

Запуски к Луне начались в первый же год космической эры, когда была создана и испытана новая ступень ракеты-носителя, что позволило разогнать космический аппарат до второй космической скорости. После трех неудачных запусков в 1958 году КА, названный «Луна-1» (рисунок 1), 2 января 1959 года был отправлен к Луне. Хотя первоочередная задача этого запуска (попадание в Луну) не была выполнена — из-за неисправности системы управления КА прошел вблизи Луны на высоте 5965 км — «Луна-1» стала первым аппаратом, пролетевшим вблизи земного спутника, а также первой «искусственной планетой» — рукотворным объектом, вышедшим на гелиоцентрическую орбиту. Благодаря этому в мировой прессе «Луна-1» получила название «Мечта».

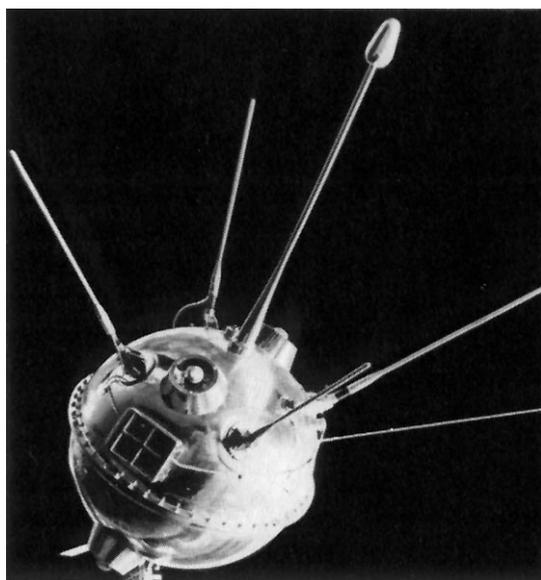


Рисунок 1. КА «Луна-1», первый рукотворный объект, достигший Луны и вышедший на гелиоцентрическую орбиту

КА «Луна-1» нес комплекс приборов для исследования окололунного пространства: ионные ловушки, магнитометры, приборы для измерения потоков космических лучей и микрометеоритов. Эти и последующие измерения на КА «Луна-2» (запуск 12 сентября 1959 года) привели к двум значительным открытиям. Во-первых, впервые удалось экспериментально обнаружить солнечный ветер — поток заряженных частиц, прежде всего, протонов, исходящих от Солнца. Это открытие было сделано К.И. Грингаузом, тогда сотрудником Радиотехнического института АН СССР (позже он работал в Институте космических исследований). Во-вторых, было установлено, что у Луны



**Грингауз Константин Иосифович
(1918—1993 гг)**

нет магнитного поля (позже это наблюдение было подтверждено данными «Луны-10», первого искусственного спутника Луны, в 1966 году [2]).

Следующим важным этапом лунных исследований стала фотосъемка обратной стороны Луны — разрешение извечной загадки естественного спутника нашей планеты, всегда обращенного к Земле одной стороной. Ее успешно выполнил КА «Луна-3» (рисунок 2), запущенный 4 октября 1959 года, ровно через два года после Первого спутника. Эта работа была важна в первую очередь для того, чтобы сравнить строение видимой и обратной сторон Луны. Снимки, переданные на Землю КА «Луна-3» (рисунок 3), впервые показали морфологическую асимметрию лунного шара: оказалось, что морские образования, столь знакомые нам на видимой стороне, практически отсутствуют на обратной. Не видимая с Земли сторона Луны представляет собой практически единый материковый щит с небольшими депрессиями, заполненными лавой. Позже эти наблюдения были подтверждены данными КА «Зонд-3» (1965 г.) и американским КА серии Lunar Orbiter [2].

Три проекта и три достижения знаменовали собой завершение первого этапа лунных исследований, который можно условно назвать «разведывательным». На смену ему пришла более последовательная концепция лунных исследований. Если главной целью первого этапа исследований 1958–60 гг. было достижение Луны, то в следующие годы предстояло решить более сложную технически и более интересную с точки зрения науки задачу — выйти на орбиту искусственного спутника Луны, осуществить мягкую посадку на ее поверхность и провести научные измерения. В это же время была задумана и концепция лунохода — самоходной автоматической станции с комплексом научной аппаратуры для проведения исследований в различных точках лунной поверхности.



Рисунок 2. КА «Луна-3», впервые в мире осуществивший фотосъемку обратной стороны Луны

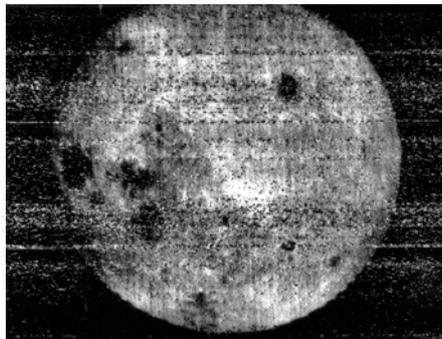


Рисунок 3. Фотография обратной стороны Луны, полученная КА «Луна-3»



Рисунок 4. Карта обратной стороны Луны

Так, в конце 1962 года М.В. Келдыш, тогда президент Академии наук СССР, в письме в директивные органы обозначил основные направления изучения Луны, которые должны были явиться первым этапом изучения нашего спутника. Помимо указанных выше, в них входил и облет Луны космическим кораблем с космонавтом на борту с возвращением на Землю. По мнению Келдыша, мероприятия этого этапа могли бы быть осуществлены уже в 1963–64 годах [3].

В действительности выполнение этих планов заняло больше времени и проходило в два этапа. В 1963–68 гг. были осуществлены мягкая посадка и вывод КА на орбиту искусственного спутника Луны. Позже, в 1969–76 годах был воплощен замысел лунохода и проведены эксперименты по отбору и возвращению на Землю лунного грунта.

Первая половина 60-х годов была ознаменована, скорее, неудачами: после экспедиции «Луны-3» и вплоть до начала 1966 года космические аппараты, отправленные к Луне для фотосъемки или, позже, для мягкой посадки на поверхность, либо не выходили на расчетную траекторию, либо, из-за технических неполадок, не выполняли планируемые эксперименты. Исключением стал запуск марсианского КА «Зонд-3», который в 1965 году совершил пролет вблизи Луны с фотографированием ее обратной стороны. Однако во второй половине 60-х годов ситуация начала меняться.

Этот период развития лунной программы и космических исследований в целом был также ознаменован двумя событиями, имевшими организационный характер.

Во-первых, в 1965 году работы по планетной программе, в том числе и работы по Луне, были переданы из ОКБ-1 С.П. Королева в НПО им. С.А. Лавочкина (тогда — ОКБ и Машиностроительный завод им. С.А. Лавочкина) под

руководством Г.Н. Бабакина. Во-вторых, в это же время по инициативе М.В. Келдыша в составе Академии наук СССР создается Институт космических исследований, призванный стать головным институтом по исследованию космического пространства и объединить научные группы, до этого момента работавшие по теме космических исследований в составе разных институтов и организаций. Постановление Совета министров о создании ИКИ датировано 15 мая 1965 года.

Поскольку речь шла о комплексном исследовании космического пространства, в составе ИКИ был организован отдел Луны и планет, куда вошли сотрудники различных институтов, до этого момента проводивших планетные исследования: Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ), Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга МГУ (ГАИШ), Института физики Земли и др. Научное руководство формированием планетного направления первый директор ИКИ академик Г.И. Петров передал в руки вице-президента АН СССР, академика А.П. Виноградова, бывшего директором ГЕОХИ. Практическое же руководство созданием отдела было возложено на К.П. Флоренского, также сотрудника ГЕОХИ.

Формирование нового коллектива было делом непростым, поскольку требовалась не столько новая лаборатория, более или менее успешно конкурирующая с уже существующими рабочими группами в тех же институтах, но своего рода «мозговой» или «экспертный центр», который мог бы организовывать работу других организаций в части космических и наземных экспериментов.

Стоит напомнить, что планетология в это время начала стремительно меняться в связи с появлением возможности проводить эксперименты в непосредственной



Флоренский Кирилл Павлович (1915—1982гг)

близости или даже на поверхности тел Солнечной системы. На смену астрономическим методам пришли методы геологические и геохимические. Именно поэтому в состав нового отдела вошли специалисты в самых различных областях наук: геологии, геохимии, геоморфологии, астрометрии и астрономо-геодезии, картографии. Именно такой симбиоз разнородных, в общем, дисциплин был необходим, по мысли организаторов отдела, для работы координаторов и организаторов лунной программы — в полном соответствии с идеей академика М.В. Келдыша об основной задаче Института. Такой способ организации работы был тем более важен, что развертывающаяся лунная программа потребовала значительного научного сопровождения будущих проектов.

Период становления отдела совпал по времени с рождением программы лунных автоматов в КБ завода им. С.А. Лавочкина под руководством Г.Н. Бабакина. Первый лунный КА, созданный специалистами завода (поскольку чертежи и документация были разработаны еще в ОКБ-1, этот аппарат принято считать «совместной работой» специалистов двух конструкторских бюро), под названием «Луна-9» (рисунок 5), успешно «прилунился» в Океане Бурь, выполнив тем самым важную техническую задачу — обеспечение мягкой посадки. На борту «Луны-9» были установлены телевизионная камера для съемок панорам лунной поверхности, гамма-спектрометр для исследования состава лунных пород (к сожалению, из-за поломки он был отключен) и прибор для регистрации корпускулярного излучения во время полета и на поверхности Луны (НИИЯФ МГУ). Главным результатом проекта стала первая в мире круговая фотопанорама поверхности Луны. Изображения лунного ландшафта с разрешением отдельных деталей сантиметрового масштаба (рисунок 6) позволили уже на первых этапах анализа изображений

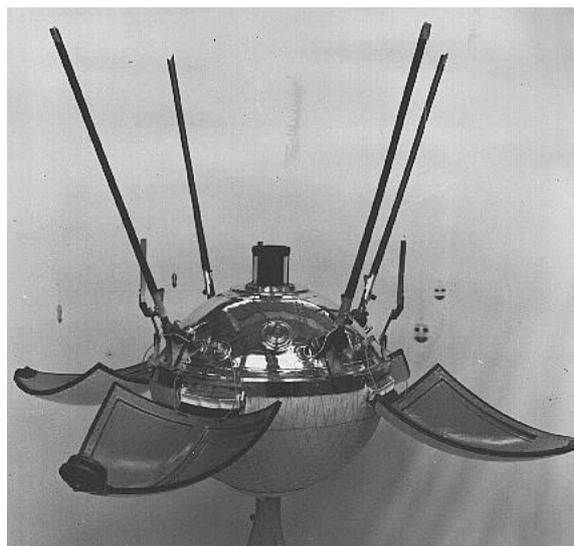


Рисунок 5. Посадочный модуль КА «Луна-9»

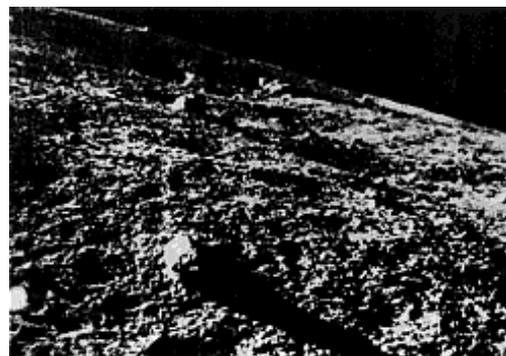


Рисунок 6. Фотография поверхности Луны, полученная КА «Луна-9»

составить довольно полное представление о структуре лунного реголита [2]. Кроме этого, прибор для регистрации корпускулярного излучения зарегистрировал интересный феномен: если сравнить потоки космических лучей в открытом космосе и на поверхности Луны, где поле зрения прибора уменьшено в два раза из-за экранировки телом Луны, то окажется, что потоки уменьшились не в два, а только в 1,6 раза, что свидетельствует о радиоактивности лунной поверхности и частиц альbedo космических лучей. Учет этих факторов позволил определить радиоактивность лунной поверхности, которая оказалась близкой к радиоактивности земного грунта [4; 5].

Через три месяца КА «Луна-10» (запуск 31 марта 1966 г.), представлявший собой модифицированный КА для мягкой посадки, вышел на орбиту искусственного спутника Луны с параметрами: апоселений 1000 км, периселений 350 км, наклонение 71,9 градусов. Станция несла представительный набор научной аппаратуры, включавший гамма-спектрометр, радиометр, магнитометр, приборы для изучения солнечной плазмы, регистрации инфракрасного излучения Луны, обнаружения рентгеновского

флуоресцентного излучения Луны, а также регистратор метеоритных частиц. Аппарат проработал 56 дней. За это время были впервые получены данные об общем химическом составе Луны по характеру гамма-излучения ее поверхности, в том числе, впервые измерено содержание естественных радиоактивных элементов (калия, урана, тория), и определен тип пород на поверхности Луны. Было обнаружено присутствие на поверхности частиц реголита неокисленных форм железа, титана и кремния. Наконец, «Луна-10», как уже говорилось выше, подтвердила отсутствие у Луны собственного дипольного магнитного поля. Кроме этого, на первом ИСЛ были проведены пионерские работы по изучению гравитационного поля Луны методом анализа траекторных данных аппарата. По результатам этих исследований были обнаружены, в частности, аномальные усиления гравитационного поля в северном полушарии видимой и экваториальной области обратной стороны Луны, которые позже наблюдались с помощью американских КА серий Lunar Orbiter и Lunar Prospector.

Кратко перечислим экспедиции советских космических аппаратов к Луне 1966–1969 гг. с основными научными задачами (более подробно список советских и американских КА, в том числе и неудачных запусков, можно найти в [1]):

«Луна-11» (28 августа 1966 г.) — повторная экспедиция КА для выхода на орбиту ИСЛ, аналогичная «Луна-10». К сожалению, из-за нарушений ориентации аппарата полезные изображения не были получены. Аппарат был выключен через 38 дней после старта. Несмотря на неполадки, за время работы КА была получена научная информация, как о Луне, так и об окололунном пространстве.

«Луна-12» (22 октября 1966 г.) — искусственный спутник Луны, модернизированный для фотографирования Луны с орбиты и для плазменных исследований. На нем также были испытаны электродвигатели для будущего лунохода. Было получено 42 снимка лунной поверхности, уточнены данные об общем химическом составе Луны по характеру гамма-излучения ее поверхности. Проведены исследования радиационных условий и распределения микрометеоритов в окололунном пространстве. По эволюции орбиты КА изучалось гравитационное поле Луны.

«Луна-13» (21 декабря 1966 г.) — вторая мягкая посадка КА с более совершенной научной аппаратурой. КА прилунился в Океане Бурь. Станция передала на Землю три панорамы лунной поверхности при разной высоте Солнца. С помощью выносных приборов были измерены плотность и механические свойства лунного грунта, а также замерена эффективная температура лунного грунта, возрастающая по мере увеличения высоты Солнца над лунным горизонтом.

«Космос-159» (17 мая 1967 г.) и «Луна-14» (7 апреля 1968 г.) Первый КА повторял «Луна-12» за исключением

состава научной аппаратуры. «Космос-159» предназначался для измерений гравитационного поля и испытания системы связи для планировавшихся пилотируемых полетов (радиокомплекс). Этот аппарат испытывался только на околоземной орбите. Вторым этапом эксперимента стал запуск КА «Луна-14», на котором новый радиокомплекс отрабатывался в реальных условиях космического полета. Кроме этого, «Луна-14» несла радиометр для изучения радиационной обстановки вблизи Луны и тканевый дозиметр для исследования доз ионизирующего излучения. Также на борту «Луны-14» отрабатывались элементы будущего лунохода.

«Зонд-5» (ОКБ-1, 14 сентября 1968 г.) — облет Луны с возвратом на Землю. Непилотируемый испытательный полет лунного космического корабля. Получены фотографии Земли и успешно возвращен биологический контейнер с живыми организмами (в том числе, черепахи).

«Зонд-6» (ОКБ-1, 10 ноября 1968 г.) — облет Луны с возвратом на Землю. Непилотируемый испытательный полет лунного космического корабля. Получены фотографии обратной стороны Луны. В время полета произошла разгерметизация. КА разбился при посадке на территории СССР, но часть информации удалось восстановить.

«Луна-15» (13 июля 1969 г.) — КА следующего поколения, предназначенного для доставки лунного грунта. Этим запуском была предпринята попытка доставить образцы лунного вещества до экспедиции «Аполлон-11». Однако, КА «Луна-15» разбился в Море Кризисов.

«Зонд-7» (ОКБ-1, 7 августа 1969 г.) — облет Луны с возвратом на Землю. Успешный непилотируемый испытательный полет лунного космического корабля. Были получены цветные фотографии Земли и обратной стороны Луны, возвращен биологический контейнер.

Даже столь краткий обзор свидетельствует об огромной интенсивности работ в направлении лунных исследований (причем здесь не упомянуты неудачные пуски). Несмотря на то, что на первом плане «лунной гонки» всегда стоял пилотируемый полет на Луну, объем научных данных был также значителен. Исследовалась радиационная обстановка вблизи Луны, ее взаимодействие с солнечным ветром. Дистанционными и контактными методами изучался состав лунного грунта. На основе фотографий Луны восстанавливалось строение лунного шара и эволюция нашего спутника во времени, составлялись атлас и глобус Луны (эти работы вели специалисты ГАИШ МГУ). Отметим интересную деталь: именно на Луне обнаружилась самая крупная кольцевая ударная структура Солнечной системы. Ею стало образование, условно называемое «Бассейн Южный полюс — Эйткен», диаметр которого сравним с диаметром самой Луны. Дискуссии о происхождении этого образования продолжаются и сегодня [2].

Научное обеспечение этих полетов велось в недавно созданном Институте космических исследований, в частности, проводился сравнительный анализ точности существующих селенодезических систем и создавалась новая абсолютная система. Кроме этого, отдел Луны и планет ИКИ, вначале сосредоточенный исключительно на практических запросах космонавтики, постепенно включил в свою тематику сравнительное изучение эндогенных и экзогенных факторов формирования поверхностей Луны и планет. Эта тематика в дальнейшем естественным образом включила исследования доставленных на Землю образцов грунта из нескольких различных по своему геологическому строению районов. Здесь работа ИКИ тесно смыкалась с работой ГЕОХИ, где была организована лаборатория для приема и анализа образцов. Начиная с «Луны-15» и, фактически, до конца отечественной лунной программы, отдел Луны и планет ИКИ готовил к каждому полету всю необходимую документацию: выбор места посадки и выдачу исходных селенодезических данных, необходимых для управления КА на этапе схода с окололунной орбиты и мягкой посадки. Поскольку большое затруднение вызывало точное определение места посадки КА (что было особенно важно для планирования экспериментов на луноходах), то в отделе совместно с ИПМ АН СССР и КБ Г.Н. Бабакина был разработан и внедрен в практику защищенный авторским свидетельством специальный метод определения координат лунного аппарата после его мягкой посадки и без установки дополнительной аппаратуры. Он был впервые реализован при определении точки посадки «Лунохода-2» («Луна-21», 8 января 1971 года) и применялся в ряде последующих полетов лунных КА. В результате точность отождествления точек забора образцов лунного грунта достигала уже метров, и научная программа движения «Лунохода-2» могла планироваться в соответствии с реальной геоморфологической обстановкой. А в совокупности с картографическими документами, которые также готовились в отделе, с их специальной морфологической и геологической нагрузкой, появлялась прочная основа успешного решения разнообразных научных задач. Это и было практическим результатом сотрудничества специалистов разных дисциплин, которое закладывалось К.П. Флоренским при создании нового отдела ИКИ.

В 70-х годах из-за внутренних изменений в структуре ИКИ лаборатория К.П. Флоренского вернулась обратно в ГЕОХИ. Однако связь между институтами не прервалась, и сотрудники ИКИ, несмотря на некоторые трудности, по-прежнему поддерживают с коллегами из ГЕОХИ тесные деловые отношения в части исследований Луны и других планет Солнечной системы.

Всего в СССР было осуществлено три успешных автоматических экспедиции по забору грунта («Луна-16»,



Рисунок 7. Возвращаемые капсулы с лунным грунтом КА «Луна-16», «Луна-20» и «Луна-24»

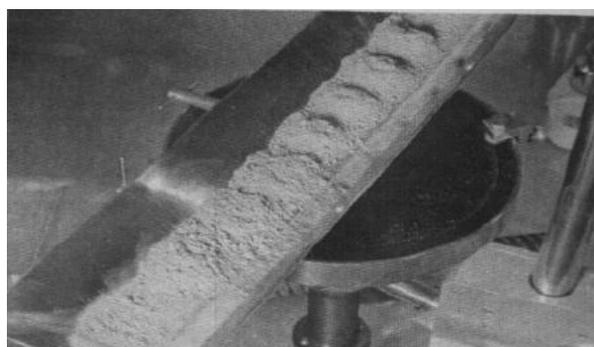


Рисунок 8. Лунный грунт, доставленный КА «Луна-20»

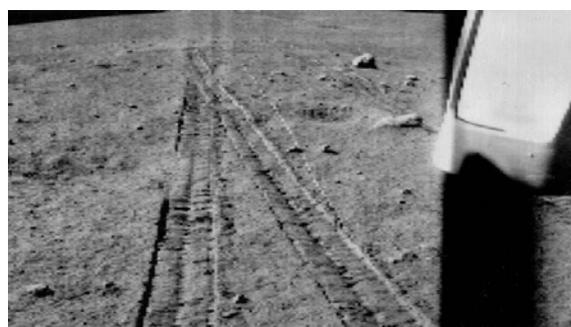


Рисунок 9. След лунохода на поверхность Луны

12 сентября 1970 г.; «Луна-20», 21 февраля 1972 г., «Луна-24», 9 августа 1976 г., общий вес доставленных образцов около 330 г – рисунки 7, 8) и два эксперимента с самоходными лунными станциями — луноходами, исследовавшими поверхность Луны (рисунок 9) в различных точках («Луна-17», доставившая на поверхность «Луноход-1», старт 10 ноября 1970 г.; «Луна-21», доставившая «Луноход-2», старт 8 января 1974 г.). Еще две станции: «Луна-19» (28 сентября 1971 г.) и «Луна-22» (29 января 1974 г.) работали на орбите искусственного спутника Луны, проводили фотосъемку ее поверхности и исследование состава поверхности. Кроме этого, последний аппарат серии «Зонд» — «Зонд-8» совершил облет Луны в 1970 г. и возвратил на Землю цветные снимки Луны и Земли.

Сейчас, в период бурного расцвета космических исследований, довольно странно осознавать, что большая часть наших знаний о Луне из космоса была получена в 60–70-е гг. прошлого века. Исследования Луны в СССР прямыми методами завершились в 1976 году с доставкой на Землю образцов грунта КА «Луна-24». Несмотря на то, что уже в это время в НПО им. С.А. Лавочкина был готов модернизированный «Луноход-3» для продолжения исследований на поверхности Луны, этому аппарату так и не суждено было оказаться в космосе. Лунная программа СССР была свернута, не в последнюю очередь из-за того, что к этому времени уже исчез главный — политический — мотив «лунной гонки». Примерно тот же процесс произошел в США: после экспедиции «Аполлон-17» (1972) в 1970 – начале 90-х гг. здесь не предпринимали других попыток отправиться к Луне. Первым аппаратом, за более чем 20 лет приблизившимся к Луне, была АМС «Галилео», которая дважды прошла через систему Земля/Луна на пути к Юпитеру и передала изображения обратной стороны Луны и ее полярной области.

Между тем, упадок интереса к Луне связан, скорее, с исчезновением политического стимула, который, так или иначе, остается важнейшим фактором космических исследований, нежели с исчерпанием ее «научного потенциала». Так, в частности, до сих пор неизвестен ответ на ключевой вопрос о происхождении Луны, который имеет отношение и к реконструкции истории Земли [6]. На нашей планете практически не осталось геологических свидетельств, по которым можно было бы восстановить ее историю в тот период, когда происходила первичная дифференциация Земли, закладывались атмосфера и океан. На Луне же, в отличие от Земли, сохранились породы, возраст которых достигает 4,5 млрд лет.

Тем не менее, вопрос о происхождении Луны до сих пор остается дискуссионным. Довольно распространена импактная гипотеза, согласно которой Луна появилась в результате катастрофического столкновения Земли с небесным телом величиной с Марс или больше. Существует и альтернативное предположение об одновременном образовании Луны и Земли как двойной системы из облака сгущающейся пыли. Эту гипотезу предложили и разрабатывают специалисты ГЕОХИ, Института прикладной математики и Института механики. Тестом же для проверки справедливости этих гипотез служит уточнение внутреннего строения Луны, в частности, размера и физических характеристик ее ядра, о которых до сих пор нет вполне достоверных сведений [6].

Другой интересный вопрос связан с поисками на Луне воды в виде залежей водяного льда. Эта задача, которая сейчас уже выполняется на американском спутнике LRO (на котором, в частности, установлен

нейтронный телескоп HEND, разработанный и изготовленный в ИКИ РАН), важна не только для понимания истории Луны, но и для возможного освоения нашего спутника, в частности, создания там обитаемой или автоматической лунной базы, о чем в последнее время заговорили в ведущих космических агентствах мира.

Первыми о необходимости «вернуться» на Луну с долгосрочными планами ее использования заявили США в лице президента Джорджа Буша, объявившего в 2004 г. программу Constellation. Эта программа предусматривала проведение обширных автоматических исследований для подготовки будущих пилотируемых экспедиций. Впрочем, по прошествии нескольких лет следующий президент Барак Обама приостановил выполнение программы из-за слабого прогресса в разработке новых средств выведения пилотируемых КА. Тем не менее, говорить о ее окончательном закрытии еще рано: вполне может быть, что при более благоприятных условиях идея обитаемой базы на Луне вновь начнет воплощаться. Тем временем, отчетливый интерес к Луне проявили ЕКА, Япония, Китай и Индия, отправившие к Луне КА SMART-1, Kaguya, Chang'e 1 и Chandrayaan-1 соответственно. Результаты, полученные ими, интересны, прежде всего, с научной точки зрения — Луна оказалась далеко не таким «мертвым» и безынтересным местом, как о нем привыкли думать.

Эти результаты могут способствовать и практическому освоению Луны уже не в столь далеком будущем, хотя делать определенные прогнозы относительно времени их исполнения пока рано. Вполне вероятно, что в отсутствие серьезного политического стимула, каким было соперничество между двумя сверхдержавами, «мирное» освоение Луны затянется на несколько десятилетий.

В России также готовится программа исследований Луны «Луна-Глоб», включающий посадочный и орбитальный аппараты. В число его научных задач входят, в частности, контактные методы поиска воды в реголите Луны, исследование внутреннего строения Луны с помощью сейсмометров, которые будут установлены на посадочном аппарате. На орбитальном аппарате будет установлен комплекс приборов для дистанционного изучения Луны.

Проект «Луна-Глоб» — это только первый проект Федеральной космической программы. Вслед за этим проектом уже сейчас готовится следующий проект — «Луна-Ресурс», создаваемый в соответствии с программой Российско-Индийского сотрудничества. Это будет тоже посадочный аппарат, во многом идентичный посадочному аппарату проекта «Луна-Глоб». Запуск этого посадочного аппарата будет осуществлен индийской ракетой-носителем совместно с индийским лунным орбитальным аппаратом. В ближайшей перспективе продолжение исследований

Луны в нашей стране будет, по-видимому, направлено на создание лунохода, способного собрать образцы грунта в наиболее интересных областях Луны и доставить их к другому космическому аппарату, способному сесть на поверхность Луны вблизи зоны действия лунохода, перегрузить эти образцы в возвращаемый аппарат и доставить их на Землю для детальных лабораторных исследований. За этапом исследований Луны последует этап ее освоения.

Впрочем, освоение Луны, как и любая другая техническая задача, требует, прежде всего, ясно поставленной цели. Ответ на вопрос, зачем человечеству нужна Луна, определит и облик будущей лунной базы. Так, на первых порах ведущими могут стать, прежде всего, научные задачи. Наш спутник вполне может стать удобной платформой для космических, прежде всего, астрофизических исследований. На Луне можно устанавливать стационарные телескопы больших размеров, с повышенной чувствительностью и угловым разрешением, не требующих охлаждения, и впоследствии наращивать эту группировку. Существующий технологический уровень позволяет приступить к решению этой задачи уже в настоящее время. В дальнейшем, при условии достаточного интереса к космосу и пилотируемым полетам, Луна может стать «промежуточным пунктом» для старта пилотируемой экспедиции на Марс. Наконец, в более далекой перспективе можно ожидать, что на Луну рано или поздно будет выведен ряд особо энергоемких производств, которые, как сейчас опасаются, могут необратимо нарушить существующий тепловой баланс на планете Земля [7].

Список литературы

- 1 Мороз В.И., Хантресс В.Т., Шевалев И.Л. Планетные экспедиции XX века // Космические исследования, 2002. Т. 40, № 5. С. 451–481.
- 2 Шевченко В.В. Исследования Луны за полвека. В сб. Пятьдесят лет космических исследований. По материалам Международного Форума, посвященного пятидесятилетию запуска Первого искусственного спутника Земли, Космос: наука и проблемы XXI века, октябрь 2007 года. Российская академия наук. Под ред. А.В. Захарова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. С.130-155.
- 3 Келдыш М.В. Избранные труды. Ракетная техника и космонавтика. М.: Наука, 1988.
- 4 Логачев Ю.И. Исследования космоса в НИИЯФ МГУ: Первые 50 лет космической эры / Ю.И. Логачев; под ред. проф. М.И. Панасюка. М., 2007. 176 с.
- 5 Измерение интенсивности проникающего излучения на поверхности Луны / С.Н. Вернов [и др.] // Доклады АН СССР, 1966. Т. 169, № 5. С. 1044–1047.
- 6 Галимов Э.М. Приоритеты в планетных исследованиях // Земля и Вселенная, 2006. № 2. С.3–17.
- 7 Утро. XXI век. Солнечная система: исследование и освоение/ Л.М. Зеленый [и др.] В сб. Космонавтика XXI века. М.: Изд-во РТСофт, 2010. С. 61—76.



АНФИМОВ

Николай Аполлонович

заместитель генерального директора по науке Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», академик РАН, доктор технических наук
E-mail: anfimov@mcc.rsa.ru



ГУБАЙДУЛЛИН

Валерий Шарифьянович

исполняющий обязанности начальника отдела Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»
E-mail: valsharg@korolev-net.ru



ЕВИЧ

Анатолий Филиппович

ведущий научный сотрудник Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», кандидат технических наук

УДК 629.788:523.3 Луноход-1

К 40-ЛЕТИЮ ДОСТАВКИ С ЛУНЫ НА ЗЕМЛЮ ОБРАЗЦОВ ГРУНТА И НАЧАЛА РАБОТЫ МОБИЛЬНОЙ ЛУННОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ «ЛУНОХОД-1»

Н.А. Анфимов, В.Ш. Губайдуллин, А.Ф. Евич

Приводится обзор основных результатов отечественной программы исследования Луны с использованием ракетно-космической техники. Рассматриваются основные технические задачи, решение которых обеспечило успешную реализацию доставки грунта Луны на Землю («Луна-16») и функционирование на Луне самоходного автоматического научного аппарата («Луна-17» - «Луноход-1»).

Ключевые слова: Луна; автоматическая станция; луноход; лунный грунт; возвращаемый аппарат.

FOR 40TH ANNIVERSARY OF DELIVERY OF LUNAR SOIL SAMPLES TO THE EARTH AND COMMENCEMENT OF OPERATIONS OF THE MOBILE LUNAR RESEARCH LABORATORY «LUNOKHOD-1». N.A. Anfimov, V.Sh. Gubaydullin, A.F. Yevich

This is a review of the main results of the native Moon research program using space-rocket technologies. Also there are considerations of major engineering tasks resolving of which provided for successful realization of lunar soil samples delivery to the Earth («Luna-16») and operating of self-mobile unmanned scientific system on the Moon («Luna-17» – «Lunokhod-1»).

Key words: the Moon; unmanned station; lunokhod; lunar soil; return vehicle.

Исследования Луны с использованием отечественной ракетно-космической техники проводились с 1959 («Луна-1») по 1976 («Луна-24») годы. Запущено 29 космических аппаратов (КА). Начиная с первых полётов, были получены уникальные научные данные о Луне: отсутствие у неё глобального магнитного поля («Луна-1»), фотографии обратной стороны («Луна-3»), первая полная кар-

та и глобус Луны («Зонд-3»), характер и состав поверхности («Луна-9» и «Луна-10»), гравитационное поле Луны, метеоритная и радиационная обстановка («Луна-11») и др. От пуска к пуску проводилась последовательная отработка возрастающих по сложности технических решений. Наиболее сложной и драматической оказалась задача мягкой посадки на Луну. Несмотря на серию неудач («Луна-4» -

«Луна-8»), работы не были остановлены. Упорство и настойчивость были вознаграждены - удалось отработать технику и технологию мягкой посадки («Луна-9» и «Луна-13»). Эта технология затем позволила успешно решить задачи возвращения на Землю грунта с Луны («Луна-16», «Луна-20» и «Луна-24») и доставки на Луну самоходных аппаратов («Луна-17» и «Луна-21»). Грамотная и последовательная стратегия создания автоматических КА для исследования Луны позволила отработать множество новых технических решений, которые нашли применение и при полётах к Марсу и Венере, и при осуществлении пилотируемых полётов на околоземной орбите.

Роль НИИ-88 (с 1967 г. ЦНИИмаш) в осуществлении отечественной лунной программы заключалась, в первую очередь, в разработке её рациональной стратегии. Реализация программы происходила в ходе дорогостоящего лунного соревнования двух государств - СССР и США. Американская космонавтика периода 1958-65 годов в основном находилась в роли догоняющей. В 1962 году президент США Дж. Кеннеди объявил, что американцы должны быть первыми людьми Земли, которые достигнут Луны, и тем самым продемонстрировать всему миру передовые достижения американской науки и техники. С этого времени стратегической целью лунной программы США стала реализация пилотируемых полётов на Луну. Советская лунная программа вначале была ориентирована только на облёт космонавтами Луны. Для осуществления пилотируемых полётов на Луну требовалось создание новой ракеты-носителя со стартовой массой свыше 2 тыс. т для вывода на низкую орбиту полезной нагрузки свыше 100 т (в СССР - программа получила название Н-1, в США - Saturn-V). Задача оказалась чрезвычайно дорогостоящей и сложной [1]. В то же время, для осуществления облёта Луны достаточно было носителя среднего класса грузоподъемностью 20 т, типа разрабатываемой в это время УР-500К («Универсальной Ракеты», получившей название «Протон-К») с разгонным блоком.

В 1965-1969 гг. в стенах НИИ-88 и за его пределами постепенно стало укрепляться мнение, что на первоначальном этапе исследования Луны относительно дешевые автоматические ракетно-космические системы могут обеспечить большую научную отдачу (на рубль затрат) по сравнению с пилотируемыми комплексами. На последующих этапах, когда возможности автоматов будут исчерпаны и станет ясно, что без человека дальнейшего прогресса в освоении Луны добиться не удастся, главенствующую роль станут играть пилотируемые комплексы.

Таким образом, в отличие от США, советская лунная программа предполагала три варианта со следующими конечными целями:

- пилотируемый облёт Луны («Союз 7К-ЛК1» + «Протон» + РБ-Д);

- пилотируемый полёт на Луну («Союз 7К-ЛОК» + Н-1 + РБ-Д);

- использование автоматических средств исследования Луны (УР500К-Е8).

Начиная с 1967 – 1968 гг. стало наблюдаться отставание в реализации отечественных пилотируемых вариантов лунной программы от американской программы Saturn-Apollo полёта на Луну. В этих условиях оставалась возможность сохранить лидирующее положение в рамках третьего варианта - исследования Луны автоматами.

Совместно с сотрудниками ОКБ им. С.А. Лавочкина ЦНИИмаш разработал обширную программу исследования Луны искусственными спутниками и луноходами. При этом предусматривалось использовать носитель УР500К, в 3,5 раза более мощный, чем королевская «семерка», с использованием которой автоматические лунные аппараты первого и второго поколений запускались с января 1959 г. по апрель 1968 г. Эта программа в 1969 - 1976 гг. была реализована («Луна-15» - «Луна-24») в достаточном объеме.

Выполнение многоцелевой программы полетов к Луне автоматических аппаратов третьего поколения потребовало разработки и практической реализации значительного объема баллистико-навигационных задач, составивших в целом уникальный комплекс баллистического обеспечения управления полетом лунных объектов. Разработанное ранее для полетов лунных автоматических аппаратов второго поколения баллистическое обеспечение не могло быть применено в данной программе вследствие имевших место коренных изменений как в полетных схемах и целевых задачах, так и по причинам существенных конструктивных особенностей и сложности аппаратов. Вместе с тем опыт, накопленный в ходе баллистического обеспечения предыдущих полётов, в определенной степени был использован при подготовке новой лунной программы и облегчил эту задачу. В частности, уточнение параметров гравитационного поля Луны, полученное в результате обработки траекторных измерений с КА «Луна-10», обусловило возможность перехода к полетам на низких окололунных орбитах.

Немалое значение имел и опыт организации баллистико-навигационных работ в условиях насыщенности полетов ответственными и необратимыми динамическими операциями.

Важной особенностью комплекса баллистического обеспечения полётов лунных станций третьего поколения стала его многоплановость, обусловленная как разнообразием целевых задач осуществленных полетов, так и применением в составе аппаратов новых видов приборного оборудования, предназначенного для

управления движением на различных этапах полета: наземного и бортового радиокомплекса «Сатурн-МС», систем солнечно-земной ориентации и гиросtabilизации, двигательной установки КТДУ и двигательной системы мягкой посадки, систем радиоальтиметрирования на участках спусков, доплеровской системы измерений при посадке на Луну, стартового комплекса возвращаемых аппаратов. В той или иной степени обеспечение нормальной работы этих комплексов и систем требовало расчета баллистических данных и соблюдения определенных траекторных ограничений. Эта многоплановость привела к необходимости баллистического взаимодействия с целым рядом смежных организаций, учета их специфических требований и пожеланий. В силу динамического характера лунной программы в основу формализации баллистического взаимодействия были положены баллистические протоколы, создававшиеся по мере необходимости и содержавшие строго оговоренные алгоритмы и процедуры взаимодействия, а для каждого конкретного полета формировался детальный операционно-временной график.

Следует подчеркнуть, что в рамках созданного баллистического комплекса был решен ряд новых задач, основными из которых являются:

- определение и оценка точности расчета орбит КА, выводимых на окололунные траектории с относительно малыми высотами полета в условиях недостаточного знания параметров гравитационного поля Луны;
- расчет коррекций перелетных траекторий и орбит ИСЛ с целью оптимального формирования посадочных орбит при существенных энергетических и навигационных ограничениях;
- расчет торможения аппаратов для выведения КА на орбиту ИСЛ и для посадки на Луну в условиях выполнения требований, необходимых для нормального функционирования системы мягкой посадки;
- место определения точек посадок на Луне и, для возвращаемых аппаратов, на Земле;
- расчет стартов с Луны и поисковых зон на Земле;
- расчет параметров альтиметрирования.

Особое место в ходе баллистического обеспечения полетов лунных аппаратов заняло совершенствование алгоритмов обработки траекторных измерений систем «Сатурн-МС», включая отработку нового вида измерений разностей радиальных скоростей относительно разнесенных НИПов, а также юстировку вновь вводимых систем.

При всех пусках аппаратов нового поколения баллистическое обеспечение полетами объектов подготавливалось и выполнялось баллистическими центрами

ЦНИИмаш (ГБЦ), ИПМ АН СССР и ЦНИИ-4 МО под руководством Межведомственной Главной Баллистической группы (МГБГ) во взаимодействии с Главной оперативной группой управления (ГОГУ) и приданной ей баллистической группой на КИП в районе г. Симферополь. В связи с этим на КИП была организована ЦНИИмаш станция для автоматического приема баллистической информации в ГОГУ.

К баллистическому обеспечению полета также привлекались вычислительные центры и средства НИПов, выполнявшие расчет целеуказаний для своих средств.

Объем, содержание и контрольные сроки выполнения оперативных баллистических работ определялись программными материалами, инструкциями по баллистическому обеспечению, баллистическими протоколами и временными графиками.

Каждому пуску предшествовала предполетная баллистическая подготовка, при которой использовались результаты послеполетного анализа предыдущих объектов и выводы из проделанной работы.

Первоочередным мероприятием новой лунной программы ЦНИИмаш было предложено доставить лунный грунт на Землю. Главный конструктор Машиностроительного завода имени С.А. Лавочкина (НПО им. С.А. Лавочкина) Г.Н. Бабакин одобрил эту идею и приступил к её реализации. Через два года (1970 г.) эта идея была успешно реализована на практике - автоматическая станция «Луна-16» доставила лунный грунт (100 г) на Землю. Выполнение автоматического старта взлётной ракеты станции «Луна-16» с поверхности Луны потребовало решения комплекса принципиально новых задач. Для старта и вывода возвращаемого аппарата на расчетную баллистическую траекторию, обеспечивающую посадку в намеченный район Земли, необходимо было точно определить координаты точки прилунения, время старта с Луны, запомнить на борту «вертикаль» перед посадкой и обеспечить достижение необходимой скорости в конце активного участка. Чтобы представить себе всю сложность выполненных задач, обратим внимание хотя бы только на высокую точность прилунения. Для этого потребовались уникальные измерения низкой окололунной орбиты и исключительно точные маневры станции. При расчете этих маневров надо было учесть малоизвестные эволюции орбиты под влиянием аномалий лунного поля тяготения. Дополнительные требования к точности измерений и расчётов были обусловлены тем, что коррекция при полёте к Земле из-за ограничений по массе аппарата не была предусмотрена.

Не менее сложной была и задача забора грунта. Примером, подтверждающим сложность этой задачи, является осуществляемая с большими трудностями работа по созданию, спустя 40 лет, грунтозаборного

комплекса для космического аппарата «Фобос-грунт». Было проработано много вариантов грунтозаборного комплекса для «Луны-16», в том числе способов забора грунта. Окончательно был выбран вариант с бурильной установкой.

Оригинальные технические решения были найдены для осуществления мягкой посадки без подскока в условиях низкого тяготения. Взамен сложного автоматического управления посадочными лапами станции конструкторы создали механические «мышцы» с нужными свойствами. Специалисты по теории упругости, металлурги, испытатели извели немало металла, пока подобрали нужный сплав и форму [2].

В отличие от прежних советских «лунников», а также американских аппаратов серии Surveyor, впервые в практике мировой космонавтики мягкая посадка автоматической станции «Луна-16» на лунную поверхность была произведена с орбиты искусственного спутника Луны. До этого подобная схема посадки на Луну применялась лишь в ходе полетов пилотируемых космических кораблей Apollo, где все наиболее ответственные операции по определению местоположения, ориентации и маневрированию возлагались на членов экипажа. Успешная реализация такой же схемы посадки при полете автоматической станции с дистанционным управлением с Земли принципиально допускает доставку станции в любую точку поверхности Луны. Это последнее обстоятельство позволяет значительно раздвинуть границы исследуемых лунных территорий. Проба лунного грунта станцией «Луна-16» была взята из Моря Изобилия почти в 1000 км от места высадки астронавтов Apollo-11 и более чем в 2000 км от места посадки Apollo-12. В последующем доставка грунта успешно была осуществлена из горного района лунного материка («Луна-20») и Моря Кризисов («Луна-24»).

Сравнивая процессы создания станций «Луна-16» в те годы и «Фобос-Грунт» в настоящее время, следует отметить, что наземной экспериментальной отработке тогда уделялось большее внимание. Например, для отработки слежения за спускаемым на Землю аппаратом и его обнаружения после приземления десятки раз осуществлялись броски опытного изделия возвращаемого аппарата со сверхзвукового самолёта на различные участки земной поверхности.

Кроме основной задачи – доставки на Землю лунного грунта, станция «Луна-16» выполнила большую программу научных исследований. Производились неоднократные замеры температуры элементов конструкции станции и уровня радиации на поверхности Луны, проводились сеансы телефотометрических передач изображения лунной поверхности. После доставки лунного грунта на Земле был проведен анализ его теплофизических свойств, знание которых затем

было использовано при расчетах тепловых режимов аппаратов, доставляемых на поверхность Луны [3].

Все задачи были успешно решены. Впервые примененный на практике способ посадки на Луну автоматической станции с взлётной ракетой позволил решать задачи систематического изучения различных районов небесных тел надежными, безопасными и экономически выгодными способами.

Учёные, конструкторы, рабочие и все те, кто проводил эту сложнейшую работу, могут по достоинству гордиться своим вкладом в обеспечение полета «Луны-16».

Следующий этап лунной программы заключался в доставке на Луну самоходного аппарата «Луноход-1». Созданная для этого автоматическая станция «Луна-17» конструктивно являлась модификацией станции «Луна-16» [4]. Использована та же, несколько доработанная, посадочная ступень, но вместо взлётной ракеты на ней был установлен самоходный аппарат — луноход. Доработка заключалась в установке трапов для съезда лунохода на поверхность (предусмотрены трапы для съезда вперед или назад в зависимости от рельефа в месте посадки).

Луноход представлял собой автоматическое самоходное устройство, предназначенное для перемещения по лунной поверхности и проведения комплекса научных исследований. Он состоял из самоходного восьмиколесного шасси (с блоком автоматики) и установленного на нем герметичного магниевого корпуса, в котором были размещены радиокомплекс, системы управления, терморегулирования и энергоснабжения. На внешней поверхности корпуса размещаются антенны, телефотометры и научное оборудование. Масса лунохода, даже по современным меркам, была значительной — 756 кг. «Луноход-1» успешно функционировал в течение десяти с половиной месяцев, с 17 ноября 1970 г. по 4 октября 1971 г.

Получена новая уникальная научная информация по физике Луны и космического пространства, которая по своему объему и ценности существенно превосходила научные материалы, доставленные любой из ранее запускавшихся на Луну станций.

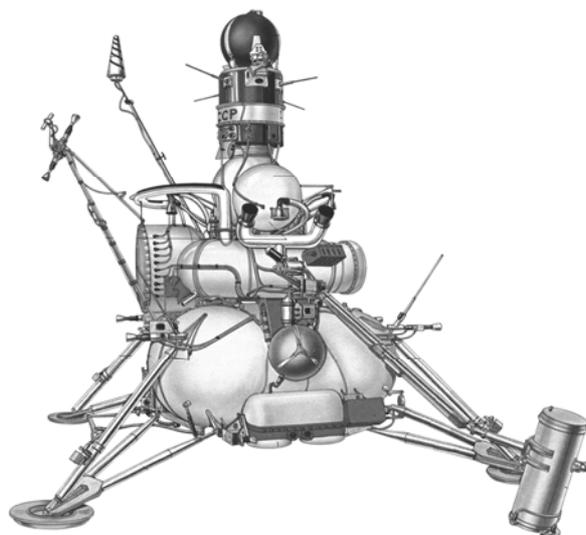
Получен также ценный материал о работе новых бортовых систем «Лунохода-1» (в частности, о работе системы терморегулирования) в условиях как лунного дня, так и лунной ночи.

Автоматическая станция «Луна-17» и самоходный аппарат «Луноход-1» открыли качественно новый этап космонавтики — исследование Луны и планет с использованием самоходных автоматических научных аппаратов. Их применение расширяет районы возможных исследований, позволяет выполнять обширный комплекс самых разнообразных научно-технических экспериментов на поверхности Луны.



**Возвратная ракета на испытаниях в КИС
Машиностроительного завода им.С.А.Лавочкина**

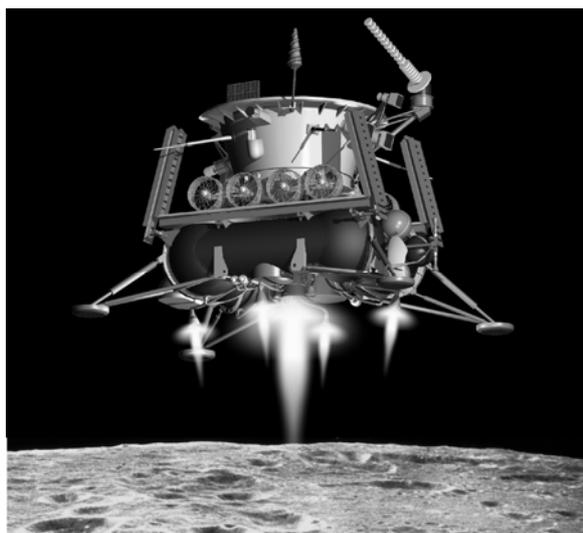
Использование научно-технического задела, созданного в ходе реализации лунной программы (с 1959 («Луна-1») по 1976 («Луна-24») годы), поможет успешно осуществить разрабатываемую в настоящее время новую отечественную программу исследования и освоения Луны.



**Общий вид АКК Е8-5 при работе
на поверхности Луны**

Список литературы

- 1 Так это было.... Мемуары Ю.А. Мозжорина. Мозжорин в воспоминаниях современников. – М.: ЗАО Международная программа образования, 2000. 568 с.
- 2 Специальный выпуск. Библиотека известий. «Луна-16»: Космический геолог. М.: Известия, 1970. 192 с.
- 3 Теплофизические свойства лунного вещества, доставленного на Землю автоматической станцией «Луна-16» /В.С. Авдеевский, [и др.]// Лунный грунт из Моря Изобилия: сб. М.: Наука, 1974. С. 553-562.
- 4 Минчин С.Н., Улубеков А.Т. Земля-космос-Луна. М.: Машиностроение, 1972. 244 с.



Спуск посадочной ступени с Луноходом на поверхность Луны

УДК 629.78.001.5:523.2/7

СЛАВНЫЕ СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

М.Я. Маров



МАРОВ

Михаил Яковлевич

заведующий отделом Института геологии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, академик РАН

В статье рассказывается о выдающихся достижениях по изучению Луны, Венеры, Марса, получивших широкое мировое признание, благодаря блестящей плеяде специалистов и руководителей НПО им. С.А. Лавочкина.

Ключевые слова: Луна; лунная программа; луноход; спускаемый аппарат, Венера, Марс.

GLORIOUS HISTORY. M.Y. Marov

The article deals with the breakthrough in the Moon, Venus, the Mars studies, which obtained world recognition owing to brilliant work of the Lavochkin Association specialists and management.

Key words: Moon; lunar program; Moon rover; descent vehicle; Venus; Mars.

Впервые название «ОКБ завода № 301» я услышал в середине 1965 года от Мстислава Всеволодовича Келдыша, и тогда это сочетание мне мало что сказало. Но уже вскоре я узнал, что за этим скромным названием скрывается знаменитое авиационное предприятие Семёна Алексеевича Лавочкина, внесшее неоценимый вклад в нашу победу над фашизмом. А в послевоенные годы предприятие непосредственно участвовало совместно с НИИ-1 в работах по созданию ракетного комплекса «Буря», в котором воплотилось множество оригинальных научно-технических и инженерных решений, а летные испытания показали его высокую эффективность и надёжность. К сожалению, комплекс не был принят на вооружение, поскольку параллельно с ним в КБ С.П. Королева активно разрабатывались межконтинентальные баллистические ракеты. Но, как говорится, нет худа без добра. В сложившейся ситуации это вскоре предопределило правительственное решение о переводе ОКБ завода № 301, получившего после кончины его Генерального конструктора название НПО им. С.А. Лавочкина, на космическую тематику, где в полной мере могли быть востребованы высочайшая квалификация и громадный опыт предприятия и его сотрудников.

Такое решение, конечно, не было случайным. Ему предшествовали обсуждения перспектив развития космических исследований на высшем уровне партийного и государственного руководства страны, где определяющую роль сыграла позиция С.П. Королева и М.В. Келдыша, на основе которой было сформулировано и представлено их совместное предложение. Здесь надо, в первую очередь, отдать должное государственному подходу С.П. Королева, который хорошо осознавал, что невозможно заниматься, что называется, всем, всеми направлениями космической деятельности. Поэтому уже спустя лишь несколько лет после запуска первого ИСЗ, видя широчайшие горизонты изучения и освоения космического пространства, он начал «отпочковывать» целые направления, создав, вначале в виде филиалов, космические предприятия в Самаре во главе с Д.И. Козловым (оборонная тематика) и Красноярске во главе с М.Ф. Решетневым (связь, навигация). И вот настала необходимость выделить лунно-планетную тематику, создание автоматических космических комплексов, хотя у самого Сергея Павловича Луна и планеты были любимым детищем, и он отдал много сил и энергии, чтобы запустить первые аппараты к Луне, Венере, Марсу. К сожалению, все эти запуски,



**Г.Н. Бабакин и М.В. Келдыш.
Крым. 1970 г.**

кроме «Луны 3», успешно сфотографировавшей обратную сторону Луны, окончились неудачей. В течение нескольких лет, начиная с 1962 г., не удавалось совершить мягкую посадку на Луну в рамках программы Еб, хотя было осуществлено 11 пусков.

Таким образом, решение как бы назрело само собой. Но нужна была воля, чтобы такое решение принять, а в ОКБ-1 (ныне РКК «Энергия им. С.П. Королева») сосредоточить силы на главном - пилотируемой космонавтике, включая предполагаемую высадку человека на Луну. Как уже говорилось, ключевую роль в подготовке и принятии этого решения сыграл М.В. Келдыш, бывший научным руководителем проекта «Буря» и великолепно знавший коллектив предприятия С.А. Лавочкина. Можно со всей определенностью сказать, что мудрость и прозорливость С.П. Королева и М.В. Келдыша во многом предопределили те выдающиеся успехи в изучении дальнего космоса, Солнечной системы в 1960 - 1980 годах, которыми мы сегодня по праву гордимся. И, конечно, эти успехи были обеспечены блестящей плеядой специалистов, всем коллективом НПО им. С.А. Лавочкина, во главе с его выдающимися руководителями, среди которых мы в первую очередь называем Георгия Николаевича Бабакина.

Громадный технический опыт и высокая производственная культура авиационного предприятия позволили в кратчайшие сроки успешно продолжить лунную программу Еб, внимательно отработать всю техническую документацию, устранить недочеты, и уже в январе 1966 г. автоматическая станция «Луна 9» осуществила мягкую посадку на Луну, передав на Землю высококачественную панораму ее поверхности и определив механические свойства лунного грунта. Следующей после «Луны 9» крупной вехой в изучении Луны стало создание и успешный запуск ее первого искусственного спутника - станции «Луна 10», с борта которой был определен характер поверхностных лунных пород путем измерения естественной радиоактивности содержащихся в них урана, тория и калия. По своему составу лунные породы оказались хорошо известны-

ми аналогами земных базальтов, в отличие от предполагавшихся гранитов. В совокупности с данными по отражательной способности (альбедо) различных областей Луны, это позволило существенно уточнить лунную геологическую карту.

Особую остроту вопросы отечественной лунной программы приобрели после того, как стал очевидным наш проигрыш США в гонке за высадку человека на Луну. Надо было что-то срочно противопоставить американцам, поскольку это имело важное политическое значение. И здесь на первое место вышло НПО им. С.А. Лавочкина и инициатива Г.Н. Бабакина. По его предложению, активно поддержанному М.В. Келдышем и получившему одобрение руководства страны, срочно стало создаваться новое поколение лунных аппаратов для автоматического забора лунного грунта и дистанционного управления с Земли самоходной тележкой. Полеты наших автоматических станций «Луна 16, 20, 24», доставивших образцы лунных пород из морских и материковых районов Луны, многомесячная работа передвижных лабораторий «Луноход 1 и 2», внесли громадный вклад в изучение нашего естественного спутника и системы Земля-Луна. Сами же аппараты по своему техническому совершенству оказались уникальными, до сих пор не повторенными нигде в мире, и в этом году мы с гордостью отмечаем высадку на лунную поверхность первого лунохода.

Навсегда запомнился день 24 сентября 1970 г., когда автоматическая станция «Луна 16» доставила на Землю контейнер с образцами лунных пород из Моря Изобилия. К сожалению, неудачной оказалась первая попытка с «Луной 15» в 1969 г., всего за месяц до полета «Аполлона 11». В противном случае наш успех с автоматическим забором лунного грунта сильно ослабил бы эффект высадки американских астронавтов на Луну. Я помню, какой энтузиазм царил на предприятии после нескольких бессонных ночей ожидания, до мелочей запомнилась ночь переезда бесценной капсулы с грунтом в сопровождении милицейского эскорта из НПО им. С.А. Лавочкина в заранее специально оборудованную лабораторию в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ РАН), где и было произведено вскрытие контейнера.

Вскоре после того, как «высокое начальство» увидело, как выглядит грунт с Луны, начались его систематические научные исследования, к программе которых вскоре добавились также породы, доставленные автоматическими станциями «Луна 20 и 24» из других районов Луны. Эти работы продолжаются и в настоящее время, причем спектр исследований весьма широк и включает в себя образцы лунного вещества, доставленного «Аполлонами», которые

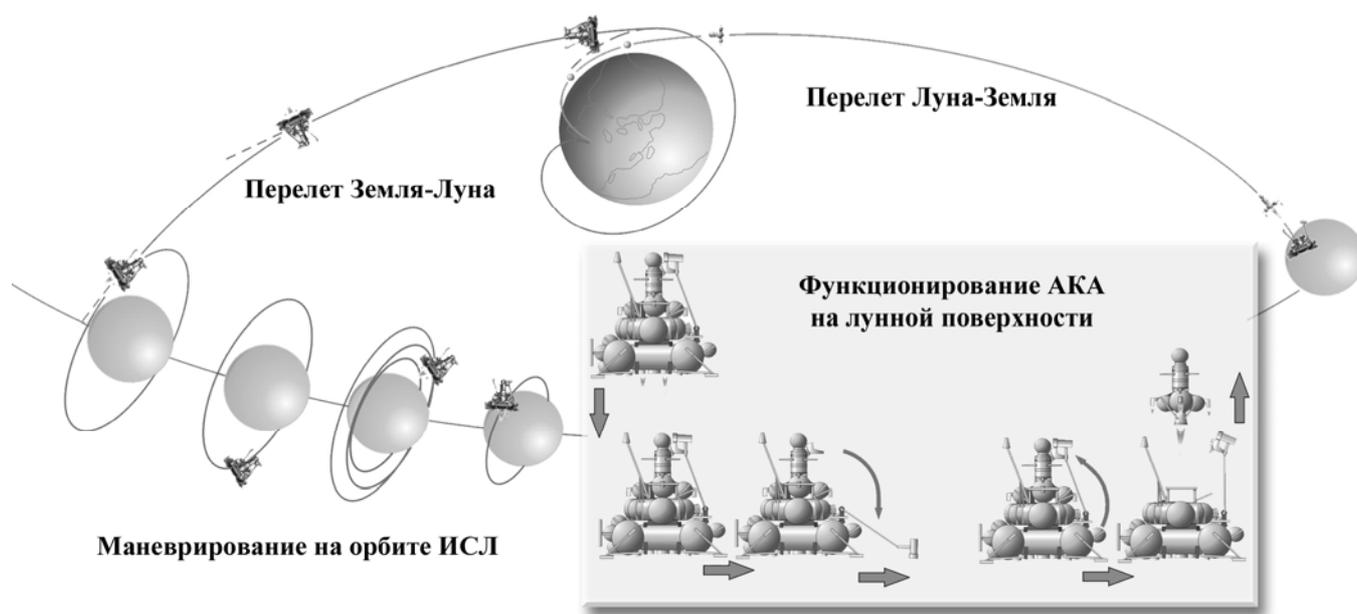


Рисунок 1. Схема экспедиций советских АКА по доставке на Землю образцов лунного грунта



24 сентября 1970 г. Участники вскрытия контейнера с лунным грунтом, доставленного на Землю СА «Луны-16», в специальной лаборатории Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ РАН). Слева направо: нижний ряд – Г.А. Тюлин, Б.Н. Петров, Г.Н. Бабакин, Б.А. Строганов, Ю.Н. Труфанов, С.А. Афанасьев; верхний ряд – М.Я. Маров, В.А. Сальников, В.В. Демоховский, Ю.Н. Коптев, Р.С. Кремнев

были получены ГЕОХИ в обмен на образцы, доставленные нашими «Лунами».

Вехи славной истории предприятия отмечены многими выдающимися исследованиями планет Венеры и Марса, которые начались практически одновременно с созданием первых лунных аппаратов. Здесь надо, в первую очередь, назвать программу исследований Венеры, -

многолетнее успешное осуществление которой началось с исторического полета автоматической станции «Венера 4» в октябре 1967 г. Незадолго до этого Мстислав Всеволодович Келдыш поручил мне заниматься координацией работ, связанных с исследованиями Венеры и Марса, по линии МНТС по КИ, определив мои обязанности, по существу, аналогичные тем, которые американцы называют «project scientist». Тогда же он одобрил идею, чтобы в ИПМ были начаты работы по проведению ряда экспериментальных исследований планет, для чего создал в структуре моего отдела специальную лабораторию, одновременно порекомендовал проводить эти работы в тесном контакте с НИИ тепловых процессов (бывший НИИ 1, а теперь Центр М.В. Келдыша). Эта инициатива определила на долгие годы мою тесную творческую связь с академиком В.С. Авдуевским, совместно с которым, а также сотрудниками НПО им. С.А. Лавочкина М.К. Рождественским и Н.Ф. Бородиным, был осуществлен ряд экспериментальных исследований атмосфер Венеры и Марса.

Спускаемый аппарат станции «Венера 4» впервые в мире совершил спуск на парашюте в ночной атмосфере Венеры и передал на Землю уникальные научные данные о температуре, давлении, плотности и химическом составе ее газовой среды. Они привели к открытию у Венеры чрезвычайно плотной атмосферы, состоящей почти целиком из углекислого газа, практически лишенной кислорода и воды, с температурой у поверхности около 500°C и давлением почти 100 атм. Оказалось, что ближайшая к Земле планета - это удивительный, совершенно необычный мир. Если вспомнить, что до полета «Венеры 4» сведения

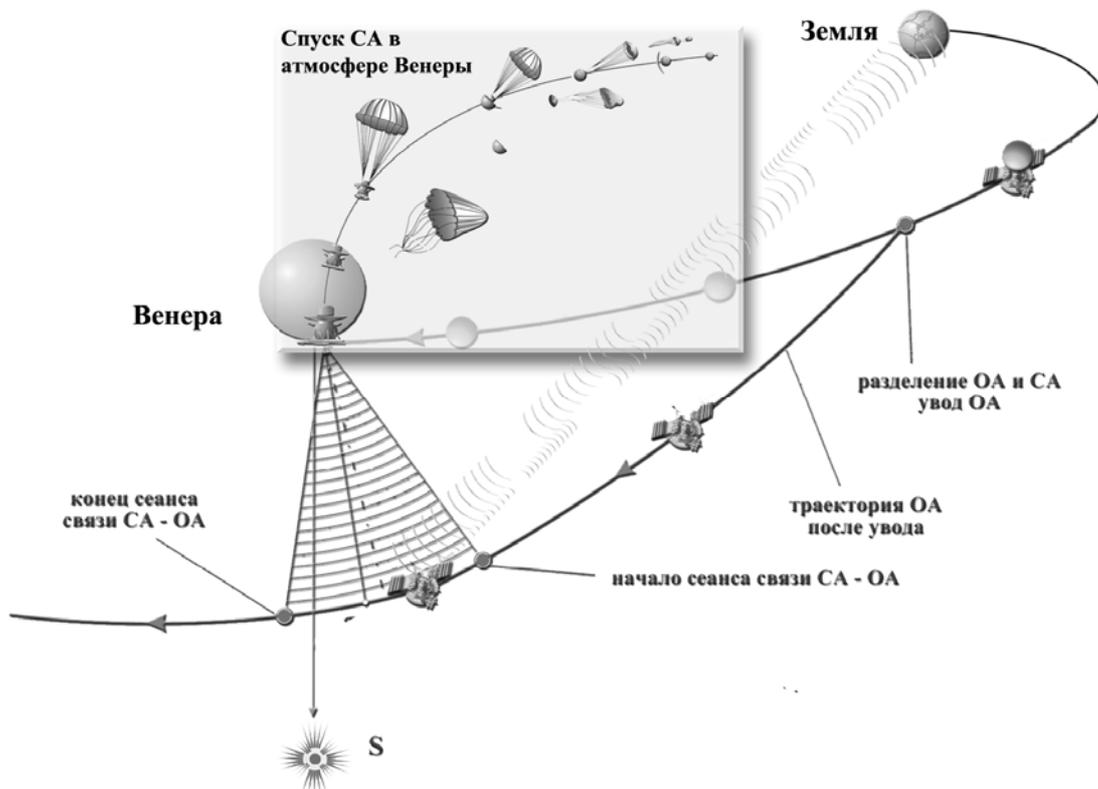


Рисунок 2. Пролетно-десантная схема экспедиций советских АКА для проведения дистанционно-контактных исследований планеты Венера

об атмосфере Венеры были крайне ограниченными и неопределенными (например, оценки поверхностного давления по разным моделям различались более чем в сто раз, от долей до нескольких сот атмосфер, а основной атмосферной составляющей считался азот), то важность полученных нами данных действительно трудно переоценить. Последующие эксперименты на аппаратах «Венера» с более совершенными комплексами научных инструментов, а также полеты американских аппаратов полностью подтвердили эти результаты, окончательно опровергнув существовавшие представления о Венере, как о двойнике Земли.

С полета «Венеры 7», который был не совсем удачным, начались посадки наших спускаемых аппаратов на дневную сторону Венеры. На необходимости решения этой сложной научно-технической задачи настаивал М.В. Келдыш, и мне довелось несколько раз обсуждать пути ее технического решения с Г.Н. Бабакиным. Решение проблемы, упиравшееся в обеспечение надежности радиосвязи с Землей из района посадки вблизи утреннего терминатора почти на краю диска (у лимба планеты) было нетрадиционным и весьма оригинальным: предложена дополнительная (дублирующая основную) антенна почти с горизонтальной диаграммой направленности, отстреливаемая от аппарата после его посадки - ее любовно назвали «сковородкой». Аналогичная конструкция использо-

валась и в 1972 г. на «Венере 8», полностью выполнившей намеченную программу исследований и впервые успешно работавшей на поверхности, благодаря чему удалось провести целый ряд важных экспериментов. Удалось, в частности измерить высотный ход освещенности в атмосфере и ее значение на поверхности, определить расположение облаков, оценить состав поверхностных пород. Определение величины освещенности обеспечило подготовку съемки поверхности и передачу сперва черно-белых («Венера 9, 10»), а затем цветных («Венера 13, 14») панорам.

Оригинальные конструкторские разработки и технические решения, воплощенные в аппаратах серии «Венера», особенно в аппаратах второго поколения, открытых запуском в 1975 г. «Венер 9 и 10», состоявших из посадочного аппарата и искусственного спутника Венеры, обеспечили на многие годы вперед наше безусловное лидерство в исследованиях Венеры. Во многом это было предопределено и тем огромным вниманием, которое Г.Н. Бабакин уделял тщательной наземной отработке изделий. По нашей с В.С. Авдеевским инициативе и при всесторонней поддержке Г.Н. Бабакина на территории НПО им. С.А. Лавочкина в самом начале 1970-х гг. был создан специальный стенд, на котором полностью имитировались условия спуска посадочного аппарата в атмосферу Венеры. Одновременно был разработан целый

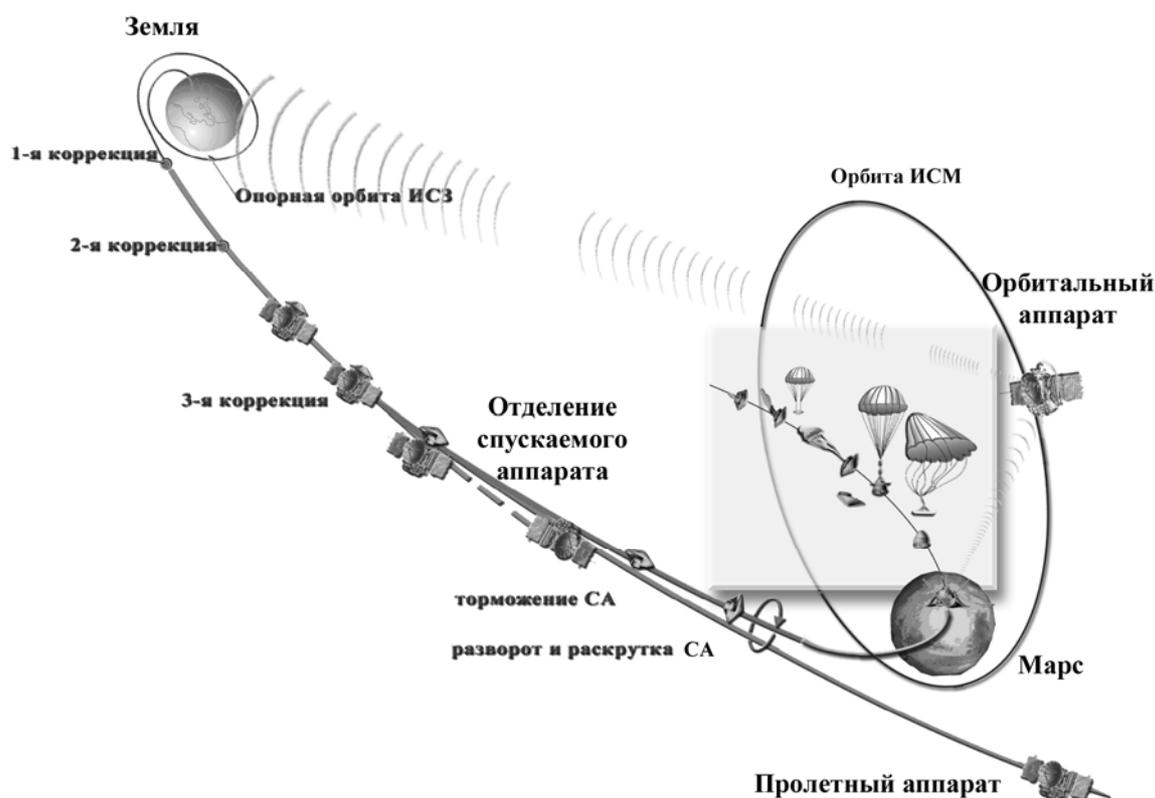


Рисунок 3. Схема экспедиций советских АКА для исследования планеты Марс при совместном полете орбитального и пролетного (с десантируемым СА) аппаратов

комплекс оригинальных технических решений, чтобы уменьшить приток тепла в спускаемый аппарат во время его спуска в горячей атмосфере и тем самым обеспечить его выживаемость на поверхности. Они включали в себя оригинальную схему спуска аппарата на парашютах в облачном слое и посадку после их отцепки на аэродинамическом щитке; использование в корпусе «проставок» из материала с низкой теплопроводностью; предварительное захлаживание спускаемого аппарата на орбите перед его отделением от орбитального отсека; использование тепловых аккумуляторов, в качестве которых применялись соли лития, температура фазового перехода (плавления) которых около 35°C .

Все это обеспечило выдающееся достижение - работу посадочных аппаратов на поверхности Венеры в исключительно тяжелых условиях окружающей среды свыше полутора часов. В результате удалось провести поистине уникальные исследования: помимо передачи панорам поверхности, измерить с использованием специальной шлюзовой камеры и рентгено-флуоресцентного спектрометра элементный состав поверхностных пород и их физические свойства, изменение по высоте спектрального состава солнечного света, выявить протяженность и слоистость облаков, определить их микрофизические свойст-

ва и состав частиц. Удалось также непосредственно измерить скорость ветра на поверхности при помощи анемометров, а в совокупности с определением высотного профиля скорости ветра путем доплеровских измерений на всех венерианских аппаратах - сделать важные выводы о свойствах циркуляции на Венере и турбулентности в атмосфере. Все эти результаты заслуженно получили мировое признание. Можно без преувеличения сказать, что успешная программа исследований Венеры, обеспеченная космическими аппаратами, созданными в НПО им. С.А. Лавочкина, сделала нас безусловными лидерами в изучении этой планеты.

В исследованиях Марса упор был сделан на проведении телевизионной съемки поверхности и изучении ее топографических особенностей, на комплексном изучении атмосферы путем дистанционных (с орбиты) и прямых измерений с посадочных аппаратов. К сожалению, наша марсианская программа оказалась менее успешной, чем исследования Венеры. Большим разочарованием для всех нас было то, что после успешной посадки на поверхность аппарата «Марс 3» в 1971 г. связь с ним прекратилась всего через 20 секунд, поэтому никаких научных измерений и съемки панорамы осуществить не удалось. Неуда-

чей окончилась и попытка повторить этот эксперимент с аппаратом «Марс б» в 1974 г., хотя на этот раз на Землю впервые в мире были переданы уникальные данные о параметрах атмосферы Марса, измеренные в процессе спуска. Ряд важных данных был получен также со спутников Марса «Марс 3 и 5», что в совокупности с результатами американских измерений на аппаратах «Маринер 9», а позднее на «Викингах 1 и 2», позволило значительно расширить существовавшие представления об этой планете, в исследованиях которой наибольшие успехи получены за последнее десятилетие зарубежными учеными.

Оглядываясь назад, не перестаешь удивляться тому, сколь насыщенными были первые два десятилетия из отмечаемого сегодня 45-летия космической истории предприятия, тесное плодотворное сотрудничество с которым в эти годы пришлось на самый активный период моей жизни. С особенной теплотой вспоминаются общения с Г.Н. Бабакиным, В.Е. Ишевским, В.Г. Перминовым, М.К. Рождественским, Р.С. Кремневым, С.С. Крюковым, В.М. Ковтуненко и многими другими сотрудниками НПО им. С.А. Лавочкина, с кем довелось тесно взаимодействовать многие годы. Всем им было присуще инженерное чутье, громадный опыт создания сложных и уникальных автоматических систем, тщательность в разработке всей технической документации и экспериментальной отработке систем и изделий, способность находить нетрадиционные решения и смелость в их осуществлении, что, собственно, и обеспечило успех многих проектов. Удивительно, что всего лишь за шесть лет руководства КБ Г.Н. Бабакиным было создано полтора десятка первоклассных автоматических аппаратов, которыми по-настоящему может гордиться отечественная и мировая наука. Заложенные им замечательные традиции сохранялись и приумножались его преемниками, что нашло отражение, прежде всего, в успешном осуществлении проекта «Вега», радиокартировании Венеры при помощи космических

аппаратов «Венера 15 и 16», запусках нескольких астрофизических спутников.

К сожалению, с чувством глубокой горечи приходится сегодня говорить о том, что два последних десятилетия сильно контрастируют с теми выдающимися достижениями, о которых говорилось выше. Я не собираюсь сколь-нибудь подробно анализировать сложившуюся ситуацию и ее истоки. Вне всякого сомнения, пагубное влияние оказали политико-экономические процессы в стране, особенно в разрушительные постперестроечные 1990-е годы, с чем, в частности связана трагическая для отечественной космической программы и мировой науки потеря аппарата «Марс 96». Но в том, что мы уже более 20 лет не летаем к Луне и планетам и в значительной степени утратили навыки, опыт и замечательные традиции, есть несомненная вина и космической отрасли, и самой Российской Академии наук, осуществляющей функцию заказчика и далеко не всегда грамотно и рационально расставляющей приоритеты исследований даже в пределах тех весьма скудных ассигнований, которые сейчас отпускаются на науку. Все это не могло, естественно, не сказаться и на НПО им. С.А. Лавочкина, где, в отличие от ранее привычных для него традиций, нынешние проекты разрабатываются по десять и более лет, есть обширные планы, но нет выхода, а тем временем наши ученые вынуждены ставить эксперименты на американских и европейских космических аппаратах.

Подводя итоги прошедшего 45-летия, хочется, несмотря ни на что, верить, что должен произойти перелом в нынешней ситуации и что, опираясь на сохранившийся интеллектуальный потенциал и понимание руководством страны важности задач, стоящих перед фундаментальной наукой, ученые и специалисты НПО им. С.А. Лавочкина совместно с Российской Академией наук смогут еще не раз внести достойный вклад в космические исследования и научно-технический прогресс человечества.

УДК 629.788:523.3 «Луна-16»

ЗАБОР И ДОСТАВКА НА ЗЕМЛЮ ОБРАЗЦОВ ЛУННОГО ГРУНТА АВТОМАТИЧЕСКИМ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ «ЛУНА-16»

Э.Л. Аким



АКИМ

Эфраим Лазаревич

первый заместитель директора по научной работе Института прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук, член-корреспондент РАН
E-mail: akim@kiam1.rssi.ru

Важнейшую роль в выполнении задачи доставки на Землю образцов лунного грунта, впервые в мировой практике осуществляемую с помощью автоматических космических аппаратов, играли вопросы баллистики, навигации и управления полетом. Большой объем глубоких проектных исследований по этим вопросам, по математическому моделированию работы бортовых и наземных средств управления, принятых новаторских научно-технических и организационных решений обеспечили успешную реализацию уникальной экспедиционной схемы, завершающейся некорректируемым полетом возвратной ракеты, с высокой точностью доставившей в прогнозируемый район приземления возвращаемый аппарат с полученными путем бурения лунной поверхности образцами.

Ключевые слова: автоматический космический аппарат, образцы лунного грунта, баллистическая схема, возвратная ракета, возвращаемый аппарат, АКА «Луна-16, -20, -24».

SAMPLING AND DELIVERY OF LUNAR SOIL SAMPLES TO THE EARTH BY THE UNMANNED SPACECRAFT "LUNA-16". E.L. Akim

The major role in performance of task for delivery of lunar soil samples to the Earth, for the first time in the world to be implemented by means of unmanned spacecraft, was played by issues of ballistics, navigation and flight control. A large scope of profound design researches on these issues, on mathematical simulation of on-board and ground control means, applied innovative scientific and technical and programmatic solutions provided successful implementation of the unique mission profile, finished by non-corrective flight of return rocket, which delivered a return vehicle with samples received by means of drilling of lunar surface to the predicted target landing region with high accuracy.

Key words: unmanned spacecraft; lunar soil samples; ballistic profile; return rocket; return vehicle; unmanned spacecraft "Luna-16,-20,-24".

Проект забора и доставки образцов лунного грунта на Землю с помощью автоматического космического аппарата (Проект Е8-5) имел фундаментальное научное и важное общественно-политическое значение. Это был очень интересный и трудный проект. Для штатного возвращения космического аппарата (ВА) с образцами лунного грунта на Землю с посадкой на заданный полигон территории нашей страны и организацией надежного поиска ВА необходимо было предусмотреть в проекте

коррекции траектории перелета Луна-Земля и обеспечить высокоточное прогнозирование точки посадки ВА. Однако большой дефицит веса на ВА не позволял провести коррекции перелетной траектории и поставить на борт ВА тяжелый приемопередатчик дециметровой радиотехнической наземной системы траекторных измерений «Сатурн-МС», необходимый для прогнозирования точки приземления ВА. Любой из названных выше двух причин было бы достаточно, чтобы отказаться от реализации

этого проекта. Только талант, высочайшая квалификация, смелость и настойчивость Главного конструктора НПО им. С.А. Лавочкина Г.Н. Бабакина и энтузиазм команды, в которую входили сотрудники НПО им. С.А. Лавочкина, НИИ-885 и нашего Института позволили завязать проект. Для этого был выполнен большой объем глубоких проектных исследований по баллистике, навигации и управлению полетом КА, по математическому моделированию работы бортовых и наземных средств управления.

Академик М.В.Келдыш придавал большое значение этому сложному и ответственному проекту. Он с большим уважением относился к Георгию Николаевичу Бабакину, считал его исключительно одаренным человеком, верил ему. Георгий Николаевич очень часто встречался с М.В.Келдышем. Эти встречи обычно проходили у нас в Институте прикладной математики. Он приходил не только для того, чтобы доложить Мстиславу Всеволодовичу о готовых разработках или успешно выполненных работах, но делился своими идеями, планами, советовался, просил иногда оказать помощь. Мстислав Всеволодович внимательно и заинтересовано следил за работой НПО им. С.А. Лавочкина по этому проекту и участию в нем нашего Института. Регулярно расспрашивал нас о состоянии с разработкой и реализацией проекта Е8-5, старался быть в курсе всех важных деталей. И если узнавал что-то тревожное, сразу задавал вопрос «Знает ли об этом Георгий Николаевич?».

Мстислав Всеволодович требовал, чтобы сотрудники ИПМ были не только высококвалифицированными специалистами в области динамики космического полета, прикладной небесной механики, навигации (это представлялось очевидным). Он требовал, чтобы мы хорошо понимали физику космического эксперимента, в котором мы участвуем, хорошо знали технику, с помощью которой этот эксперимент осуществляется (бортовые и наземные системы управления КА). Он неоднократно подчеркивал, что Баллистический Центр нашего Института не должен быть просто мощным вычислительным центром, оперативно выполняющим необходимые расчеты. Он требовал, чтобы наш Центр принимал самое непосредственное участие во всех этапах работ по созданию в НПО им. Лавочкина нового КА (Е8-5), проводил проектно-баллистические и навигационные исследования и оценки на этапе проектирования КА, а на этапе создания разрабатывал алгоритмическое и программное обеспечение, моделирующее работу бортовых и наземных средств управления КА. Обеспечивал оперативную баллистику и навигацию на этапе летно-конструкторских испытаний (ЛКИ).

В исследованиях траекторий перелета КА от Луны к Земле, выполненных ранее в ИПМ В.А. Егоровым, была выявлена трубка траекторий бескоррекционного перелета КА с вертикальным стартом аппарата с поверхности Луны и посадкой на заданный полигон территории нашей

страны. Именно эти траектории были использованы в проекте для ВА. Однако трубка траекторий обладала очень серьезным недостатком - она была очень узкой, предъявляла очень высокие требования к точности знания координат точки старта КА с поверхности Луны. Чтобы доставить ВА с лунным грунтом на заданный полигон территории страны, надо было посадить КА на поверхность Луны в пятно вокруг выбранной точки радиусом 5 км. Посадка КА на поверхность Луны осуществлялась в проекте с орбиты низкого спутника Луны. Поэтому надо было уметь с очень высокой точностью определять и прогнозировать движение КА по этой орбите. Мы, к сожалению, не могли обеспечить столь высокую точность прогноза. Наша дециметровая система наземных радиотехнических траекторных измерений «Сатурн-МС» не обладала необходимыми для этого точностями траекторных измерений. Мы плохо знали лунное поле тяготения. Провели в ИПМ первое определение параметров нецентральности этого поля (по наблюдениям за движением «Луны-10»), накапливали необходимые наблюдения за движением наших отечественных ИСЛ для построения модели нецентральности гравитационного поля Луны. Для реализации проекта Е8-5 надо было срочно решать эти проблемы.

Вместе с НИИ-885, в кратчайшие сроки, мы придумали, разработали и отработали совместно с ЦНИИКС-50 и ЦНИИМАШ совершенно новую высокоточную систему траекторных измерений - систему измерений разности радиальных скоростей КА. Эта система вместе со штатным составом радиотехнических средств дециметрового комплекса «Сатурн-МС» на базе двух наземных треугольных антенн (Западного треугольника - Евпатория, Щелково, Байконур, Восточного треугольника - Уссурийск, Байконур, Камчатка) обеспечивала необходимые высокие точности прогнозирования движения КА на орбите спутника Луны перед его посадкой в результате торможения на поверхность Луны.

В ходе обработки траекторных измерений отечественных спутников Луны: полярного «Луна-10», экваториальных «Луна-11», Луна-12» и спутника со средним наклоном орбиты «Луна-14» была построена в ИПМ модель гравитационного поля Луны, положенная в основу проектных и оперативных расчетов.

Для прогнозирования движения ВА к Земле в условиях большого дефицита веса на ВА ИПМ совместно с НИИ-885 предложили поставить на борт существенно менее точную, чем необходимо, очень легкую радиотехническую систему траекторных измерений метрового диапазона, работающую с наземной антенной в Симферополе. Для повышения точности прогнозирования точки посадки на Землю контейнера с образцами лунного грунта дополнительно привлекли для наблюдений за ВА оптические измерения обсерваторий АН СССР. Целеука-

зания для этих обсерваторий выдавались по результатам обработки радиотехнических измерений ВА.

Однако на этом трудности с компоновкой ВА не кончались. На борту ВА не было резерва веса для установки телеметрической системы и для дублирования траекторной системы. Главный конструктор принимает смелое решение - обойтись без телеметрической системы и дублирования траекторной системы.

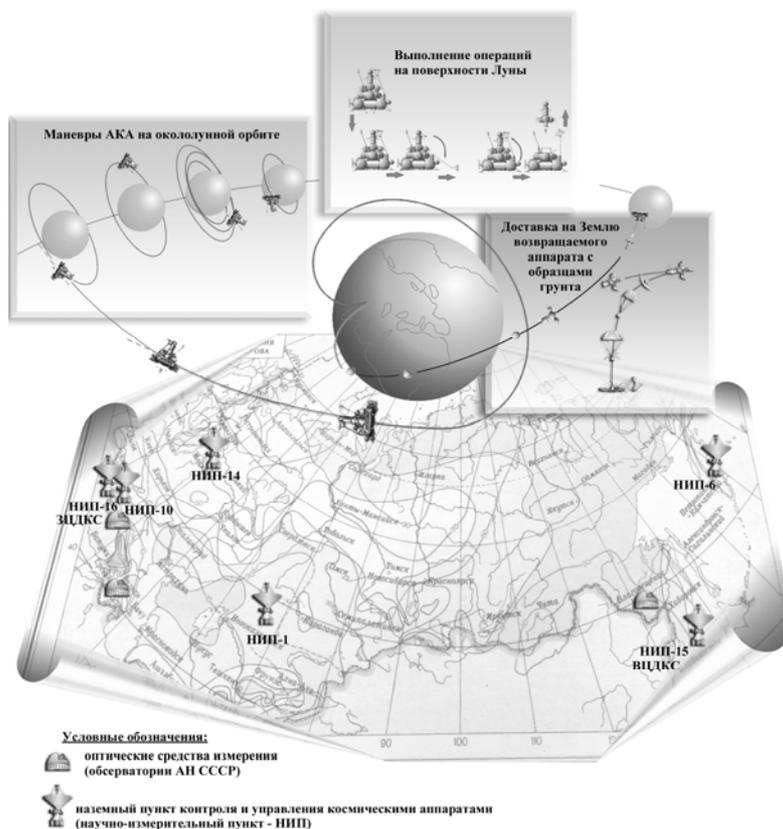
Важнейшую роль в ходе летно-конструкторских испытаний (ЛКИ) КА играли вопросы баллистики, навигации и управления полетом. От точности, оперативности и надежности решения этих вопросов в большой мере зависела судьба ЛКИ. Баллистико-навигационное обеспечение полета осуществляла Межведомственная Главная баллистическая группа (МГБГ). Ее возглавлял директор ЦНИИКС-50 Г.П. Мельников. В состав этой группы входили три Баллистических центра: ИПМ АН СССР (Э.Л.Аким), ЦНИИМАШ (М.А.Казанский) и ЦНИИКС-50 (А.В. Брыков). Научное руководство МГБГ осуществлял академик М.В.Келдыш.

Данные траекторных измерений КА оперативно передавались от наземных радиотехнических средств по телефонным каналам связи в каждый из БЦ. Все расчеты, связанные с обработкой этих измерений и их анализом, определение и прогнозирование параметров движения

КА с оценкой точности, расчетом коррекций траектории и маневров, контролем их исполнения, проводились независимо каждым из БЦ с последующим взаимным обменом и анализом результатов, положенных в основу принятия единых решений. Полученные решения по каналам связи передавались в Главную Оперативную Группу управления Центра управления полетом в г. Симферополе для закладки на борт КА.

Уникальный космический эксперимент «Луной-16» был успешно завершён 24 сентября 1970 г. Впервые в мировой практике автоматическим КА на Землю доставлены образцы лунного грунта. Правильность научно-технических решений, положенных в основу проекта Е8-5, подтверждена также успешными полетами «Луны-20 и -24» (доставившими на Землю образцы лунного грунта), полетами «Луны-17 и -21», обеспечившими высадку на поверхность Луны «Луноходов-1 и -2».

Сегодня с сожалением приходится констатировать, что за последние 30 лет ни один из наших отечественных КА по известным причинам не совершал полеты к Луне. И это в стране, автоматические КА которой первыми осваивали Луну. Одна из наших непростых задач в космосе сегодня - восстановить и развить технологию полетов отечественных КА между Землей и Луной.





ПЕТРИК

Владимир Андреевич
генеральный директор
Конструкторского бюро химического машиностроения – филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»

e-mail:

kbhimmash@korolev-net.ru.



СМИРНОВ

Игорь Александрович
генеральный конструктор
Конструкторское бюро химического машиностроения – филиала ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», член – корреспондент Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, кандидат физико-математических наук

УДК: 629.7.036.54-63

ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ «ЛУНА – 16», «ЛУНА – 17»

В.А. Петрик, И.А. Смирнов

В статье представлены жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) разработки Конструкторского бюро химического машиностроения (КБХиммаш), созданные в 1967 – 1970 годах для автоматических космических аппаратов (КА) лунной программы. ЖРД 11Д417 многократного включения входит в состав ракетного блока автоматических систем по исследованию окололунного пространства и Луны «Луна – 15...24», в том числе – «Луна – 17» («Луноход 1»). ЖРД С5.61 однократного включения для взлёта с Луны возвращаемых КА, в том числе «Луны -16»: доставка с Луны на Землю образцов грунта. Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель, многократное включение, автоматический космический аппарат.

ENGINES FOR “LUNA – 16” AND “LUNA – 17” SPACECRAFT. V.A. Petrik, I.A. Smirnov.

In the article the rocket liquid engines (RLE) developed and created by Chemical Machinery Design Bureau in 1967-1970 for automatic space vehicles (SV) of the lunar program. RLE 11D417 of the repeated engaging is a part of the rocket block of automatic systems on research near lunar space and The Moon “Luna-15...24”, including “Luna-17” (“Moon rover1”). RLE S5.61 of single engaging for launch from the Moon of returned space vehicle, including “Luna-16”: delivery from the Moon to the Earth samples of a ground.

Key words: rocket liquid engines, repeated engaging, automatic space vehicle.

Введение

Задачи, связанные с изучением околоземного космического пространства, Луны и ближайших планет, выдвинули новые проблемы перед ракетным двигателестроением. Потребовалось создание надежных, многократно включающихся в космическом пространстве двигателей с высокими энергетическими характеристиками. Программы космических исследований с помощью пилотируемых кораблей и автоматических станций предусматривают выполнение этими объектами маневров для коррекции орбиты, сближения и стыковки кораблей, торможения с целью перевода станций на орбиты искус-

ственных спутников планет, торможения при посадке на поверхность Луны и Земли, старта с поверхности Луны. Создание ЖРД многократного включения впервые выдвинуло неизвестные ранее проблемы, потребовало решения новых задач, заставило совершенно по-новому подходить к проектированию и отработке основных агрегатов двигателя. Среди таких проблем: создание камер сгорания многоразового действия, разработка и создание пусковых устройств, обеспечивающих многократное включение турбонасосного агрегата (ТНА), создание ТНА с большим ресурсом работы, создание быстродействующих пневмо- и гидроуправляемых клапанов много-

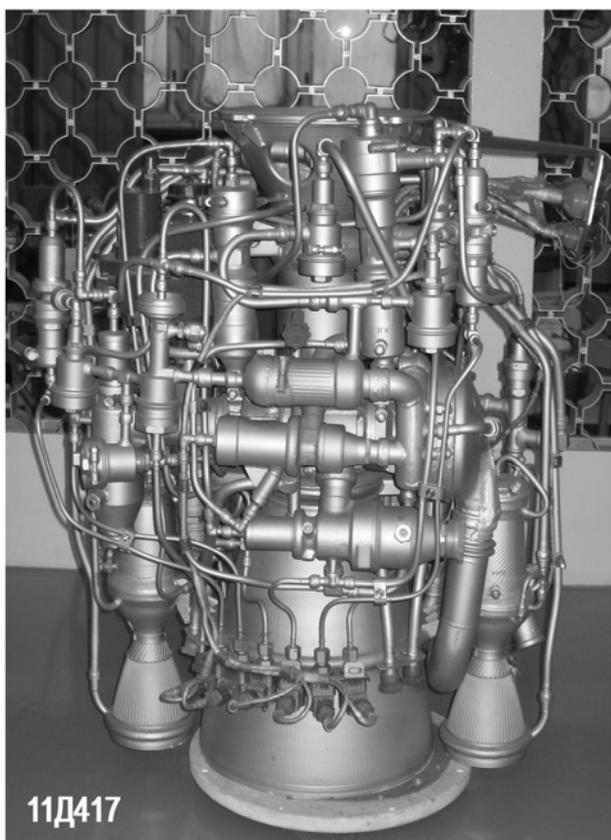


Рисунок 1. Двигатель 11Д417

кратного действия, сохраняющих герметичность, и работоспособность в условиях глубокого вакуума, разработка и создание способов, методик и средств наземных испытаний, обеспечивающих получение с достаточной точностью информации о параметрах двигателей в условиях, близких к условиям космического пространства.

Двигатель 11Д417

Двигатель 11Д417 (рисунок 1) разработан на основании Постановления Правительства страны от 4 февраля 1967 года, решения ВПК от 6 июня 1967 года № 128, приказа Министра МОМ № 477 от 30 декабря 1967 года и технического задания от 6 апреля 1967 года.

ЖРД 11Д417 многократного включения входит в состав ракетного блока автоматических систем по исследованию окололунного пространства и Луны «Луна – 15...24», в том числе – «Луна – 17,21» («Луноход 1,2»).

Двигатель обеспечивает коррекцию траектории полета КА к Луне, вывод его на орбиту спутника Луны, маневрирование его на орбите (в некоторых КА серии «Луна» - и посадку на Луну).

Двигатель 11Д417 – трехкамерный жидкостный ракетный двигатель с комбинированной подачей топлива.

Двигатель состоит из двух автономных блоков: основного блока и блока малой тяги.

Основной блок (ОБ) – многократно включающийся (включается до 11 раз), однокамерный, трехрежимный жидкостный ракетный двигатель, выполненный по «открытой» энергетической схеме с турбонасосной системой подачи топлива в камеру сгорания и газогенератор. Минимальная тяга ОБ - 7,35 кН, номинальная - 16,905 кН, максимальная - 18,92 кН, удельная тяга ОБ - 3080...3020 м/с, соотношение компонентов топлива - 1,73...1,93, время непрерывной работы не более 300 с, суммарное время работы не более 650 с, давление в камере – 8,3 МПа, масса - 81 кг.

Турбонасосный агрегат (ТНА) выполнен с консольным расположением турбины.

Компоненты топлива для питания основного блока на режиме:

- окислитель – азотный тетроксид (АТ)
 - горючее – несимметричный диметилгидразин (НДМГ)
- В пусковой период – окислитель АК-27И.

В пусковой период подача топлива в газогенератор – вытеснительная, под давлением в баках блока малой тяги.

Дополнительная составляющая тяги основного блока (вдоль оси объекта) и моменты для управления положением объекта создаются соплами тангажа и курса за счет истечения газа, вырабатываемого в газогенераторе, и перераспределения расхода газа между соплами.

Регулирование расхода газа производится дросселями. Заслонки дросселей поворачиваются электроприводами в соответствии с сигналами системы управления объектом.

Режим работы основного блока регулируется в широком диапазоне в соответствии с сигналами системы управления объектом электроприводом, золотником и серводросселем.

Серводроссель изменяет гидравлическое сопротивление линии питания камеры и газогенератора окислителем в соответствии с расходом окислителя, поступающего от золотника.

Соотношение расходов компонентов топлива через основной блок поддерживается стабилизатором.

Стабилизатор поддерживает давление горючего на входе в камеру и газогенератор равным давлению окислителя на входе в камеру и газогенератор, воздействуя на гидравлическое сопротивление линии питания камеры и газогенератора горючим.

В пневмогидравлической схеме двигателя применены пускоотсечные клапаны многоразового действия, срабатывающие при подаче в управляющие полости и при стравливании из них управляющего газа.

Газ для управления клапанами – гелий. Подача и стравливание управляющего газа производится электропневмоклапаном.

При подаче напряжения электропневмоклапан сообщает управляющие полости клапанов с линией подачи газа, при снятии напряжения – разобщает линию подвода управляющего газа с управляющими полостями клапанов, сообщая их через предохранительные клапаны с окружающим пространством.

Блок малой тяги (БМТ) – двухкамерный жидкостной ракетный двигатель однократного включения. Тяга БМТ – 2,06 ... 2,75...3,43 кН, удельная тяга - 2440...2490 м/с, соотношение компонентов топлива 2,16...2,64, время непрерывной работы - не более 30 с, давление в камерах 0,89 МПа.

Подача компонентов топлива – вытеснительная, под давлением в баках.

Компоненты топлива для питания блока малой тяги:

- окислитель – АК-27И
- горючее – НДМГ.

Для закрытия и открытия прохода топлива из баков в камеры блок содержит пироклапаны.

Тяга блока регулируется в широком диапазоне в соответствии с сигналом системы управления объектом электроприводом и дросселем.

Электропривод поворачивает вал дросселя в соответствии с сигналом системы управления объектом.

Дроссель имеет две проточные части – окислитель и горючее; поворотные профилированные дросселирующие элементы установлены на одном валу и выполнены так, чтобы при всех положениях соотношение расходов компонентов топлива через блок оставалось постоянным.

В отличие от созданных ранее жидкостных ракетных двигателей многоразового действия, при пуске основного блока (до появления напоров насосов, превышающих давления в баках блока малой тяги) ротор турбонасосного агрегата раскручивается продуктами сгорания компонентов топлива, поступающими в газогенератор под воздействием давления в баках БМТ.

Переключение питания газогенератора с линией подвода компонентов топлива из баков БМТ на питание из напорных магистралей насосов ТНА производится обратными клапанами.

Для ускорения раскрутки путем увеличения мощности турбины в этот период сопловой аппарат турбины ТНА выполнен с двумя секциями сопл – пусковой и режимной. Площади проходного сечения пусковой секции значительно больше площади режимной секции.

При пуске ОБ работают обе секции, при работе на режиме – режимная секция. Прекращение подвода газа к пусковой секции производится газовым клапа-

ном при достижении определенного давления горючего и напорной магистрали насоса.

Для исключения нагрева и вскипания горючего в управляющей полости газового клапана, последняя соединена трубопроводом с входом в насос. При работе ОБ небольшой расход горючего перетекает через управляющую полость с выхода на вход в насос.

При останове, с целью предотвращения реакции остатков самовоспламеняющихся компонентов топлива в полостях форсуночной головки газогенератора, газовый клапан сообщает при открытии реакционную полость газогенератора с полостью низкого давления за турбиной и через выхлопную магистраль с окружающим пространством, уменьшая давление в камере газогенератора и улучшая опорожнение последней. Технические разработки для пуска и останова основного блока защищены тремя авторскими свидетельствами на изобретения.

Для четкого прекращения поступления компонентов топлива в камеру сгорания при останове, уменьшения догорания и нагрева элементов камеры, уменьшения импульса последействия пускоотсечные клапаны на линиях окислителя и горючего установлены между охлаждающими полостями и полостями форсуночной головки камеры сгорания. Полости ОБ и клапаны между охлаждающими полостями и полостями головки камеры сгорания выполнены таким образом, что при срабатывании клапанов в процессе останова охлаждающие полости камеры отделяются от полостей головки и соединяются через дренажные трубопроводы с окружающим пространством.

Сообщение охлаждающих полостей камеры и через них гидравлических полостей ОБ с окружающим пространством в период после останова имеет целью исключение гидроударов при срабатывании клапанов и предотвращение накопления паров топлива в полостях двигателя, вследствие подвода тепла от тепловыделяющих элементов камеры сгорания, газогенератора и ТНА.

Для предотвращения поступления окислителя в газогенератор при останове и исключения возможности появления продуктов сгорания с избытком окислителя и разрушения (горения) конструкции газогенератора, турбины ТНА, дросселей и сопл тангажа и курса, для исключения возможности проникновения в линию подвода окислителя к газогенератору горючего или продуктов сгорания на головке газогенератора, в линии питания окислителем на минимальном расстоянии от головки установлен клапан, сообщающий при останове линию подвода окислителя с окружающим пространством.

Возможные утечки компонентов топлива через уплотнения между насосами ТНА отводятся в окружающее пространство по дренажным трубопроводам.

Двигатель выполнен цельносварным. С целью уменьшения веса и габаритов, камера сгорания основного блока использована в качестве силового элемента для монтажа, на ней закреплены все агрегаты основного блока и блока малой тяги, агрегаты расположены в непосредственной близости друг к другу, соединены без промежуточных трубопроводов или через короткие переходники, выполненные утолщенными для жесткости.

Такая компоновка позволила получить минимальные габариты и минимальный удельный вес двигателя. С целью уменьшения тепловых потоков на нетермостойкие агрегаты (электропневмоклапаны, электроприводы, пироузлы) от тепловыделяющих агрегатов (ТНА, газогенератор, газовый клапан), при работе двигателя и в период последствий, тепловыделяющие и нетермостойкие агрегаты смонтированы в отдельные блоки, а камера сгорания регенеративного охлаждения установлена между ними, экранируя нетермостойкие агрегаты от тепловых потоков тепловыделяющих агрегатов.

Кроме того, для обеспечения тепловой защиты двигательного отсека объекта при работе двигателя и в период последствий, над тепловыделяющими агрегатами двигателя установлены экраны – отражатели, направляющие тепловые потоки в сторону разделительного экрана, устанавливаемого у среза сопла камеры сгорания при монтаже двигателя в объект и излучающего тепловые потоки в космическое пространство. Разработка по тепловой защите нетермостойких агрегатов двигателя и отсека объекта защищена авторским свидетельством на изобретение.

Требование по обеспечению высокого уровня надежности для ЖРД космического назначения вызывало необходимость введения новых методов стендовой отработки и контроля качества товарных двигателей.

Применительно к двигателю 11Д417 в 1968 году впервые разработан и использован при стендовой отработке новый способ доводочных испытаний, защищенный авторским свидетельством на изобретение, основной отличительной особенностью которого является активный поиск, выявление и устранение недостатков конструкции и технологии изготовления двигателей путем проведения огневых испытаний до отказа сначала на номинальных, а затем и на утяжеленных, максимально форсированных режимах работы. В результате такой последовательности в проведении испытаний удается экспериментально в кратчайшие сроки оценить реальные запасы работоспособности двигателя,

выявить и устранить слабые элементы в конструкции, а при необходимости принять конструктивные и технологические меры к увеличению «запасов» по работоспособности.

Применение вышеуказанного способа испытаний позволило достигнуть высокой надежности двигателя с гарантированным ресурсом работы не менее 5-ти кратного от эксплуатационного, что в свою очередь позволило применить для контроля качества изготовления товарных двигателей огневые контрольно-технологические испытания (КТИ) без последующей переборки двигателя.

Огневые КТИ без переборки преследовали следующие цели:

- отбраковать из числа товарных двигателей, экземпляры, имеющие скрытые производственно-технологические дефекты;
- проверить работоспособность двигателя;
- определить контрольные параметры и оценить устойчивость работы двигателя.

Для внедрения огневых КТИ на двигателе 11Д417:

- в конструкции агрегатов, узлов и деталей применены материалы, смазки, припои стойкие в агрессивной среде, находящейся как в жидкой фазе (в процессе огневого испытания), так и в допустимых пределах в газовой фазе (в процессе хранения после КТИ);
- в конструкции двигателя выполнены системы дренажей из полостей агрегатов, замкнутые и тупиковые полости сообщены с проточными гидравлическими трактами каналами – сверлениями, улучшающими очистку;*
- применен способ очистки, основанный на термовакуумной возгонке компонентов топлива из полостей двигателя после огневого испытания; **
- программа КТИ предусматривала одно включение двигателя продолжительностью 100 сек., режим работы соответствовал требуемым условиям по ТЗ;
- программа КВИ двигателей, прошедших КТИ, предусматривала два зачетных цикла испытаний, при которых проверялся и подтверждался гарантированный ресурс работоспособности, равный 2-х кратному эксплуатационному ресурсу по ТЗ.

Испытания на форсированных режимах позволили исследовать работоспособность двигателя при форсировании давления в камере сгорания до 75% и изменении соотношения расходов компонентов топлива до 20% от номинальных значений.

* Разработка защищена авторским свидетельством на изобретение.

**Способ очистки защищен авторским свидетельством на изобретение.

Отработочные стендовые испытания проведены на 70 двигателях.

Впервые в практике отечественного двигателестроения на двигателе 11Д417 применен контроль качества изготовления товарных двигателей проведением огневых контрольно-технологических испытаний без последующей переборки с термовакуумным способом очистки полостей, что позволило эффективно отбраковывать экземпляры двигателей со скрытыми технологическими дефектами. Технология очистки полостей двигателя, основанная на термовакуумной возгонке компонентов топлива после огневого КТИ, позволяет стабильно получать степень очистки внутренних полостей двигателя до остаточной концентрации по парам окислителя (АТ) – не более 0,5 мг/литр, по парам горючего (НДМГ) – не более 0,01 мг/литр. Указанная остаточная концентрация паров в полостях двигателя позволяет проводить эксплуатационные работы с двигателем. Проведенные стендовые и летные испытания двигателей после КТИ подтверждают работоспособность двигателей и соответствие контролируемых параметров техническому заданию.

В процессе работ по двигателю 11Д417 было создано 20 изобретений, которые были использованы в конструкции агрегатов двигателя и при его отработке. Работы по созданию двигателя велись в 1968-1969 годах сверхускоренными темпами, и уже через год после выдачи уточнённого технического задания (30.04.1968 г.) была осуществлена первая поставка двигателя 11Д417 (30.04.1969 г.) для летных испытаний в составе объекта.

Двигатель С5.61

Двигатель С5.61 (рисунок 2) разработан на основании приказа Министра МОМ № 31 от 23 января 1968 года и технического задания от 11 марта 1969 года.

ЖРД С5.61 – однократного включения, предназначен для обеспечения взлёта с Луны возвращаемых КА, в том числе, «Луны -16»: доставка с Луны на Землю образцов грунта.

Двигатель выполнен по «открытой» энергетической схеме.

Пуск двигателя осуществляется путем одновременной подачи электрического импульса на пиропатрон пусковой камеры и гелия в управляющие полости клапанов входа. Первоначальная раскрутка ротора ТНА производится пороховым стартером. Двигатель имеет систему регулирования - поддержание постоянной тяги и соотношения расходов компонентов. Камера двигателя охлаждается двумя компонентами - окислителем и горючим.

На установившемся режиме привод турбины турбонасосного агрегата обеспечивается газогенератором, работающим на тех же компонентах, что и камера сгорания.

Останов двигателя осуществляется одновременно подачей в управляющие полости отсечных клапанов камеры сгорания гелия и сбросом гелия из управляющих полостей клапанов входа. После останова полости двигателя освобождаются от компонентов через дренажные отверстия отсечных клапанов.

Минимальный вес двигателя был достигнут благодаря применению высокоэффективного топлива - АТ и НДМГ, оптимизации показателей камеры сгорания, применению высокооборотного (до 1167 с⁻¹) ТНА, широкому применению сварных соединений и легких материалов (алюминий и титан).

Требования высокой надежности обусловили максимальное применение в двигательной установке агрегатов и конструктивных схем, апробированных в других изделиях космического назначения. Повышение надежности обеспечивается также минимальным количеством команд, необходимых для пуска и останова двигателя.

Высокая точность поддержания тяги и соотношения расходов компонентов обеспечивается применением автономной системы регулирования.



Рисунок 2. Двигатель С5.61

Постоянство тяги обеспечивается путем поддержания постоянного давления перед форсунками.

Постоянство соотношения расходов обеспечивается путем поддержания равными давлений окислителя и горючего на входах в камеру и газогенератор. Эти функции выполняют регулятор и стабилизатор.

Минимальный импульс последствия и его минимальный разброс обеспечивается применением быстродействующих клапанов путем постановки их непосредственно перед головкой камеры сгорания и сведением до минимума объема управляющих полостей отсечных клапанов и подводных трубопроводов.

Компактность двигателя достигнута за счёт крепления всех агрегатов непосредственно на камере.

В связи с тем, что все агрегаты двигателя, кроме турбонасосного агрегата были достаточно отработаны в широком диапазоне условий, основные трудности встретились при отработке системы регулирования двигателя по тяге и соотношению расходов компонентов топлива и доводке турбонасосного агрегата. Из-за недостаточного располагаемого диапазона регулирования наблюдались случаи выхода из поля допуска ТЗ по тяге. Для увеличения располагаемого диапазона регулирования стабилизатора и регулятора в процессе отработки двигателя произведено изменение профилирования игл исполнительных органов регулятора и стабилизатора, что полностью исключило отклонения от ТЗ по тяге.

При отработке ТНА остро стоял вопрос о весовых характеристиках и стабильности коэффициента полезного действия (КПД) турбины. Для достижения наименьшего веса необходимо было поднять обороты ротора по сравнению с имеющимися образцами. Высокие обороты ротора ТНА выдвинули и повышенные требования к прочности при сохранении пластичности материала ротора, особые требования к конструкции - утолщенные и укороченные лопатки, что в свою очередь привело к изменению конструкции соплового аппарата. Для повышения ресурса подшипников Сталь 1Х13 сепараторов заменена на оловянистую бронзу. Для повышения КПД турбины и обеспечения стабильности его значения были выдвинуты особые требования к точности выполнения соплового аппарата, а для контроля КПД турбины и прогнозирования параметров введена продувка турбины тяжелым газом. В результате КПД увеличилось с 0,285 до 0,292, а разброс его уменьшился с 11% до 6%. В результате отработки был создан турбонасосный агрегат массой 4 кг мощностью 294,2 кВт, оставивший далеко позади все предыдущие известные в стране прототипы (лучшие образцы с аналогичными характеристиками весили 12...15 кг).

Первый экспериментальный двигатель для стендовых испытаний был изготовлен 28 августа 1968 года.

Первое автономное стендовое испытание двигателя проведено 5 сентября 1968 г. Последний экспериментальный двигатель был изготовлен 24 октября 1969 года и испытан 28 октября 1969 года. Всего был изготовлен и испытан 41 двигатель. Из них: 8 двигателей подвергались контрольно-выборочным испытаниям для подтверждения поставок летных партий двигателей, 6 двигателей подвергались контрольным испытаниям для подтверждения качества отработки двигателей, 4 двигателя испытывались в составе двигательной установки. Остальные двигатели подвергались непосредственным автономным доводочным испытаниям. Первый двигатель в составе двигательной установки был испытан 28 марта 1969 г., последний - 12 апреля 1969 г. Контрольные испытания двигателя проводились в апреле - мае 1969 г. Первая поставка двигателя С5.61 для летных испытаний произведена 31 декабря 1968 года. 12 сентября 1970 года двигатель успешно работал в составе лунной автоматической станции "Луна-16" и впервые в мире была осуществлена доставка автоматической станцией лунного грунта на Землю.

Основные характеристики двигателя С5.61: масса двигателя - 42 кг, тяга двигателя - 18,8 кН, удельная тяга - 3070 м/с, соотношение весовых расходов компонентов топлива через двигатель - 1,84, давление в камере сгорания - 9,22 МПа, гарантированный ресурс работоспособности - 1 включение продолжительностью 60 с.

Основные исполнители работ по двигателям 11Д417 и С5.61.

- Турбонасосные агрегаты: Флёров А.В., Шутин В.М., Степин Ю.В., Козлова Е.И., Либин В.Л..
- Камеры и газогенераторы: Севрюгин Ю.А., Кличановский Г.Н., Ануфриева Г.С., Нешин А.М., Салищев Ю.К., Халкевич В.А.
- Агрегаты регулирования и управления: Ильин В.М., Васютин Ю.И., Колотов А.А., Жариков В.Ф., Сивоплясов В.С., Веселин В.С., Курбашкин Ю.А., Чугунов М.А., Ильевич-Стучков Г.М., Баскаков В.И., Лаврова С.Е., Черемных Ф.П., Усатый В.Н.
- Схемы двигателей, компоновка, расчеты, чертежи: Скорняков Р.А., Середа В.К., Оглезнев Р.И., Попов В.И., Прасолов А.Ф., Кочергина Л.Н., Шувалова Л.Г., Китаева О.С., Старыгин В.Ф., Овчинников А.Г., Егоров И.А., Черненко В.И., Славнина В.А., Малышев В.Я., Бойченко Н.Ф., Мясников В.М., Рыбаков В.А., Сенкевич К.Г., Петраш Г.М., Крылова О.А., Цетлин Ф.В., Морозов В.И., Зверева М.С.

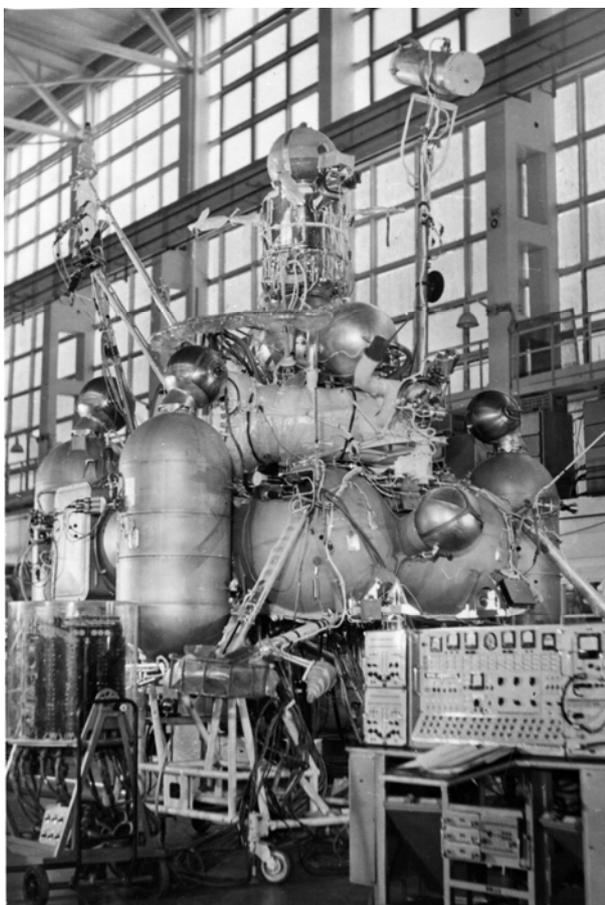
- Создание новых методик обработки двигателя на утяжелённых режимах работы и контрольно-технологических испытаний двигателя без его последующей переборки: Исаев А.М., Богомолов В.Н., Скорняков Р.А., Серeda В.К., Оглезнев Р.И., Попов В.И., Тимофеева В.В., Трофимов Р.С.
- Ведущий конструктор двигателей: Рыбаков В.А.

За обеспечение работ космических аппаратов «Луна – 16», «Луна – 17» 12 сотрудников КБХиммаш в 1970 г. были награждены государственными наградами и 1 сотрудник (В.Ф. Старыгин) - премией Ленинского комсомола.

В процессе всей эксплуатации в составе автоматических космических аппаратов замечаний к работе двигателей 11Д417 и С5.61 не было.

Список литературы

- 1 «Материалы по истории создания двигателей конструкции КБХиммаш», КБХиммаш, 1974 г., уч. № 8458, с. 102 -120.
- 2 «История разработки двигателей С5.61, ...», КБХиммаш, 1974 г., уч. № 9507, с. 6 -15.
- 3 Иллюстрированный справочник: «Отечественная авиационная и ракетно – космическая техника / Двигатели 1944 – 2000: авиационные, ракетные, морские, промышленные», М., «АКС-Конверсалт», 2000 г., с.78



**Испытания КА серии Е8-5 в КИС
Машиностроительного завода им.С.А.Лавочкина**

УДК 629.787-182.3:523.3 «Луноход-1»

СОЗДАНИЕ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ПЕРВОГО В МИРЕ ПЛАНЕ- ТОХОДА «ЛУНОХОД-1»

П.С. Сологуб, О.Г. Ивановский



СОЛОГУБ

Павел Степанович
Ветеран ВНИИТрансмаш
г. Санкт-Петербург,
кандидат технических наук



ИВАНОВСКИЙ

Олег Генрихович
ведущий специалист музея
ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина
e-mail: museum@laspace.ru

В статье рассказывается об этапах разработки, создания, испытания ходовой части первого подвижного научно-исследовательского аппарата для работы на поверхности Луны. Рассмотрены особенности конструкции и функционирования шасси «Лунохода-1».

Ключевые слова: поверхность Луны; космический аппарат; ходовая часть; Луноход; шасси; движение; движитель; полигон; испытание; грунт

DEVELOPMENT OF UNDERCARRIAGE OF THE FIRST IN THE WORLD PLANETARY ROVER "LUNOKHOD-1" *P.S. Sologub, O.G. Ivanovskiy*

The article describes phases of development, construction and testing of undercarriage of the first in the world mobile research laboratory designed to operate on the Moon surface. Design and functional features of the "Lunokhod-1" chassis are considered.

Key words: Moon surface; spacecraft; undercarriage; Lunokhod; chassis; motion; driver; polygon; testing; soil.

Бурное развитие ракетного машиностроения в СССР пришлось на годы после окончания ВОВ, и сейчас не секрет, что основой для развития космического машиностроения (КМ) были достижения, полученные в ракетостроении для военных целей.

За короткое время коллективом во главе с Главным конструктором С.П. Королевым были созданы: первый в мире искусственный спутник Земли, впервые в мире 12 апреля 1961 г. был выведен на орбиту Земли корабль с человеком на борту. Офицер авиации СССР Ю.А. Гагарин стал первым космонавтом в мире.

Главный конструктор Сергей Павлович Королев и Президент АН СССР академик Келдыш М.В. придавали большое значение развитию научных исследований в космосе и, особенно, - по изучению Луны.

Был создан космический аппарат, обеспечивающий фотографирование части обратной стороны лунной поверхности, планировались дальнейшие ее исследования, в том числе и с помощью подвижных транспортных средств. Предварительную оценку возможности создания подвижного аппарата С.П. Королев поручает научному автотракторному институту (НАТИ). Работы НАТИ

продолжались меньше года и были прекращены. Возможно из-за сложности проблем, выявившихся в процессе разработки.

Министр МОП СССР Зверев С.А. рекомендовал С.П. Королеву обратиться в отраслевой танковый институт ВНИИТрансмаш, также входящий в МОП.

В 1963 году директор ВНИИТрансмаш Старовойтов В.С. встретился с ГК ОКБ-1 Королевым С.П., был озадачен данной проблемой, секретность которой была предельной. После обсуждения в узком кругу специалистов было принято решение об участии в этой работе, о чем незамедлительно было сообщено С.П. Королеву и намечено время на предварительное ознакомление с требованиями ОКБ-1 к аппарату. Для участия в работах ВНИИТрансмаш и их курирование поручалось группе специалистов ОКБ-1 под руководством Зайцева В.П., у которого уже был опыт совместной работы с НАТИ.

Директор института Старовойтов В.С. поручил работу кандидату технических наук Кемурджиану А.Л., руководителю отдела, где уже завершалась научно-исследовательская тема по созданию машины на воздушной подушке.

В отделе срочно была создана рабочая группа из сотрудников отдела (Комиссаров В.И., Мишкинюк В.К., Мицкевич А.В., Громов В.В. и др.), которые полностью переключились на новую работу, а также были временно прикомандированы некоторые специалисты из других отделов (Москвин Г.Н., Софьян А.П., Носов А.М., Шварцбург М.Б. и др.), которые приняли участие в работах на этом этапе.

Планировалось провести предварительные оценки различных конструктивных вариантов движителей аппарата, а также составить перечень проблем, от решения которых зависит выбор оптимального движителя. Директор института назначил руководителем группы разработчиков Москвина Г.Н. высококвалифицированного специалиста разработчика ряда танковых систем.

Проводился анализ возможных конструктивных схем движителей шасси и в первую очередь гусеничного (ГД) и колесного (КД). Ни один из этих известных вариантов полностью не отвечал жестким новым требованиям при движении по поверхности Луны.

Требовалось продолжение работы, как по этим движителям, так и по поиску новых движителей (роторные, шагающие и др.).

Однако в связи с недостатком времени решено было на первом этапе остановиться на гусеничном движителе, т.к. ВНИИТрансмаш, как танковый институт имел большой опыт по их разработке и использованию.

Стало ясно, что создание шасси, обеспечивающего надежное движение по поверхности Луны, зависит не только от взаимодействия движителя со средой, но также и от других факторов, таких как: отсутствие атмосферы (вакуум), радиация, лучевой теплообмен, неизвестная грунто-рельефная среда, большой диапазон температур и еще от многих не прямых, а косвенных проблем.

Следует отметить, что параллельно с конструкторскими разработками движителей были получены и некоторые экспериментальные данные. Так, начальник отдела Софьян А.П. провел стендовые испытания по оценке тяговых характеристик колесного движителя при нагрузках, аналогичных лунным.

Для ознакомления с полученными во ВНИИТрансмаш предварительными результатами в Ленинград прилетел Главный конструктор ОКБ-1 С.П. Королев в сопровождении ведущих специалистов, в том числе и руководителя по этой теме в ОКБ-1 Зайцева В.П.

Рассмотренные результаты позволили С.П. Королеву принять окончательное решение о подключении ВНИИТрансмаш к работе по созданию автоматической ходовой части (шасси) аппарата для Луны, с выполнением первого этапа работы в 1965 г., включающего разработку и обоснование ТЗ на шасси.

Это решение, согласованное с МОП, предопределило появление во ВНИИТрансмаш нового направления – космического (КН).

Руководителем КН назначили начальника отдела к.т.н. Кемурджиана А.Л., которому было поручено подготовить предложения по научно-техническим вопросам и решению организационно-кадровых проблем.

По согласованию с директором большую часть необходимых специалистов укомплектовали за счет других отделов института. Производство было ориентировано на штатный состав.

Первоочередной кадровой задачей в отделе КН было определение руководителей лабораторий. Если для лабораторий электроприводов (ЭПУ), термовакуумных испытаний (ТВИ), общемашинных ходовых испытаний (ОХИ) руководители были определены еще на первом этапе – Коган Л. (впоследствии Соловьев А.Ф.), Розенцвейг И.И. (впоследствии Тарасов А.Ф.), Китляш Ю.П., то для головной лаборатории общемашинных разработок (ОМР) место оказалось вакантным в связи с уходом Москвина Г.Н. на другую работу. Кемурджиан А.Л. предложил директору института на эту должность и своим первым заместителем по этой работе назначить к.т.н. Сологуба П.С., руководителя головной лаборатории и расчетно-теоретического сектора танковых трансмиссий.

Несмотря на категорическое несогласие начальника отдела трансмиссий, директор подписал приказ, и Сологуб П.С. приступил к работе. Необходимо было срочно сформировать головную лабораторию отдела КН и укомплектовать ее кадрами. В результате была утверждена лаборатория, состоящая из трех групп:

- 1 Общемашинных и узловых конструкторских разработок (Комиссаров В.И., Мишкинюк В.К., Корепанов Г.Н., Поляков Л.Н., Бечвай Н.Е., Шварцбург М.Б., Гладких Б.В. и др.).
- 2 Расчетно-теоретических разработок (Кудрявцев А.Ф., Минин О.В., Плохих В.Н., Болховитинов И.С. и др.).
- 3 Научно-исследовательских разработок (Громов В.В., Петрига В.Н., Лашков В.А., Веткин Р.К., Чубарева В.М. и др.).

Другие подразделения отдела КН были также укомплектованы квалифицированными специалистами. Их работы проводились совместно с головной лабораторией, либо по согласованным техническим заданиям.

Наряду с организационно-кадровыми мероприятиями отдел КН под руководством Кемурджиана А.Л. приступил к выполнению работ по теме Е8 (создание лунохода), ранее согласованной с ОКБ-1 на 1965 год.

Все работы в институте, имевшие отношение к космической тематике, по предложению директора проходили под шифром «Шар». Используя предварительные наработки рабочей группы на первом этапе и информацию от различных НИИ, промышленных и АН СССР, был проведен их анализ и сформированы основные положения, необходимые для разработки ходовой части.

Очевидно, что первоочередной задачей было определение характеристик поверхности Луны по рельефно-

грунтовым параметрам. Не имея этой информации, выбрать тип движителя и его конструкцию для ходовой части невозможно. В то время существовало множество мнений-предположений от сыпучего грунта до «тверди». Так, на одном из обсуждений этой проблемы С.П. Королев сказал, что, по его мнению: «там «твердь», но решение должно быть за наукой. На велосипеде можно будет ездить, сказал разработчик ОКБ-1, космонавт Феокистов К.П. на том же обсуждении. Или прямо противоположное мнение. На заседании президиума АН СССР при обсуждении нашего доклада, посвященного этому вопросу, академик П.Л. Капица, выйдя к доске, нарисовал свое предложение, как передвигаться по поверхности Луны: «...устройства типа плота, движение которого должно проходить отгалкиванием, возможно как шестом, т.к. грунт там сыпучий с малой несущей способностью, из-за лунной гравитации».

Предложений было много, но разработку движителя необходимо проводить, опираясь на фактический материал, который и был получен по нашей заявке коллективом Горьковского радиофизического НИИ во главе с академиком Н.С. Троицким, правой рукой у которого был молодой ученый Кротиков В.М. Они провели радиофизическое зондирование поверхности Луны и выдали нам информацию: плотность грунта достаточно сильно меняется, по глубине зондирования ~ 30 см верхний слой типа связанной пыли, и с глубиной плотность увеличивается достаточно сильно. Для нас это было отправной точкой. Группа специалистов лаборатории ОМР во главе с Громовым В.В. создала экспериментально аналог грунта поверхности Луны и выдала данные для разработок движителя ходовой части.

Следующая проблема: работа механизмов на Луне при космическом вакууме, низких температурах, лучистом теплообмене и т.д. Необходимо имитировать на

Земле работу нагруженных пар трения качения и скольжения в условиях, аналогичных лунным, для тягового привода шасси. Разработать соответствующие материалы и смазки, при этом выдерживая жесткие требования по массе. Для этого необходимо соответствующее стендовое оборудование, которое необходимо разработать, создать или использовать существующее, если оно подойдет.

Все эти вопросы успешно решал коллектив лаборатории ТВИ (начальник Розенцвейг И.И.). Установили тесные связи с вакуумной лабораторией ОКБ-1 и создали оборудование во ВНИИТМ. В результате испытаний были получены предварительные данные – положительные. Для решения выше указанных задач были привлечены различные предприятия: ЦНИИМАШ, Институт низких криогенных температур (Украина), Институт легких сплавов (Москва) и т. д. Использовался богатый опыт ОКБ-1.

Для проверки работоспособности пар трения и смазок в силовых приводах был разработан совместно Сологубом П.С. с Комисаровым В.И. стендовый узел Р-1, использующий принцип «циркулирующей мощности». Узел установлен на одном из спутников Земли по согласованию с С.П. Королевым. Были получены положительные результаты.

В организации работ по установке на спутнике узла Р-1 принимал участие Маленков М.И.

Нужно отметить еще одно очень важное направление: применение системы дистанционного управления (СДУ) и влияния СДУ на разрабатываемую конструкцию ходовой части.

С этой целью сотруднику лаборатории ОМР Полякову Л.Н. было поручено разобраться с идеологией построения СДУ и разработать экспериментальный образец, он представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. Экспериментальный образец шасси с системой дистанционного управления (СДУ)

Испытания выявили целесообразность введения системы безопасности движения по ряду параметров: крен, дифферент, перегрузки электродвигателей и др., а также необходимость выработать предварительные требования к составу операторов, управляющих аппаратом, и требования к пультам управления.

Результаты испытаний в дальнейшем были использованы при создании летных образцов и отработке методов их вождения. Информация, полученная по вышеуказанным трем направлениям, была положена в основу конструкторских разработок шасси в соответствии с заданием, выданным ОКБ-1.

Также как и на первом этапе, на основании расчетно-теоретических изысканий по тягово-сцепным и тягово-скоростным параметрам продолжались конструкторские разработки шасси с гусеничным и колесными движителями. Работа проводилась руководителем группы Кудрявцевым А.Ф., сотрудником группы Мининым О.В., Плоких В.Н. и др. Были определены основные параметры тяговых электродвигателей с учетом минимизации массы. Разработку шасси с гусеничным движителем проводил Мишкин В.К., а колесным - Мицкевич А.В. с участием Шварцбурга М.Б., Корепанова Г.Н., Бечвая Н.Е., Гладких Б.В. и сотрудников лаборатории ЭПУ Носова А.М., Кляцкина Д.Я., Быховской Р.Г. и др.

Следует отметить, что в процессе работы название ходовая часть *самоходного аппарата* трансформировалось в новое название – ходовая часть *Лунохода*. По окончании работ был составлен научно-технический отчет по ходовой части Лунохода, выполненный в соответствии с исходными данными, разработанными ОКБ-1.

Так же был представлен киноматериал, снятый по проводимым работам. Эти материалы были направлены в ОКБ-1 на заключение.

В конце 1965 г. на расширенном НТС ОКБ-1, которое проводил Королев С.П., рассматривались материалы работы ВНИИТрансмаш в 1965 г., представленные руководителем работ Кемурджианом А.Л. и его заместителем Сологубом П.С.

Результаты работы были одобрены и приняты для дальнейшей реализации по теме Е-8.

Первый этап работ ВНИИТрансмаш по космическому направлению закончился успешно.

После окончания НТС Сергей Павлович познакомил Кемурджиана А.Л. и Сологуба П.С. с Главным конструктором НПО им. С.А. Лавочкина Бабакиным Георгием Николаевичем и его заместителем Ишевским Валентином Еврафовичем и сказал, что дальнейшая работа по теме Е-8 передается в эту организацию. Мы были искренне удивлены, но вопросы задавать не стали. С.П. Королев пригласил нас пройти к нему в кабинет, где продолжалось уже неофициальное обсуждение дальнейших взаимоотношений ОКБ-1 с ВНИИТрансмаш. Сергей Павлович посетовал на

существующие в настоящее время сложности по созданию комплекса Н-1, в том числе и политические, но уверил, что Луну американцам не отдадим!

Относительно дальнейшего сотрудничества ВНИИТрансмаш и ОКБ-1 Королев сказал, что есть идеи на этот счет, но обсуждение их проведем в феврале 1966 г. после возвращения из больницы, в которую он ложится в начале января. К великому сожалению этим планам сбыться было не суждено. В январе Сергея Павловича не стало.

После аудиенции мы снова встретились с Бабакиным Г.Н. и Ишевским В.Е. и обсудили более подробно нашу будущую совместную деятельность. Георгий Николаевич попросил нас как можно быстрее передать материалы в НПО им. С.А. Лавочкина и доложить их на расширенном НТС ведущему составу НПО, а также подробнее познакомиться с их предприятием. Тут же были согласованы сроки этого мероприятия.

Это неожиданное решение для нас было шоком. Уже налаженные отношения прерывались, а что будет дальше? В общем, сплошные вопросы.

НПО им. С.А. Лавочкина – хорошо известное предприятие МАП СССР, создавшее во время ВОВ знаменитые самолеты марки ЛА, но в дальнейшем отошло от авиации и стало создавать различные ракетные комплексы.

Решение передать лунную тематику и весь дальний космос в НПО им. С.А. Лавочкина, по всей вероятности, было связано с большим объемом работ в ОКБ-1 по созданию комплекса Н-1.

На расширенном НТС НПО им. С.А. Лавочкина были представлены результаты работ ВНИИТрансмаш по ходовой части Лунохода, выполненных по заданию Главного конструктора ОКБ-1 Королева С.П., и киноматериал.

Было принято решение о продолжении работ по формированию ТЗ на автоматическое шасси Лунохода и проведению разработки эскизного проекта применительно к создаваемой в НПО автоматической лунной станции (АЛС).

Фирма Лавочкина, укомплектованная квалифицированными специалистами и высокотехнологичным производством, под руководством Г.Н. Бабакина очень быстро адаптировалась к новым работам, в том числе и к работам по созданию Лунохода.

Разработка посадочного блока с Луноходом была поручена ведущему проектанту Федорову И.Н. Это классный разработчик, с которым мы быстро сработались. Его предложение по изготовлению шасси в блочном варианте было принято, т.к. существенно упрощались производственные стыковки и уменьшалась суммарная масса Лунохода, что очень важно. Достаточно быстро было разработано комплексное ТЗ. В его разработке принимали активное участие от НПО им. С.А. Лавочкина: Дубовик Б.Г., Дельвин Ю.П., Федоров И.Н., Булеков В.П., Крупкин С.И., Горошков И.Н. и другие. От ВНИИТрансмаш: зам.

Кемурджиана начальник лаборатории к.т.н. Сологуб П.С., Комиссаров В.И., Мишкиннюк В.К., Соловьев А.Ф., Громов В.В., Корепанов Г.Н., Кляцкин Д.Я., Бродский П.Н. и др. Разработанное комплексное ТЗ было рассмотрено и одобрено на Совете Главных конструкторов, в который был введен от ВНИИТрансмаш начальник отдела к.т.н. Кемурджиан А.Л., как Главный конструктор.

На Совете Главных был также утвержден комплексный план-график работ для всех предприятий, участвующих в работе, конечный срок которого определен постановлением ЦК и СМ СССР. Сроки были чрезвычайно жесткие, так что приходилось работать в две, три смены.

Полным ходом шли разработки эскизного проекта. Федоров И.Н. торопил нас с утверждением схемы стыковки блоков шасси с корпусом Лунохода, так как это требовалось для дальнейшей компоновки автоматической станции, но мы не могли это сделать, так как еще не был окончательно выбран и утвержден тип движителя для шасси Лунохода. Все компоновки шасси проводились с гусеничным движителем, который был принят как основной еще на этапе работ с ОКБ-1.

У меня, как ответственного за все разработки по шасси во ВНИИТрансмаш, возникли сомнения в правильности сделанного выбора, тем более, что анализ выданных НПО им. С.А. Лавочкина технических параметров, в том числе по суммарной массе Лунохода 750 кг и мощности на движение 300 Вт, подтверждал это. Обеспечить при таких параметрах надежное движение Лунохода с гусеничным движителем, выполненного по танковой схеме, практически невозможно. Велика вероятность заклинка гусеницы, особенно при повороте машины, а соответственно потеря движения.

Разработать ГД по другой схеме, лишенной этих дефектов, возможно, но нет времени. Впоследствии такой вариант, показанный на рисунке 2, который разработал Егоров А.И., был создан и испытан. Результаты неплохие, но по массе – явный проигрыш.

Мои опасения разделили ведущие разработчики Комиссаров В.И., Мишкиннюк В.К., Мицкевич А.В., непосредственно занимающиеся компоновкой шасси с ГД, а также Громов В.В. и другие специалисты лаборатории, кроме группы «ходовиков» во главе с Шварцбургом М.Б. Мои попытки убедить руководство (директора Старовойтова В.С. и Кемурджиана А.Л.) в нецелесообразности такого решения не были успешными. Соображение простое: танковый институт должен создать шасси Лунохода с ГД. Вероятно, на первом этапе работ Москвин Г.Н. предлагал в качестве основного варианта колесный движитель, который разрабатывал Мицкевич А.В. Очевидно, убедить руководство в целесообразности такого решения он не сумел и возможно, поэтому перешел на другую работу. У нас оставалась последняя надежда: провести эксперимент на макете с ГД, выполненным по танковой



Рисунок 2. Вариант ГД, разработанный А.И.Егоровым

схеме (рисунок 3), который был спроектирован ранее и уже изготовлен. Мы были уверены в правильности такого решения, но пока получим экспериментальные результаты, времени на реализацию шасси с КД уже не будет.

Поэтому мы с Мишкиннюком В.К. решили проработать (неофициально) вариант шасси с КД на базе уже разработанного с ГД, заменив опорные катки на ведущие колеса. Комиссаров В.И. совместно с Корепановым Г.Н. проработали электропривод, размещенный в ступице колеса, т.е. вместо 2-х приводов на ведущих звездочках устанавливалось 8 электроприводов, что существенно повышало надежность.

В это время под руководством начальника лаборатории ходовых испытаний к.т.н. Хованова И.М. (сменившего Китляш Ю.П.) был подготовлен ходовой макет с ГД и проведены испытания в различных условиях в соответствии с заданием лаборатории ОМР.

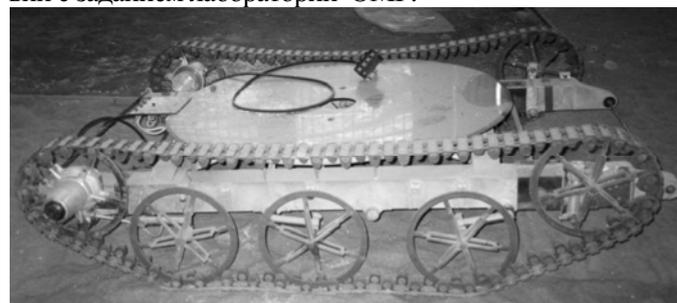


Рисунок 3. Макет с ГД, выполненный по танковой схеме

Результаты, полученные при испытаниях, подтвердили наши опасения и убедили в этом руководителя работ Кемурджиана А.Л. Имея эти материалы, нам удалось общими усилиями убедить также и Старовойтова В.С., и он был вынужден согласиться с таким решением. Итак, вместо ГД основным вариантом принимается шасси

Лунохода с полноприводным восьмиколесным двигателем, но при этом возник полнейший цейтнот.

Практически необходимо было проработать все системы и конструкции узлов заново.

Досталось «ходовикам» – они готовились к доработке ГД и никакого задела по КД у них не было, но коллектив с М.Б. Шварцбургом успешно справились с задачей. Так совместно с ЦКБ велостроения (г. Харьков) было разработано очень легкое спицованное колесо с сетчатым верхом, которое при собственном весе 4,5 кг выдерживало нагрузки ~ 500 кг, Гладких Б.В. разработал торсионную пучковую титановую подвеску. Очень большой объем работы пришелся на коллектив лаборатории ЭПУ (Турбинский А.В., Кляцкин Д.Я., Быховская Р.Г., Васильев Ю.А. и др.). Потребовалось срочно внести изменения в ТЗ на изготовление электродвигателя в связи с изменением мощности и массы, а также моментно-скоростной характеристики. Требовался электродвигатель с большим диапазоном изменения крутящего момента при минимально возможном диапазоне изменения оборотов. Соответственно потребовалась и разработка новой системы управления электродвигателя. Пожалуй, в то время это был самый тяжелый участок работы. Коллектив лаборатории ЭПУ во главе с новым руководителем Соловьевым А.Ф. успешно справился с этой задачей.

Для упрощения взаимодействия разработчиков с производством, заказчиком и смежниками на этом этапе Соловьеву А.Ф. были даны полномочия заместителя главного конструктора по блоку автоматики шасси (БАШ).

Закончили выпуск ЧТД на летный образец, а также на технологический, тепловой и образец для прочностных испытаний. Отдельно был подготовлен образец для испытаний с лунной гравитацией на стендовом оборудовании НПО им. С.А.Лавочкина.

На самолете, летящем по определенной траектории, создающей условия лунной гравитации, группой Громова В.В. были проведены на одном отдельном колесе гравитационные испытания КД во взаимодействии с аналогом грунта Луны.

Перед запуском в производство летных образцов были проведены КДИ – различные стендовые и ходовые испытания, по результатам которых корректировалось ЧТД летного образца. Большой объем работы был выполнен в лаборатории ТВИ: подбор материалов для механических приводов, подшипников качения и скольжения, смазок, работающих в вакууме. Проводились испытания (КДИ) узлов в вакуумных камерах и другие испытания.

Следует отметить еще один этап специальных испытаний по отработке и оценке ходовых качеств экспериментального макета Лунохода с блоками натурального шасси. Первоначально отработочные испытания проходили на закрытом полигоне лаборатории ходовых испытаний, оборудованного машиной сопровождения и трассой, на

которой были участки с разными грунтами: песок, пемза и др. (Рисунок 4). Отдельно проводились испытания на стенде с переменным уклоном. Определились возможные углы подъема на различных грунтах. Однако контрольные испытания на этапе КДИ требовалось проводить на натурном полигоне, рельефно-грунтовые условия которого должны максимально соответствовать лунным.

Для поиска и выбора такого полигона АН СССР было организовано две экспедиции: одна работала на Кавказе, а другая на вулканах Камчатки. В состав экспедиции на Камчатке вошли от АН СССР Шварев В.В. и Черкасов И.И. от ВНИИТрансмаш Сологуб П.С., а от института Вулканологии и.о. директора Чирков А.М. и Штейнберг Г.С. Экспедиция на Кавказе выявила бесперспективность организации там полигона.

Как показали исследования, склоны вулканов Толбачик и Шевелуч наиболее полно соответствуют рельефно-грунтовым условиям Луны. Это подтверждается результатами испытаний КД в самолете, полет которого обеспечивал лунную гравитацию. Испытания на полигонах Камчатки проводились начальником лаборатории ОХИ Величко В.П. (сменившего на этой должности Хованова И.М.).

В дальнейшем на Камчатке в поселке Козыревск была создана «Станция» (НТС), утвержденная Нежлукто В.Я., начальником 7-го ГУ МОП СССР. НТС вошла в состав коллектива ОМР КН ВНИИТрансмаш, начальником которой был назначен Бабенко В.Г. Основной рабочий полигон располагался на склоне вулкана Толбачик.

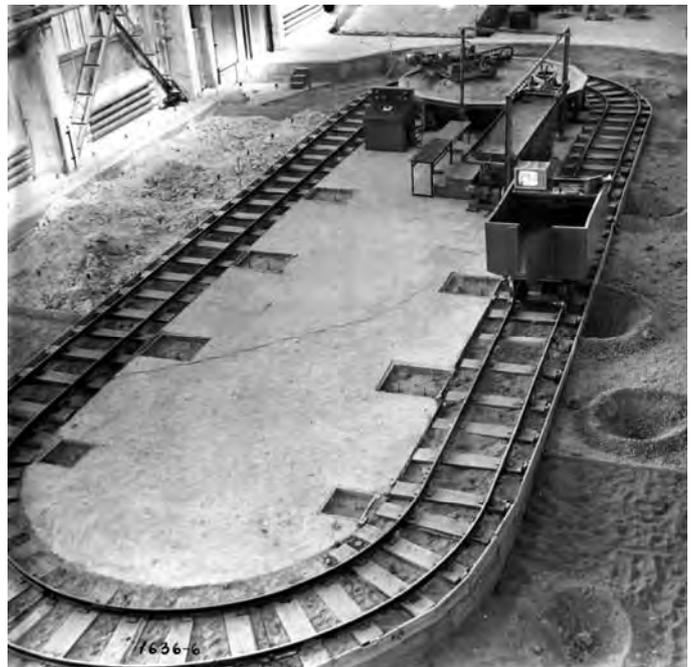


Рисунок 4. Испытательная трасса на закрытом полигоне лаборатории ходовых испытаний

В результате проведенных ходовых испытаний шасси Лунохода, участие в которых принимали сотрудники НПО им. С.А. Лавочкина Горошков И.Н. и Мартынов Б.Н., были определены возможности шасси при движении в различных рельефно-грунтовых условиях, максимального приближающихся к лунным. Кроме этого, была получена информация, необходимая для разработки системы дистанционного управления, а также подготовки предложений по методике вождения Лунохода в старто-стопном режиме. При этом использовалась информация, получаемая от системы безопасности движения Лунохода (крен, дифферент, нагрузка электродвигателя, измерения пройденного пути), разработанной в лаборатории ЭПУ группой Бродского П.Н.

Большой объем работ был выполнен НПО им. С.А. Лавочкина и смежниками по разработке и созданию различных систем управления, обеспечивающих функционирование автоматической лунной станции (АЛС) на различных этапах работы, в том числе и на стадии эксплуатации Лунохода на поверхности Луны. С этой целью был разработан и создан недалеко от г. Симферополя технический комплекс, входящий в состав воинской части, командиром которой был полковник Бугаев Н.И.

В комплексе, помимо приемо-передающих и обрабатывающих устройств, был создан полигон для отработки методов управления движением Лунохода и функционирования научно-технических систем, находящихся на его борту.

Для обеспечения работы технического комплекса была сформирована из различных воинских частей группа офицеров – военных специалистов, которые должны были впервые в мире обеспечить дистанционное управление движением Лунохода по поверхности Луны. Выбор участников проводился под контролем группы врачей ИМБП под руководством кандидата медицинских наук Петрова Н.И.

В дальнейшем офицеры проходили стажировку на различных предприятиях, участвующих в создании Лунохода, и в первую очередь в НПО им. С.А. Лавочкина и ВНИИТрансмаш. Кроме команды офицеров была создана оперативная группа управления (ОГУ), в которую вошли: Бабич Ф.М., Мэнн Р.М., Порошин Л.В., Коровкина В.А., а также сотрудники ВНИИТрансмаш.: Китляш Ю.П., Громов В.В., Поляков Л.Н., Петрига В.Н., Васильев Ю.А., Шпак Ф.П., Черепанова Л.И. и др.

Создание ОГУ потребовалось для отработки на стадии КДИ взаимодействия всех систем Лунохода. Кроме того, необходимо было определить количество членов экипажа и их взаимодействие между собой и с ОГУ.

Положительные результаты, полученные на этапе КДИ всего космического комплекса, были рассмотрены на Совете Главных конструкторов с участием А.Л. Кермуджиана и принято решение о запуске в производство.

Лётные образцы всех элементов ходовой части Лунохода в августе 1968 г. были поставлены в НПО им. С.А.Лавочкина для участия в совместных испытаниях всех частей лунной автоматической станции Е-8. Ответственным за проведение испытаний и техническим руководителем в КИС был назначен О.Г. Ивановский.

Не можем не привести фрагмент его воспоминаний о тех событиях.

«Виктор Александрович Басов, уже в годах, симпатичный, с хорошей проседью, опытный испытатель, работавший еще при Лавочкине, начальник КИС-а – контрольно-испытательной станции – уже вел оперативку, когда я зашел в его кабинет на втором этаже бытовок цеха №4. Около двух десятков инженеров-испытателей, руководителей «служб» сидели за длинным, покрытым голубым пластиком столом и вдоль стеклянных стен кабинета.

– Хочу, чтобы вы правильно меня поняли, товарищи, сегодня начинаем автономные испытания систем лунохода. Мы подготовили сетевой график хода испытаний. Прошу всех ознакомиться. Как видите, испытания разбиты на три этапа. Автономные – здесь системы не связаны друг с другом, и, поэтому, для сокращения времени мы решили некоторые из них проводить параллельно. Затем комплексные испытания всех систем лунохода, и, наконец, совместные – вместе с блоком КТ – посадочной ступенью.

Слушая Басова, я невольно задумался. В удивительное время мы жили! Машиностроительный завод, обычные цеха, и вдруг... луноход!

Как жизнь наша в те годы переплеталась с фантастикой!

За стеклянной стеной, отделяющей кабинет начальника КИС-а, послышался шум приближавшегося большого мостового крана. Я вышел на балкон. Под крюком крана, слегка покачиваясь на тонких тросах, проплыл луноход.

Пожалуй, вот так, в «воздухе», не на полу и не в чертежах я его видел впервые. И как он не был похож на то, что рисовали в своих повестях фантасты. То был луноход реальный, такой, каким мы его не только придумали, но сделали!

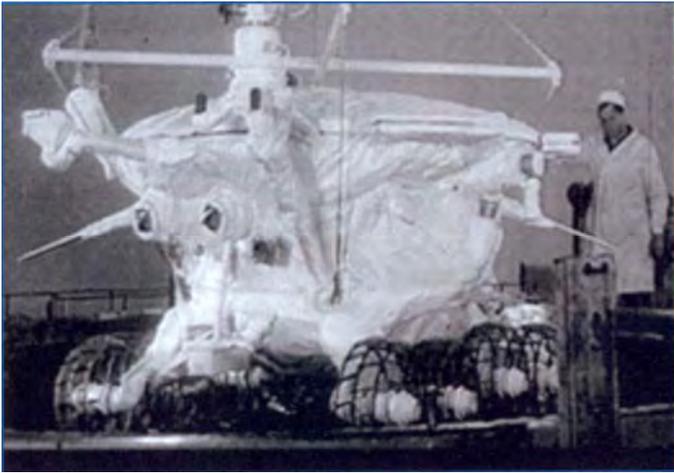
И ему не «путешествовать» по страницам фантастических повестей, по настоящей, существующей в небе Луне.

Кран пронес свою, казалось, невесомую ношу по пролету цеха, гуднул несколько раз и бережно опустил её на подставку. Это цех Александра Павловича Бирюлина передал луноход в КИС. Теперь его хозяевами будут испытатели.

Оперативка кончилась. Четкий голос из репродукторов громкой связи объявил:

– Внимание! Всем службам приступить к подготовке автономных испытаний. Повторяю...

Монтажники быстренько, обступив луноход со всех сторон, отстыковали верхнюю часть корпуса с солнечной батареей на верхней крышке, с антеннами и шестью



Подготовка к полету «Лунохода-1»
Кадр из документального фильма

«глазами» – телефотометрическими и телевизионными камерами от днища с приборной рамой, начиненной электро-электронно-автоматическим оборудованием, аккумуляторными батареями. На нем же укреплены и четыре блока колес – ходовая часть.

Две части единого организма. Связь этих частей не могла быть оборвана. Электрические кабели соединяли их в единую электрическую схему.

И «верх», и «низ» заняли места на специальных подставках.

Подставка под ходовой частью была не простой, она могла наклоняться и поворачиваться при проверках ее работы при разных режимах движения.

Первый этап испытаний – проверка правильности состыковки всех электрических цепей, сопротивления изоляции, еще несколько проверок. Через несколько минут ведущий испытания инженер КИС-а сообщил о готовности систем к автономным испытаниям.

У одного из пультов испытатели-электрики перелистывали страницы инструкции. Я подошел к ним. Чуть наклонившись к пульту, оператор нажал подряд три черных кнопки: «А», «2» и «2». Одновременно неоновые знаки в круглых окошках отозвались оранжевым «А22». И тут же все восемь колес дружно завертелись. Повторяя как бы про себя, оператор вполголоса произнес: «Есть первая вперед!» Новый нажим кнопок. Зажглись неоновые «Б22», колеса завертелись с удвоенной скоростью. Потом «Стоп», проверка заднего хода.

Опять подана команда «А22» – первая вперед. Вслед за ней новая команда, и четыре колеса левого борта завертелись с удвоенной скоростью, а правые остались на прежних оборотах. Это поворот вправо в движении. Но луноход мог делать повороты и на месте. При этом колеса одного борта вращались вперед, а другого – назад.

Наклонами подставки можно было имитировать углы крена и проверить, как будут срабатывать средства

защиты от чрезмерных наклонов на тот или другой борт, от недопустимых дифферентов на нос, или на корму, при резких отклонениях от выбранного направления движения. Это были автономные системы обеспечения безопасности движения.

И так, система за системой, прибор за прибором должны были доказать готовность выполнять все то, что велели им разработчики...

На секунду представилось, что в безмолвии лунного моря, под ослепительными лучами Солнца это, стоящее в цехе творение человеческого разума и рук, вот так же по команде человека с далекой Земли, будет открывать, и закрывать этот двухметровый диск, вращать свои восемь колес, передвигаться, поворачиваться... Фантастика? Вчера – да!»

После изготовления и проведения большого объема испытаний космический аппарат был отправлен для запуска на техническую позицию в Байконур.

На этом закончился первый этап создания изделия с автоматическим шасси.

Предстояло ещё два важнейших этапа:

- запуск космического аппарата и доставка Лунохода на Луну;
- работа с Луноходом при движении его по поверхности Луны.

В 1968 г. был осуществлён первый запуск космического аппарата с Луноходом, но, к сожалению, он оказался неудачным. Ракета взорвалась вблизи стартовой площадки. Участвующий в группе запуска А.Л. Кемурджиан сумел отобрать уцелевшие блоки колес шасси Лунохода, которые остались в работоспособном состоянии и использовались в дальнейшем для создания экспериментальных ходовых макетов.

Удачным был второй запуск Лунохода, произведенный в ноябре 1970 г. с космической станцией «Луна-17». К сожалению, А. Л. Кемурджиан не мог участвовать в этом запуске, т.к. находился в московской травматологической клинике ЦИТО. В работе группы технических специалистов от ВНИИТрансмаш принимал участие Родионов Т.Л.

Следует отметить, что ранее, 12 сентября 1970 г. состоялась пуск к Луне автоматической станции «Луна-16», созданной в НПО им. С.А.Лавочкина для доставки на Землю образцов лунного грунта. Эта задача была успешно решена 24 сентября того же года.

Чудом сохранилось письмо А.Л. Кемурджиана Г.Н. Бабакину. Из него и без комментария становится совершенно ясно, как надо любить свое дело, свою профессию – вдумайтесь в эти строки:

«Уважаемый Георгий Николаевич!

Нахожусь в Москве, в Центральном институте травматологии и ортопедии (ЦИТО). Не могу встретиться с Вами, а в то же время имею для Вас достаточно срочное сообщение. Мы провели исследования материала, который

Вы привезли и передали А.П. Виноградову и имеем теперь количественные данные о физико-механических свойствах материала применительно к задаче движения... (А.Л. исходит из результатов исследования образцов лунного грунта, доставленных «Луной-16»).

Если исходить из того, что привезенный материал не изменил своей гранулометрической структуры в процессе бурения и доставки, то характеристики его оказались гораздо хуже того, что было известно ранее.

Не останавливаясь на подробностях, скажу только, что это означает резкое ухудшение проходимости по сцеплению колес с грунтом. Полученные результаты в какой-то мере сенсационны. Конечно, они должны быть проверены на следующих образцах, которые будут доставлены (на существующих образцах эксперименты проведены многократно). О полученных результатах исследований информирован академик А.Ю. Ишлинский.

Полученные данные, конечно, надо рассматривать осторожно. Надо учитывать, что, во-первых, в естественном залегании материал может иметь лучшие характеристики и, во-вторых, указанные свойства могут иметь локальный характер в силу неоднородности поверхности участка.

Тем не менее, мне кажется, что полученные результаты должны нас насторожить и, в связи с этим, повлиять на последовательность работы с изделием «8»...» (Далее в письме следовали конкретные советы о порядке управления движением лунохода.) ... Пишу столь подробно, так как не знаю, позволит ли мне здоровье принять участие в работе. Хотя и сомнительно, но может быть, сумею прибыть в Симферополь. Если не удастся, вместо меня будет Сологуб П.С. В этом случае постараюсь быть на КВЦ к моменту начала движения.

Желаю Вам успеха.

Кемурджиан. 8 ноября 1970 г.»

Для работ по третьему этапу – осуществлению движения Лунохода и проведению научно-технических экспериментов – директор ВНИИТрансмаш Старовойтов В.С. поручил заместителю Кемурджиана А.Л. Сологубу П.С. сформировать рабочую группу. Руководителем группы был назначен начальник лаборатории ОМР Сологуб П.С.

В состав группы были включены: начальник лаборатории ЭПУ Соловьев А.Ф. (зам. руководителя группы), сотрудники, принимавшие участие в испытаниях шасси, – Громов В.В., Китляш Ю.П., Петрига В.Н., Поляков Л.Н., Бабенко В.Г., Шпак Ф.П., Васильев Ю.А. и др., всего 12 человек.

Рабочая группа ВНИИТрансмаш вошла в состав общей группы специалистов, обслуживающих различные системы Лунохода.

В состав оперативной группы управления входили:

- от предприятия НПО им. С.А. Лавочкина:
 - Пантелеев В.П., Роговский Г.Н., Дельвин Ю.П., Бабич Ф.Г., Мэн Р.М., Булеков В.П., Порошин Л.В. и др.

- руководители групп предприятий-смежников:
 - институт картографии – Непоклонов Б.В.
 - ВНИИТрансмаш – Сологуб П.С.
 - по ТВ – Засецкий В.В.
 - по научному оборудованию – Кочаров Г.Е.

Экипаж Лунохода состоял из 5 человек (с учетом резерва всего 11 человек): командиры – Еременко Н.М., Федоров И.Л., штурманы – Давидовский К.К., Самаль В.Г., водители – Довгань В.Г., Латыпов Г.Г., бортиженеры – Кожевников А.Е., Мосензов Л.Я., операторы остронаправленной антенны – Козлитин Н.Я., Сапранов В.М., член экипажа – Чубукин В.И.

Группой обработки информации с борта Лунохода руководил Кантор А.В. В группу входили сотрудники всех предприятий-смежников. От ВНИИТрансмаш в неё входили Громов В.В., Китляш Ю.П., Поляков Л.Н., Петрига В.Н., Шпак Ф., Болховитинов И.С., Бабенко В.Г. и др.

Рабочая группа ВНИИТрансмаш была отправлена в г. Симферополь и присутствовала при осуществлении мягкой посадки платформы с Луноходом на поверхность Луны. Слова: «Есть контакт» потонули в буре оваций всех присутствующих. – Луноход-1 на Луне! А какие были торжества ... Догадываюсь, потому что, к большому сожалению, я об этом говорю только со слов наших сотрудников, участвующих в этом знаменательном событии. К сожалению, потому что в это время я ещё был в поезде и только подъезжал к Симферополю вместе со Славой Довганем из группы экипажа (будущий водитель Лунохода-1). Мы тоже радовались и тоже «отметили».

По разным причинам мы вынуждены были задержаться в Москве. Я заезжал в больницу к Александру Леоновичу Кемурджиану, чтобы обсудить кое-какие вопросы и получить благословение на предстоящие работы.

Начинался третий этап. Это работа с Луноходом-1 на поверхности Луны.

Необходимо сделать следующий шаг: осуществить съезд Лунохода-1 с посадочной платформы. Для этого специалистами ОГУ, которой в то время руководил Пантелеев В.П., был проведен анализ состояния всех систем Лунохода, получена первая телевизионная панорама местности и положения Лунохода по крену и дифференту. Это позволило определить направление съезда Лунохода (вперед или назад), а также расстояние, которое он должен пройти. ОГУ выдала информацию командиру экипажа Федорову И.Л., по команде которого водитель Латыпов Г.Г. выдал радиокоманду на первое движение Лунохода. Произошел съезд, есть первая колея на поверхности Луны! (Рисунок 5). Произведено первое пенетрирование грунта и определены его параметры. Грунт несущий с удовлетворительной несущей способностью. Подтвердились параметры грунта на поверхности Луны, выданные в свое время академиком Н.С. Троицким и Кротиковым В.

С помощью Лунохода решались сложные научные и инженерно-технические задачи по ходу его движения.

Всего «Луноход-1» отработал XI лунных дней и прошел путь более 10 км в разнообразных рельефно-грунтовых условиях поверхности Луны в районе Моря Дождей, где была осуществлена посадка станции «Луна-17».

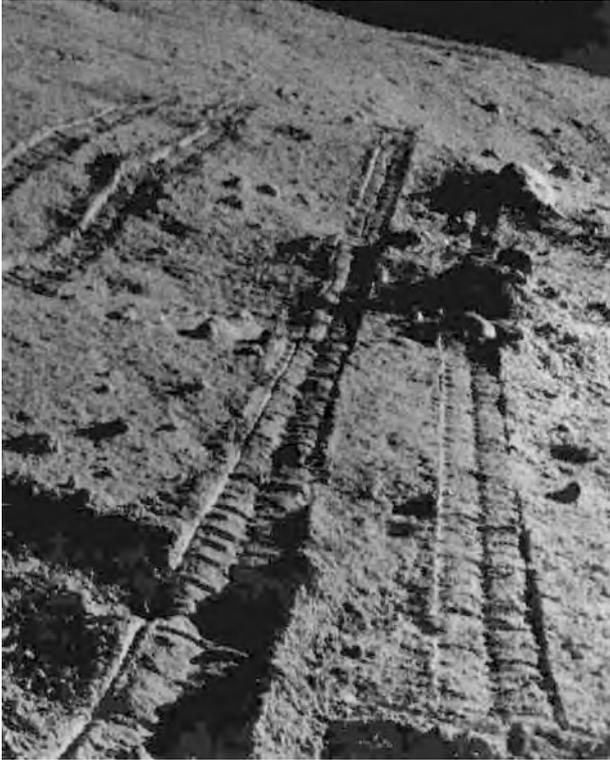


Рисунок 5. Первая колея «Лунохода-1» на поверхности Луны

Запланированная программа была успешно выполнена. Однако были и сбои в процессе управления движением Лунохода. Из-за слабой освещенности, повлиявшей на качество ТВ картинки, водитель (Довгань В.Г.) и командир (Федоров И. Л.) принимают решение двигаться прямо, а через 3 секунды (появление следующего кадра) Луноход оказался в кратере с самым неудобным диаметром ~ 5÷10 метров. Любое перемещение смещало аппарат к центру кратера, что могло привести к аварии и потере возможности дальнейшего движения.

И это – в первый лунный день работы, чрезвычайно неприятные ощущения.

С руководителем ОГУ Пантелеевым В.П. принимаем решение о временном прекращении движения. Самое главное – избавиться от множества советов, которые пытаются, из лучших побуждений, подавать все знающие и

незнающие. Берем паузу ~ один час, и я, как руководитель группы ВНИИТрансмаш, должен принять решение о дальнейшем функционировании Лунохода.

Прошу Пантелеева В.П. создать мне с группой специалистов спокойную обстановку для проработки создавшейся ситуации. Затем совместно с моим заместителем Соловьевым А.Ф., Громовым В.В. и Китляш Ю.П. проанализировали всю имеющуюся информацию по крену, дифференту и применению крутящего момента на электродвигателях ходовой части при движении Лунохода на этом участке, а также старт-стопные картинки от ТВ камеры и приняли методику выхода из кратера:

1. Закрыть крышку с солнечной батареей, что увеличит устойчивость Лунохода.
2. Развернуть машину до нулевого крена.
3. Задать движение назад на выход из кратера.

Эту методику утвердил руководитель ОГУ Пантелеев, и она была передана в группу Бабица Ф.Я. для составления программы выезда, с которой были ознакомлены все члены экипажа. Далее – дело техники. Луноход-1 благополучно вышел из этого кратера к всеобщей радости. Это был успех!

Эта методика была рекомендована для дальнейшей работы Лунохода, а на заключительном обсуждении результатов прошедшего дня получила всеобщее одобрение.

В дальнейшем был запущен второй Луноход («Луноход-2»), но это был уже *не первый*, хотя и прошел он в три раза больший путь и вышел из строя из-за запыления солнечных батарей.

В итоге можно сказать, что становление коллектива ВНИИТрансмаш, как космического предприятия, состоялось.

Главный конструктор ОКБ-1 Королев С.П. благословил нас на этот путь, а работы с коллективом НПО им. С.А. Лавочкина, руководимым Бабакиным Г.Н., позволили нам выйти на самый высокий уровень космических технологий. У многих наших сотрудников установились хорошие деловые и дружеские отношения, в том числе и у меня с Ивановским О.Г., Пантелеевым В.П., Кремневым Р.С., Роговским Г.Н., Дельвином Ю.П., Дубовиком Б.Г., Булековым В.П., Мартыновым Б.Н. и др. Всех не перечислить.

Список литературы

- 1 Автоматические станции для изучения поверхностного покрова Луны. М.: Машиностроение, 1976. 200 с.
- 2 Ивановский О.Г. Ракеты и космос в СССР: Записки секретного конструктора. М.: Молодая гвардия, 2005. 318 с.

УДК 629.78.05:523.3

ЭКИПАЖ ЛУНОХОДА

В.Г. Довгань



ДОВГАНЬ

Вячеслав Георгиевич

Союз ветеранов Космических
войск, профессор, кандидат
военных наук

E-mail: vgdovgan-svkv@mail.ru

Советские экспедиции на Луну в начале 70-х годов прошлого века наглядно подтвердили целесообразность исследования поверхности Луны передвижными научными лабораториями, которые управлялись специальным наземным экипажем из пункта управления луноходом (ПУЛ) Симферопольского Центра дальней космической связи (ЦДКС). Это "Луноход-1", доставленный 17 ноября 1970 г. орбитально - космическим комплексом - космическим аппаратом (КА) "Луна-17" и "Луноход-2" (16 января 1973 г., КА "Луна-21").

Телеуправление луноходом представляло принципиально новую проблему, которая до того времени ни советской, ни зарубежной космонавтикой ещё не решалась. Профессия оператора дистанционного управления инопланетным транспортным средством (ТР) была принципиально новой. Из офицеров Командно-измерительного комплекса (КИКа) сформировали группу специалистов - операторов. На Симферопольском ЦДКС были построены пункт управления луноходом (ПУЛ) и лунодром.

По результатам проведенных тренировок по подготовке к телеоператорному управлению движением лунохода были определены квалификации операторов с учётом исполнения ими своих функциональных обязанностей: водитель лунохода, оператор остронаправленной антенны, штурман, бортинженер и командир. Так образовался экипаж лунохода, непосредственно управлявший им с расстояния в 400 000 км.

Ключевые слова: телеуправление, луноход, лунодром, пункт управления луноходом, водитель лунохода, экипаж лунохода

THE MOON ROVER CREW. V.G. Dovgan

In early seventies of the last century Soviet Moon missions demonstrated reasonability of the Moon surface studies by means of mobile scientific laboratories, which were remotely controlled by special ground crew from the Simferopol Center for Long-range Space Communications. The missions were "Lunokhod-1", delivered to the lunar surface on November 17, 1970 by "Luna-17" SC and "Lunokhod-2" delivered on January 16, 1973 by "Luna-21" SC.

The Moon rover telecontrol was a new critical problem for that time, which had not been faced yet either by Soviet or by foreign space engineers. The occupation of extraterrestrial vehicle remote operator was a new one in essence. A group of specialists – operators was formed from officers of the Command-measurement complex. At Simferopol Center for Long-range Space Communications the Moon rover remote control point and lunar test bench were built.

Based on results of the conducted trainings on preparation for teleoperational control of a Moon rover, the following qualifications of operators were established, subject to their functional responsibilities: the driver of a Moon rover, the operator of high gain antenna, the flight navigator, the flight engineer and the commander. Thus the moon rover crew was formed which had directly operated the Lunkhod from the 400 000 km distance.

Key words: telecontrol; Moon rover; Lunar test bench; Moon rover control center; Moon rover operator; Moon rover crew.

Телеуправление луноходом после его доставки на Луну представляло принципиально новую проблему, которая до того времени ни советской, ни зарубежной космонавтикой ещё не решалась. Поэтому на Земле проводилась длительная и разносторонняя подготовка к эксперименту.

В начале апреля 1968 г. Главный конструктор непилотируемых межпланетных космических аппаратов Г.Н. Бабакин прибыл к начальнику Центра Командно-измерительного комплекса (КИК) генерал-майору И.И. Спице с предложением по формированию специалистами КИКа группы операторов для управления с Земли необычным космическим транспортом [1]. Предложение получило одобрение, и в мае на Командно-измерительные пункты (КИП) поступила телефонограмма, в которой предлагалось направить в Москву офицеров, желающих посвятить себя испытательной работе по исследованию космоса.

В конце мая в Институт медико-биологических проблем (ИМБП) для медицинского обследования прибыло более 40 офицеров, отобранных из многочисленных добровольцев. Квалифицированные медицинские специалисты в течение месяца придирчиво оценивали их общее физическое состояние, выносливость, возбудимость, долговременную и оперативную память, умение ориентироваться в пространстве, способность переключать внимание, адаптивность, зрение и многое другое.

11 июля того же года на Гоголевском бульваре, д.6 в кабинете заместителя начальника Центра КИКа по научной части и измерениям генерал-майора П.А. Агаджанова состоялось совещание, на котором присутствовали заместитель Главного конструктора ОКБ Машиностроительного завода им. С.А. Лавочкина по лунной тематике О.Г. Ивановский, первый заместитель начальника политотдела Центра КИКа полковник Чумаков А.М., секретарь парткома Центра КИКа полковник Антипов Н.И., заместитель начальника отдела кадров Центра КИКа полковник Пияк Н.И., начальник научно-координационной вычислительной части (НКВЧ) полковник Большой А.А., начальник отдела №25 этой части полковник Романов А.П., начальник отдела ИМБП полковник медицинской службы Петров Ю.А и др.

Полковник Романов А.П. представил 18 офицеров, которые выдержали испытания, и предложил их включить в состав специальной группы.

Генерал-майор П.А. Агаджанов разъяснил предназначение такого набора: научиться дистанционному управлению самоходным космическим аппаратом, который доставят на Луну. А управление такой передвижной научной лабораторией будет осуществляться из Симферопольского Центра дальней космической связи (ЦДКС).

О.Г. Ивановский обратил внимание на то, что профессия оператора дистанционного управления инопланетным транспортным средством является принципиально новой. Оператор должен иметь отличное здоровье, обладать ясным мышлением, вниманием и собранностью, уметь оценивать пространственные характеристики местности по плоскому изображению на телевизионном экране, быстро и точно воспринимать и перерабатывать принимаемую с борта информацию и принимать самостоятельно решение.

После персонального собеседования в группу операторов были включены Васильев Ю.Ф., Давидовский К.К., Довгань В.Г., Ерёмченко Н.М., Иванов Н.Н., Калининченко А.И., Кожевников А.Е., Козлитин Н.Я., Латыпов Г.Г., Мосензов Л.Я., Сапранов В.М., Самаль В.Г., Фёдоров И.Л. и Чубукин В.И.

14 июля эта группа была представлена Г.Н. Бабакину. Он придавал особое значение этой встрече – ведь люди толком и не знали, чем им придётся заниматься в течение нескольких лет. Молодым офицерам он сказал: «Хочу предупредить: техника, с которой вам предстоит работать, не то, что новая, – новейшая. Она создаётся на ваших глазах, и вы станете активными участниками этого процесса. Как лётчики-испытатели в авиационных КБ... Но там есть опыт, преемственность, традиции, а мы всё начинаем с нуля, впервые... Будет трудно. И нам, и вам. И ответственность у нас будет одинаковая. Как говорится, “синяки и шишки” общие... Но вы станете первопроходцами, а такое счастье в жизни выпадает не каждому. Чем скорее вы начнёте входить в курс дела, тем будет лучше для вас. Вы должны знать всю машину. Мало будет толку, если вы изучите только кнопки, на какую нажимать, когда ехать вперёд, а на

какую, когда ехать назад. За каждой кнопкой вы должны видеть всю схему и логику всей её работы».[2]

Здесь же было принято решение о создании трёх учебных групп. Одна из них в составе Ю. Васильева, А. Кожевникова, Н. Козлитина, Л. Мосенцова и И. Фёдорова была прикреплена к ОКБ Машиностроительного завода им. С.А. Лавочкина, где полным ходом шли испытания бортовых систем лунохода. В. Довгань, Н. Ерёмченко, Н. Иванов, А. Калиниченко, Г. Латыпов, В. Сапранов и В. Чубукин, изъявившие желание стать водителями этого необычного ТС (будущего лунохода), прибыли во ВНИИ-100 (п. Горелово), специалистами которого под руководством А.Л. Кемурджиана было создано шасси лунохода. К. Давидовский и В. Самаль (будущие штурманы) – в Институт космических исследований (ИКИ) АН СССР, в одном из отделов которого была сформирована оперативная научная группа во главе с молодым учёным, кандидатом технических наук Б.В. Непоклоновым.

Свои знания и опыт передавали такие корифеи-специалисты, как А.И. Авербух, Д.К. Бронтман, В.П. Булеков, Ю.П. Дельвин, А.Н. Дятлов, А.В. Кантор, С.И. Крупкин, Ф.М. Овсиенко, В.П. Пантелеев, В.Г. Пермиков, Г.Н. Роговский, А.М. Рябов, В.Г. Тимонин, А.Г. Чесноков и др., а также опытные инженеры Р.М. Мэнн, В.А. Коровкина, Л.Н. Порошин, В.Ю. Толкачёв и Л.А. Шутова из специальной лаборатории, руководимой Ф.И. Бабичем. Она была создана ещё в июле 1967 г. на основании решения ВПК при Президиуме СМ СССР и на неё возлагалась разработка системы дистанционного управления и логики лунного самоходного аппарата [3].

12 июля 1968 г. Г.Н. Бабакин утвердил «Генплан спецсооружения» - лунодрома – «кусочка» Луны, перенесенного на Землю. Его площадь составляла приблизительно один гектар (120 м x 70 м), на которой создавалась весьма точная копия некоторых участков лунной поверхности по тем современным представлениям селенологов.

Согласно этому «Генплану» на отведённом участке произвели специальные строительные работы. Срезали растительный слой и заменили его песчаным грунтом, которого ушло около 8000 м³. На сооружение различных возвышенностей (горок) понадобилось ещё более 3000 м³ грунта. В определённых местах вырыли 54 кратера, в числе которых были 19 кратеров диаметром 2 м, 23 – диаметром 4 м, 11 – диаметром 8 м и 1 – диаметром 16 м; разместили более 160 камней различных размеров, а всю площадь покрыли евпаторийским ракушечником слоем 20 см, а это около 1600 м³, после чего ракушечник покрасили в серо-чёрный цвет.

На этом лунодроме и должен был решаться комплекс задач по приобретению операторами навыков дистанционного управления луноходом.

К концу августа на технической территории Симферопольского ЦДКС под руководством его начальника полковника Бугаева Н.И. были созданы и лунодром, и пункт управления луноходом (ПУЛ).

Их строительство осуществлялось Евпаторийским УНР (начальник полковник Атаас Ю.Е.). В сжатые сроки военные строители выполнили задание. Надо отдать должное и их руководителям – Ижорскому С.А., Левину В.Я., Цирбаеву О.А. и, конечно, подполковнику Ржаному В.Е., начальнику строительного отдела Центра КИК.

Пункт управления луноходом был предназначен для командно-программного телеоператорного управления космическим ТС в режиме реального времени с учётом принимаемой телеметрической и телевизионной информации с его борта. Кроме этого, ПУЛ принимал и обрабатывал пришедшую с борта лунохода научную и фототелеметрическую информацию.

Этот специальный пункт оснастили современной аппаратурой отображения и автоматизированной обработки телеметрической информации (СТИ-90М). Военные специалисты совместно с представителями промышленности составили технические задания на оборудование, разработали и отладили математическое обеспечение для автоматизированного комплекса обработки телеметрической информации (АКОТИ). В этом, несомненно, большая заслуга подполковника В.П. Косолапова и майора А.Н. Лутошкина. В этих работах принимали участие и члены экипажа лунохода. В научно-технических и итоговых отчётах по темам ОИР ими был внесён ряд предложений по совершенствованию бортовой аппаратуры и организации контура управления. В короткий срок комплекс ввели в строй.

Впоследствии он был включён в состав многофункционального командно-измерительного комплекса «Сатурн-МС» и космической радиостанции КРС, принятых в эксплуатацию в июне 1969 г.

В сентябре 1968 г. одна из технологических машин, имевшая индекс 108А, была доставлена на лунодром. (В настоящее время она экспонируется в музее г. Краснознаменск).

Это - полномасштабный макет лунохода с настоящим шасси, но без панели солнечной батареи, с телевизионными системами, с введённой задержкой, соответствующей времени распространения радиоволн от Земли до Луны и обратно. Правда, связь с этим «луноходом» осуществлялась не по радиоканалу, как это должно быть в реальных условиях, а по 16-ти жильному кабелю. Его длина – около 110 м, а масса – более 100 кг.

Известно, что распространение радиоволн от Земли до Луны составляет почти 1,3 секунды. Телеизображение с

Луны до Земли идёт также 1,3 секунды. В сумме уже 2,6 секунды. Анализ ситуаций и учёт времени исполнения команды управляющими органами показал, что минимальное общее время задержки составляет около 4,1 секунды.

Для управления движением лунохода главный конструктор систем радиоуправления и космической связи НИИ-885 (ныне ОАО «Российские космические системы») М.С. Рязанский предложил применить малокадровую телевизионную систему, которая предусматривала возможность передачи не 25 кадров в секунду, как это принято для обычного телевизионного стандарта, а передачу одного кадра с фиксацией по времени от трёх до двадцати секунд, при этом «картинка» на телеэкране напоминала сменяющие друг друга кадры диафильма.

В этом заключается принципиальное отличие в процессах управления внеземным транспортным средством (ТС): в одном случае, когда ТС управляется оператором, находящимся непосредственно на нём, и в другом - когда управление ТС осуществляется оператором, находящимся на значительном расстоянии от него.

Тогда в космической технике и появился новый термин – система дистанционного управления (СДУ).

Выбор рациональной структуры СДУ был не прост, так как эта система замыкалась на человека с его психикой, свойственной ему реакцией, способностью к анализу и другими особенностями, которыми характеризуется мыслящая личность.

В настоящее время в мировой практике управления инопланетным ТС применяется термин *телеоператорное управление*.

Специфические особенности телеоператорного управления движением лунохода заключаются: в отсутствии непосредственного восприятия оператором процесса самого движения; в затрудненном восприятии местности по телеэкрану в сравнении с непосредственным наблюдением; во временных задержках при выдаче на борт радиокоманд и приёме с борта телевизионного изображения и телеметрической информации; в зависимости характеристик подвижности самоходного шасси ТС от условий рельефа и свойств грунта.

Эти особенности потребовали наличия у операторов определённых навыков и психофизических качеств. К первым относятся способность оперировать пространственными представлениями в отрыве от управляемого ТС и умение оценить обстановку с упреждением во времени для компенсации временных задержек в системе управления. Ко вторым – хорошая память, способность к длительному вниманию, быстрота реакции и осмысления информации, умение по телевизионному изображению оперативно оценить



Михаил Сергеевич Рязанский – главный конструктор космических радиоэлектронных систем, основатель и первый руководитель НИИ-885

конкретную обстановку, определить расстояние до препятствий и их размеры, выбрать наиболее рационально маршрут движения ТС и принять решение по методу его управления.

Передача телевизионного изображения находящейся перед луноходом поверхности осуществлялась через остронаправленную антенну (ОНА) дециметрового диапазона.

В середине сентября 1968 г. на Симферопольский ЦДКС прибыла группа офицеров. Их было четырнадцать...

Для разработки специальной программы и методик тренировок операторов по управлению этим необычным ТС была создана группа, в которую вошли П.С. Сологуб (руководитель), В.В. Бабенко, Ф.И. Бабич, Ю.И. Васильев, В.В. Громов, О.А. Зинкевич, Ю.П. Китляш, В.А. Коровкина, А.И. Краснов, Б.М. Лубенко, Р.М. Мэнн, В.Н. Петрига, Л.Н. Поляков, О.А. Сеньков, Ю.А. Хаханов, Л.Т. Черепанова, Ф.П. Шпак и др., а также медицинские специалисты из ИМБП МЗ СССР И.В. Хользунова, Н.А.Нефедченко и др. под руководством кандидата медицинских наук полковника медицинской службы П.Я. Нурдыгина.

Вскоре программы наземных испытаний и тренировок были утверждены Главным конструктором.

Следует напомнить, что на период тренировок в Симферопольский ЦДКС прибывали экспедиции не только из НПО им. С.А. Лавочкина и ВНИИТрансмаш, но и других смежных организаций, принимавших непосредственное участие в предстоящей работе.

Организация планирования, исполнения и контроль всех утверждённых мероприятий, в том числе и материально-технического обеспечения, была возложена на командование КИП-10. И надо отметить, что благодаря Н.И. Бугаеву, А.Я. Каркачу, В.П. Косолапову, В.Г. Мазурину, В.Н. Колбасу, В.С. Караченцеву и др. в тесном взаимодействии с руководителем экспедиции от НПО им. С.А. Лавочкина В.Г. Тимониным не было ни одного срыва программы испытаний. Кстати, между Василием Георгиевичем и членами экипажа сложились довольно-таки тёплые взаимоотношения. Примером тому может служить сохранившаяся телеграмма, посланная им в адрес автора. Вот её текст (публикуется впервые).

МИНИСТЕРСТВО СВЯЗЕЙ СССР

ТЕЛЕГРАМА

ПРЕДПОЛ: 12 078 078

ПРЕДСТАВ: ЖИФЕРПОЛЬ Л/О 20

Содержание: ПОЗДРАВЛЯЮ ДВУХ ВИТЯЗЕЙ ПЕРЕДЕЛИХ СЛУЖЕБННЯ И ВИЗЕНННЯ РУБИЖОН СОДЛАПЕД ЧТО НЕ НОГУ УПРИСУТСТВОВАТЬ СЕЛЕНЕ ЖЕЛАЮ ПРИИТНО ПРОВЕСТИ ВРЕНЯ ПРИВЕТ ВСЕМУ ПРИСУТСТВУЮЩИМ НА

Подпись: ТОРБЕСТВЕ ТИМОНИН

Приветственная телеграмма В.Г. Тимонина

Состояние члена экипажа проверялось примерно за час до начала сеанса. Это очень важно, поскольку каждого из них в необходимый момент готов был подменить его коллега.

В период тренировок столкнулись с таким явлением. Так как все члены экипажа были офицерами, то они приходили на ПУЛ в военной форме. Перед началом работы они проходили медицинский контроль, на них надевались специальные «лифчики» с датчиками контроля пульса, дыхания, давления и др. [4]. При этом необходимо было опять облачаться в военную форму, соблюдая все уставные требования. Это создавало неудобства для медицинского персонала и дискомфорт для операторов в процессе сеанса. Специалисты из ИМБП, имевшие определённый опыт участия в проведении таких работ, предложили на время тренировок переодевать операторов в лёгкие специальные костюмы. Комплект состоял из хлопчатобумажных майки, рубашки и брюк. Такие комплекты можно было закупить в местном магазине «Военторг». Но оказалось, что такой статьи в смете расходов в в/ч 32103 (КИК) не предусмотрено. И в оплате было отказано. А всего-то за 14 комплектов надо было уплатить 205 рублей 80 копеек... Операторы решили купить их за свой счёт. Узнав об

этом, В.Г. Тимонин доложил своё мнение Г.Н. Бабакину, который принял решение оформить договор между НПО им. С.А. Лавочкина и в/ч 32103. Такой договор на выполнение совместных работ по тематике предприятия п/я А-7544 был подписан директором И.Н. Лукиным и командиром в/ч 32103 И.И. Спицей 30 января 1969 г., а дополнение к нему 30 мая того же года. В результате были сняты все проблемы, в том числе оплата суточных, проживание экипажа в гостинице, стоимость проезда и другие командировочные расходы по нормам, предусмотренным существующими Постановлениями.

Телеоператорное управление луноходом – это сложный контур человек–машина с анализом текущего состояния бортовых систем аппарата, изменяющихся ситуаций, передаваемых по радиолинии Земля–борт–Земля, передачи и приёма всех видов информации радиотехническими средствами ПУЛа, оценки принятой ТВ и ТМ информации и принятия правильного решения. Особенности управления движением лунохода привели по существу как к формированию нового класса задач в теории управления ТС, так и к появлению не существовавшей ранее на Земле специальности «водитель лунохода».

Но водитель лунохода – важнейший, но не единственный элемент контура. И теория, и практика показали, что для управления луноходом одного человека (водителя) просто недостаточно. Большой объём принимаемой информации, необходимость быстрой её переработки (и особенно в экстремальных, нештатных, ситуациях) потребовало наличия операторов и других специальностей.

Луноход – многофункциональный, комплексный, насыщенный электронными приборами и механизмами аппарат, и контроль состояния всех его служебных бортовых систем не простое дело. Получение такой информации осуществлялось по телеметрическим каналам и фиксировалось на 32-х регистрирующих стойках. Каждая из них обслуживалась телеметристом-дешифровщиком, входящим в дежурный расчёт ПУЛа. Кстати, в таком расчёте большую его часть составляли служащие СА – члены семей военнослужащих КИП-10.

Среди сотен измеряемых параметров есть десятки таких, без знания которых управление луноходом просто невозможно. Оценка состояния всех систем лунохода в режиме реального времени была поручена оператору-бортинженеру.

Прокладка пройденного пути по всей трассе движения лунохода – задача, впервые поставленная в мировой космической практике, – решалась, прежде всего, путём изучения принятых фототелепанорам лунной поверхности. По теньям определялось положение Солнца над горизонтом и, самое главное, обнаруживались не увиденные ранее на ТВ-экране препятствия в виде камней, кратеров, трещин и т.п. Тщательно анали-



Рисунок 1. Технологический образец лунохода на лунодроме. Сентябрь 1968 г.

зировалась информация с бортового курсового гироскопа, гировертикали и датчиков пройденного пути. В процессе сеанса движения по докладам водителя и бортинженера принималось решение о выборе дальнейшего курса движения лунохода. Этот трудный и непрерывный процесс счисления пути, прокладки трассы движения в заданном направлении был поручен ещё одному оператору – штурману.

Моделирование процесса перемещения лунохода показало, что нельзя исключить случаи, когда при определённых углах крена и дифферента, поворотах на месте и в движении антенна может «потерять» Землю, и радиоканал «борт – Земля» на какое-то время может прерваться. Для обеспечения бесперебойной радиосвязи с луноходом был введён оператор по наведению остронаправленной антенны (ОНА). В его обязанности входило выдавать радиокоманды в соответствии с динамикой движения лунохода для корректировки пространственного положения антенны в строгом направлении её на Землю.

И, конечно, как и в каждом коллективе, должен быть командир, принимающий доклады всех четырёх операторов, осуществляющий общее руководство их работой и принимающий в ответственные моменты окончательное решение. Тогда и появилось впервые понятие «экипаж лунохода». Но экипаж (от французского *equipe* – коллектив, команда) – подразделение, непосредственно обслуживающее танк, БМП, самолёт и другую самодвижущую технику. [5] Но впервые экипаж и ТС разделяло расстояние почти 4000 000 км.

Особое значение для надёжной работы всей системы имело рациональное распределение функций между экипажем и средствами автоматике, а также внутри самого экипажа. Каждому члену экипажа с избытком хватало дел, что и подтвердили первые же тренировки на лунодроме. Программа тренировок предусматривала постепенное усвоение операторами расстояния до объектов (вешка, трафарет, камень и т. п.), устанавливаемых на лунодроме и предъявляемых на видеоконтрольное устройство (ВКУ).

На пульте водителя (ДУ-001) органы управления выглядели так. Центральное место на пульте занимало ВКУ. На его телевизионный экран с диагональю 35см по рационализаторскому предложению водителей наложили прозрачную плёнку. На ней были нарисованы две прямые, исходящие из нижних крайних точек экрана и сходящиеся в середине экрана на линии горизонта лунной поверхности и космоса. Эти прямые показывали, где пройдут колёса левого и правого бортов лунохода. Прямые соединялись горизонтальными линиями с отметками 2, 4, 6 и 8 м. Обычно до 8-9 м водитель видит местность хорошо, а далее оценка обстановки затрудняется.

Стрелочные приборы «Крен», «Дифферент», «Курс» и «Путь» информируют водителя об углах подъёма (спуска) и наклонов шасси лунохода, направлении его движения и пройденном им пути.

Сопоставляя выводимое на ВКУ изображение участка поверхности с показаниями приборов, водитель оценивал расстояние до камней, кратеров, расщелин и других препятствий, их форму, размеры. На этом основании он принимал решение о своих дальнейших действиях.

Направление движения лунохода определялось наклоном рукоятки (штурвала), которая имела шесть фиксированных положений. Изменение положения рукоятки было подготовкой к выполнению команды на исполнение, а сама радиокоманда уходила на борт лунохода лишь при нажатии кнопки, находящейся в торце рукоятки. При установке рукоятки «от себя» в первое фиксированное положение («Вперёд-1») – луноход двигался вперёд на первой скорости (0,33 м/с), во второе («Вперёд-2») – на второй скорости (0,66 м/с). При установке «на себя» в первое фиксированное положение («Назад-1») - движение назад на первой скорости, а во второе («Назад-2») - на второй скорости. Поворот лунохода, как на месте, так и во время движения достигался смещением рукоятки «Налево» или «Направо» из того фиксированного положения, в котором она находилась. Для прекращения движения лунохода, рукоятку нужно было вернуть из любого положения в нейтральное (исходное) – «Стоп».



Рисунок 2. Пункт управления луноходом.

Слева направо: командир экипажа И. Фёдоров, оператор ОНА Н. Козлитин, водитель лунохода В. Довгань. Симферопольский ЦДКС, 18.11.1970 г.

На горизонтальной панели находились кнопки, которые служили только для фиксированного поворота лунохода на месте. Одна из них – «Поворот 1» (5°), а другая – «Поворот 2» (20°). Направление поворота – в зависимости от положения рукоятки «Налево» или «Направо».

Кроме того, ещё три кнопки: «9 колесо» - для выдачи команд на подъём и опускание 9-го колеса в определённых режимах движения; «Задержка 1» - выбор режима приёма информации малокадрового телевидения; «Проба грунта» - включение прибора определения проходимости (ПрОП) для оценки физико-механических свойств лунного грунта.

Также на этой панели располагались кнопки для дублирования выдачи команд на борт лунохода в случае неисправности рукоятки (штурвала).

Каждая команда, выдаваемая водителем, отображалась на световых табло в виде двух лампочек, одна из которых информировала о выдаче именно этой команды, а другая – о принятии её на борту. Информация об исполнении (т.н. «квитанция») приходила на пульт через 4,1с.

На первом этапе водители управляли луноходом по тестовым трассам: они видели на экране ВКУ разметки предлагаемого маршрута и старались свести до минимума отклонения от него. Тестовые трассы позволяли получать навыки управления. Вместе с тем многократное движение по одному и тому же маршруту давало возможность проследить, как в процессе тренировок формируются навыки у каждого водителя по точности вождения. На втором этапе водитель должен был по заранее заданному курсу самостоятельно выбирать маршрут движения.

На борту лунохода была установлена система, которая обеспечивала безопасность движения и позволяла предотвратить его опрокидывание, если водитель неправильно оценил величину уклона: как только крен и дифференциал достигали предельных величин, бортовая автоматика выдавала команду «Стоп». Команда «Стоп» выдавалась также и при превышении допустимого предела нагрузки ведущих колёс. При попадании колеса в расщелину было предусмотрено его отключение (отстрел), что делало его из ведущего ведомым и позволяло остальным колёсам, которые оставались ведущими, продолжать движение.

По особой программе проходили подготовку операторы ОНА. Ведь от точности их действий зависело качество изображения «лунной» поверхности на телеэкране. Оптимальное положение антенны обеспечивалось выдачей на борт лунохода команд с пульта оператора ОНА (ДУ-002): «Поворот 7,5», «Поворот 15», «Поворот 180», «Направо», «Налево», «Вверх», «Вниз» и «Стоп».

На этом пульте также было ВКУ и, кроме того, индикаторы уровня поля и система отображения углов поворота антенны. Каждая команда, выдаваемая и принимаемая оператором, также отображалась на световых табло по аналогии с пультом ДУ-001. «Квитанция» об исполнении также приходила на пульт ДУ-002 через 4,1с.

Большой тренировочный курс прошли командиры, штурманы и бортиженеры. Пульт командира (ДУ-003) обеспечивал восприятие и переработку информации, поступающей с борта лунохода. Командир (как и водитель) имел перед собой приборы, по

которым он оценивал положение лунохода по крену и дифференту, направление его движения (курс) и пройденный путь, а по ВКУ опознавал препятствия и определял расстояния до них. На этом основании он принимал решение о дальнейших действиях водителя. Кнопкой «Стоп» командир мог в любой момент прекратить движение лунохода.

На пультах водителя, оператора ОНА и командира выводилась чёрно-белая фотография («картинка»), которая «стояла» на экране ВКУ в зависимости от выбранного режима, 3,2; 5,7; 10,9 или 21,1 с. Если «луноход» двигался, то за время такой задержки он мог пройти на первой скорости (0,33 м/с) расстояние от 2,3 до 8,3 м. Вот почему водитель обязан был доложить командиру (этот доклад слышали и все члены экипажа) информацию о появившихся препятствиях на трассе и предложить решение о выборе дальнейшего маршрута. Приблизительно через 2 с борт лунохода принимал радиокоманду, о чём (ещё приблизительно через 2 с) поступала «квитанция» на пультах водителя, оператора ОНА и командира о принятии бортом и исполнении выданной радиокоманды. Приобретённые навыки управления позволили водителям оперативно оценивать обстановку в секторе на расстоянии 3–9 м и принимать решение при задержке более 7 с.

Это был странный способ управления, т.к. каждый раз на ВКУ появлялось изображение, которое не было похоже на предыдущее. Надо было хорошо вжиться в эту работу, чтобы ощущать движение лунохода как бы изнутри. Работа по практическому вождению требовала исключительной слаженности всего экипажа. В первые дни тренировки проводились в старт-стопном режиме. Это значит, что решение о продолжительности движения фиксировалось определённым интервалом времени от начала движения до остановки лунохода. Это позволяло привыкнуть к необычной работе.

Вся информация от членов экипажа транслировалась по громкоговорящей связи ПУЛа. Поначалу на тренировках доклады были расплывчаты и многословны, каждый старался выдать свои данные, не прислушиваясь к докладам других. Потом стало приходиться чувствовать коллектива, доклады стали согласованными и лаконичными. Рабочий день заканчивался детальным разбором всех заездов и программы дня в целом. Многократно проверялась правильность распределения функций между членами экипажа. Они специально тренировались на сработанность, слаженность, понимание друг друга. Создавалась экономная, лаконичная терминология для оценки обстановки и формулировки решений. Отрабатывались даже периодичность, ритм докладов, форма взаимного привлечения внимания к наиболее важным параметрам или неожиданным ситуациям. Особо обращалось внимание на

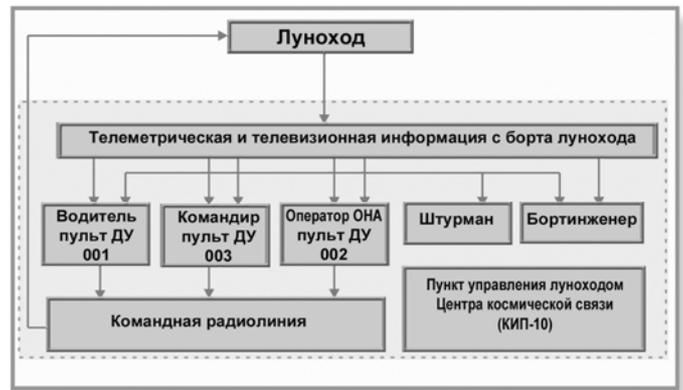


Рисунок 3. Структурная схема телеоператорного управления луноходом

умение оценивать пространственные характеристики, определять расстояния по плоским изображениям на телевизионном экране.

Командиры и водители учились быстро оценивать обстановку, принимать решения на основании телеизображений, показаний приборов на пультах, данных телеметрии и коротких, односложных докладов штурмана и бортинженера. Эти навыки также необходимо было выработать заранее. Отрабатывались периодичность, ритм докладов командира (позывной «103»), водителя («101»), оператора ОНА («102»), бортинженера («105») и штурмана («104»).

Таким образом, телеуправление луноходом можно представить в виде комплекса, состоящего из пункта управления луноходом, командной радиопередачи, бортовой автоматики лунохода и экипажа лунохода.

Ещё во время тренировок было замечено, что в трудных ситуациях водитель лунохода испытывает значительное эмоциональное напряжение. Пульс учащался на 30–40 ударов в минуту по сравнению с нормой. Но в дальнейшем, по мере формирования навыков управления, эмоциональное напряжение снижалось. Со временем водители и командиры научились весьма точно определять расстояния до препятствий на «лунной» поверхности, диаметр и глубину кратеров, ширину трещин, размеры камней. Привыкли и к временным задержкам приходящей с борта информации. Определёлась, в основном, методика управления луноходом. Операторы старались быстрее освоить технику лунного вождения, не унывать даже в самые трудные минуты. А такие были, особенно в начальный период тренировок. Появился гимн экипажа, написанный одним из конструкторов шасси лунохода Феликсом Шпаком, в котором были и такие слова (приводим по сохранившемуся оригиналу от 18 октября 1969 г.):

С каждым месяцем ближе и ближе ...,
Тренируемся снова и снова.
И наступит пора, когда спросит страна:
«Вы готовы?» Ответим: «Готовы!»

А, закончив сеанс, мы доложим стране,
Что и впредь будем жить по закону:
Чтобы несколько метров пройти по ...,
Километры пройдем полигоном.

В этих незамысловатых строках так много сказано. В них – и понимание важности задачи государственного значения, и строгое соблюдение государственной тайны при этом: многоточие означает «Луна» [1].

Интенсивные тренировки на лунодроме проводились в преддверие первого старта очередного ЛКА с унифицированной посадочной ступенью и луноходом. В конце сентября на КИП-10 прибыла большая группа учёных и конструкторов во главе с М.В. Келдышем и министром МОМ С.А. Афанасьевым. Они ознакомились с ПУЛом и лунодромом, с техническим обеспечением, организацией и выполнением работ, с членами экипажа будущего лунохода, ПРИСУТСТВОВАЛИ ПРИ РЕАЛЬНОМ ДИСТАНЦИОННОМ УПРАВЛЕНИИ «ЛУНОХОДОМ».

С.А. Афанасьев и сам пожелал попробовать «поручить». Такая возможность ему была предоставлена. Сев за пульт водителя и получив инструктаж, он «проехал» по прямой около 1,5 м в старт-стопном режиме. «Тяжело, но интересно», – сказал он и пожелал всем успехов в космосе.

По результатам проведённых тренировок были сформированы два состава экипажей:

- командир И. Фёдоров, водители В. Довгань, Н. Иванов и А. Калинин, оператор ОНА Н. Козлитин, штурман В. Самаль, бортиженер А. Кожевников;
- командир Ю. Васильев, водители Н. Ерёмко, Г. Латыпов и В. Сапранов, оператор ОНА В. Чубукин (он же резервный водитель лунохода), штурман К. Давидовский, бортиженер Л. Мосензов.

Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 08.01.1969 г. №19-10 были установлены сроки запусков ЛКА в 1969 г.: объекты проекта Е-8 (луноход) назначены на февраль, октябрь и ноябрь; объекты проекта Е-8-5 (забор и доставка на Землю лунного грунта) – на апрель, май, июнь, август и сентябрь.

Первый старт РН «Протон-К» с луноходом был назначен на 19 февраля 1969 г.

Силы и средства КИКа, принимавшие участие в работе, доложили о своей готовности. Старт прошёл в назначенное время. «10 секунд – полёт нормальный»...

«20 секунд – полёт нормальный»... «30 секунд – полёт нормальный»... Сообщения в ЦДКС из Байконура прервались. Оказалось, что на 51.4 с полёта разрушился головной обтекатель, его обломки врезались в топливные баки первой ступени и пробили их, в результате чего РН взорвалась.

Можно понять, с какими чувствами возвращались со своих рабочих мест участники этого несостоявшегося уникального эксперимента. Особенно тягостно было членам экипажа и группе управления. Тем более что в январе, наконец-то, юридически было оформлено создание «лаборатории для дистанционного управления автоматическими самоходными аппаратами типа луноход». Именно так формулировалось в Постановлении ЦК КПСС и СМ СССР от 4 февраля 1967 г. №115-46. Согласно Директиве Главного штаба Ракетных войск стратегического назначения от 28.01.69 г. № 925035 в штат отдела 25 НКВЧ Центра КИКа была введена лаборатория 3 (лунные самоходные аппараты).

До посадки «Луны-17» и схода с её посадочной ступени научной лаборатории «Луноход-1», которая проложила первую колею на Луне, оставалось 626 земных суток.

Список литературы

- 1 Довгань В.Г., Долинин А.И., Ивановский О.Г. Луноход и люди. 50-летию отечественной лунной программы посвящается //Неделя Подмосковья, 2008, № 21–29.
- 2 Шевалёв И.Л. Шесть лет и вся жизнь конструктора Г.Н. Бабакина. – М.: Арт-Бизнес-Центр, 2004. – 448 с.
- 3 Космический полёт НПО им. С.А. Лавочкина / под общ. ред. док. тех. наук, проф. Полищука Г.М. – Химки: 2007. – 384 с., ил. – 184 с. Т. 2.
- 4 Петров Ю.А. Психологические проблемы дистанционного управления. Передвижная лаборатория на Луне «Луноход-1». – М.: Наука, 1978.
- 5 Военный энциклопедический словарь / Предс. гл. ред. комиссии С.Ф. Ахромеев. – М.: Воениздат, 1986. – 863 с.

УДК 629.787:523.42 «ВЕНЕРА-Д»

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНЕРЫ. ПРОЕКТ «ВЕНЕРА-Д»

ВОРОНЦОВ

Виктор Александрович

*доктор технических наук, руководитель Методологического Совета – главный конструктор по теме Венера**
e-mail: vorontsov@laspace.ru;

ЛОХМАТОВА

Мария Геннадьевна

инженер 1 категории, e-mail: lohmatova@laspace.ru;*

МАРТЫНОВ

Максим Борисович

кандидат технических наук, заместитель генерального конструктора – руководитель ОКБ,
e-mail: maxim.martynov@laspace.ru;*

ПИЧХАДЗЕ

Константин Михайлович

*доктор технических наук, профессор, первый заместитель генерального конструктора и генерального директора**
e-mail: pichkhadze@laspace.ru;

СИМОНОВ

Александр Владимирович

аспирант, математик 1 категории, e-mail: alex.simonov@laspace.ru;*

ХАРТОВ

Виктор Владимирович

доктор технических наук, генеральный конструктор и генеральный директор, e-mail: npol@laspace.ru;*

ЗАСОВА

Людмила Вениаминовна

*доктор физико-математических наук, заведующая лабораторией**, e-mail: zasova@iki.rssi.ru;*

ЗЕЛЕНЬИЙ

Лев Матвеевич

*академик РАН, директор **, e-mail: lzelenyi@iki.rssi.ru;*

КОРАБЛЕВ

Олег Игоревич

*доктор физико-математических наук, заместитель директора - заведующий отделом планетных исследований**
e-mail: korab@iki.rssi.ru*

В России начинается новый этап исследования Венеры: в Федеральную космическую программу включен проект «Венера-Д», с запуском космического аппарата в 2016 году. Миссия включает в себя: орбитальный аппарат, спускаемый аппарат, аэростатные зонды. Аэростатные зонды будут запущены на разные высоты, в облачном слое и под облаками и должны длительно существовать в атмосфере Венеры.

Успешная реализация проекта позволит решить целый ряд научных задач сравнительной планетологии.

Ключевые слова: Венера; Вега; космический аппарат; длительность исследований; аэростатный зонд; спускаемый аппарат; орбитальный аппарат.

* ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», Россия, Московская область, г. Химки.

** Институт Космических Исследований Российской Академии Наук (ИКИ РАН), Россия, г. Москва.

PERSPECTIVE SPACECRAFT FOR VENUS RESEARCH. «VENERA-D» PROJECT. V.A. Vorontsov, M.G. Lohmatova, M.B. Martynov, K.M. Pichkhadze, A.V. Simonov, V.V. Khartov, L.V. Zasova, L.M. Zelenyi, O.I. Korablev.

A new phase of Venus research has started in Russia: the Federal Space Program includes «Venera-D» project with a launch of the spacecraft scheduled for 2016. The mission comprises an orbiter, a descent vehicle, balloon probes. The balloon probes will be placed at different altitudes, in the cloud layer and under the clouds. They are planned to live for a long time in the Venus atmosphere.

The successful implementation of the project will allow solving of quite a number of scientific tasks for comparative planetology.

Key words: Venus; Vega; spacecraft; study duration; balloon probe; descent vehicle; orbiter.

1 Современное состояние исследований

Основной вклад нашей страны в исследовании планет космическими средствами - это результаты полетов к Венере [1]. Исследования Венеры остаются по существу единственным направлением российских космических планетных исследований, в котором СССР имел серьезные приоритетные позиции. Всего советскими специалистами было создано и запущено к Венере 18 автоматических космических аппаратов, 10 успешных посадок (успешных посадок аппаратов, запущенных в других странах, не было до сих пор).

«Венера-7» (1970 год) была первой станцией, которая села на твердую поверхность Венеры, измерила температуру и давление (см. рисунок 1).

В рамках миссии «Вега-1, 2» в 1986 году к Венере были доставлены посадочные аппараты и первые венерианские аэростатные зонды [2].

В настоящее время (с 2006 года) на орбите вокруг Венеры работает орбитальный аппарат ЕКА «Венера-Экспресс».

Орбитальный аппарат Японского космического агентства «Akatsuki» запущен в 2010 году.

2 Задачи исследования Венеры и измерения, которые необходимо произвести для их решения

Для прогресса в понимании причин, обусловивших «неземные» условия на поверхности Венеры, «неземную» специфику состава и динамики ее атмосферы, а также специфику состава и строения поверхности и недр этой планеты, следует сосредоточить усилия на решении следующих проблем:

- 1 Состав микропримесей в атмосфере (дейтерий, инертные газы и изотопы, изотопы CO_2 и H_2O , малые составляющие, компоненты-показатели окислительно-восстановительного состояния атмосферного газа).
- 2 Состав, строение, микрофизика и химия облаков.
- 3 Тепловой баланс и парниковый эффект, обеспечивающий высокую температуру поверхности.
- 4 Механизм суперротации и другие особенности динамики атмосферы Венеры.

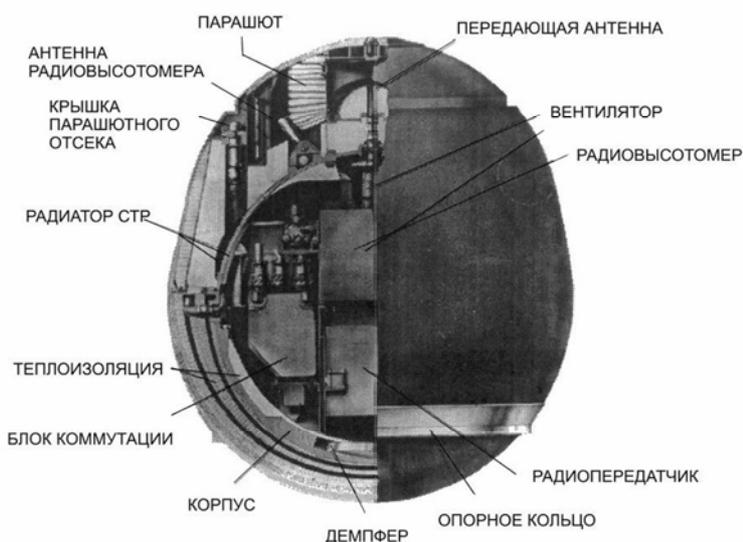


Рисунок 1. Космический аппарат «Венера – 7»

- 5 Детали строения и химический состав наиболее древних из наблюдаемых на поверхности геологических образований (тессеры и родственные им структуры).
- 6 Элементный состав материала поверхности, включая радиоактивные изотопы.
- 7 Поиск проявлений современной вулканической и сейсмической активности Венеры, регистрация сейсмического фона планеты.
- 8 Строение экзосферы, ионосферы, магнитосферы, диссипация атмосферных составляющих.

Для решения этих проблем необходимо производить следующие измерения [3]:

- для решения первой проблемы необходимы спектральные измерения с орбитального аппарата (ОА) и аэростатного зонда (АЗ), и непосредственные измерения химсостава на АЗ и посадочного аппарата (ПА);
- для решения второй проблемы необходимы спектральные измерения на ОА, нефелометрические, лидарные и химические измерения с АЗ и ПА;
- для решения третьей проблемы необходимо измерение тепловых потоков с АЗ и спускаемым аппаратом (СА), изучение вертикальных профилей малых составляющих и аэрозоля в атмосфере с ОА, АЗ и СА;
- для решения четвертой проблемы необходимо изучение термического строения атмосферы от поверхности до термосферы и измерения скоростей ветра. Необходимо измерения с ОА, АЗ и СА; наблюдения за движением атмосферных зондов;
- для решения пятой проблемы необходимы измерения с посадочного аппарата в районе тессер, получение изображений во время спуска ПА, панорамные изображения после посадки, изображения с аэростатного зонда, летающего в подоблачной атмосфере в ближней ИК области, либо радарные изображения избранных участков поверхности Венеры с высоким пространственным разрешением;
- для решения шестой проблемы необходимо провести геохимический анализ материала поверхности, а также измерения с помощью активного гамма-спектрометра;
- для решения седьмой проблемы необходимы наблюдения с ОА (тепловое излучение свежеизлившихся лав, резкие изменения состава малых компонентов атмосферы, молнии и др.) и на поверхности;
- для решения восьмой проблемы необходимо проведение плазменных экспериментов на ОА (мониторинг основных параметров плазмы и магнитного поля, измерение потоков ионов, электронов, нейтралов и др.).

3 Принципы и цели Венерианской программы

В настоящее время обсуждается Венерианская программа до 2025 года. При формировании программы исследования Венеры следует придерживаться следующих принципов:

- программа должна включать по крайней мере два крупных проекта, один из которых, «Венера-Д», уже содержится в национальной космической программе;
 - программа должна иметь безусловную технологическую и финансовую реализуемость, использовать задел и имеющийся научно-технический потенциал, накопленный в результате выполнения советской Венерианской программы, которая включала посадки на поверхность, исследования с аэростатных зондов и орбитальных аппаратов;
 - программа должна выполняться с участием международной кооперации в целях большей интеграции с мировой наукой, экономии финансовых затрат, доступа к передовой западной технологии; при этом следует иметь в виду чрезвычайно насыщенные и продуманные космические программы США, Европы, а также бурно развивающиеся научные космические исследования в Японии, Китае, Индии.
- Основные цели программы:
- решение основных фундаментальных научных проблем исследования Венеры как ближайшей к Земле планеты;
 - в рамках сравнительной планетологии изучение происхождения и эволюции Венеры для лучшего понимания возможной эволюции земного климата, его стабильности по отношению к антропогенному воздействию.

4 «Венера-Д» - первый проект Венерианской программы для длительных исследований Венеры

Проект «Венера-Д» включает в себя орбитальный аппарат, посадочный модуль и аэростатные зонды [4, с.32]. Обобщенная схема экспериментов Венерианской программы приведена на рисунке 2.

Орбитальный аппарат должен работать минимум в течение двух лет на суточной полярной орбите с перигентром около 250 - 300 км и апоцентром около 60 000 км. Высокий апоцентр орбиты требуется для наблюдения за атмосферными зондами. Однако, как для плазменных, так и спектрометрических экспериментов на орбитальном аппарате было бы разумно изменение орбиты с целью уменьшения высоты апоцентра до величины в пределах десяти тысяч километров. Посадочный аппарат должен спускаться в атмосферу около 1 часа и выжить на поверхности 1-1,5 часа. Аэростатные зонды должны выжить в атмосфере более 8 суток (совершив не менее двух оборотов).

Естественно, такой сложный проект должен выполняться с международным участием. В ИКИ РАН осенью 2009 года в рамках Дней Космической науки состоялась конференция, посвященная проекту «Венера-Д», с участием специалистов из Германии, Италии, Франции, Англии, Венгрии, Польши, США.

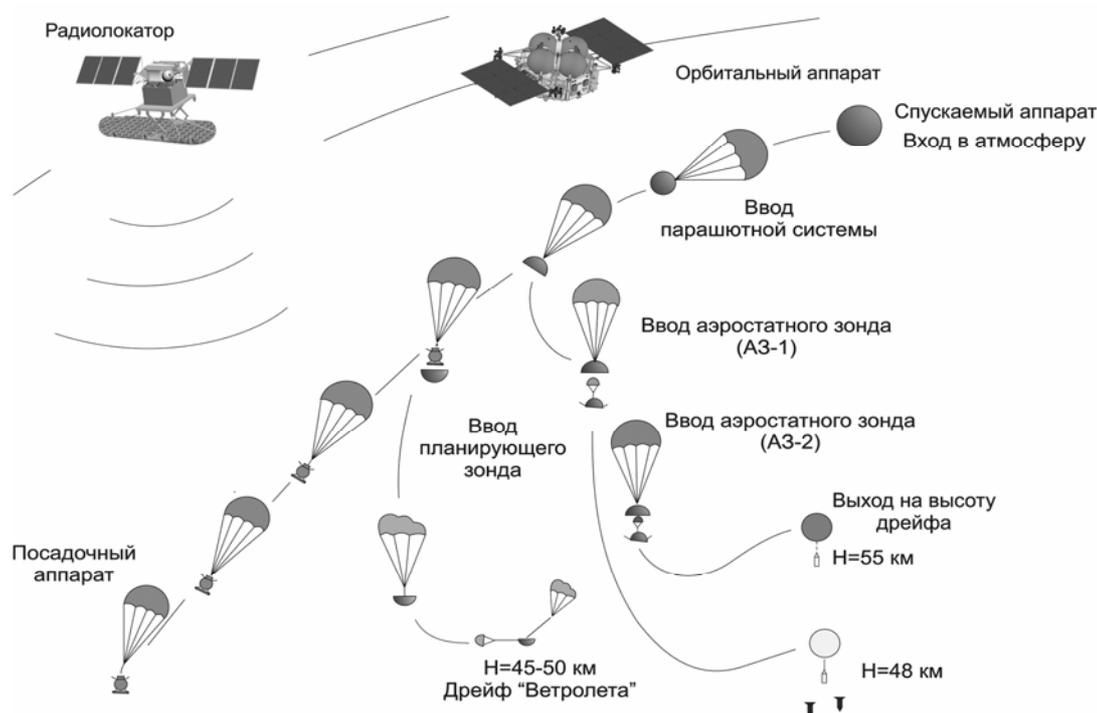


Рисунок 2. Схема экспериментов

Интерес зарубежных специалистов к проекту очень большой. Были предварительно предложены микрорознды (Англия), субмиллиметровый спектрометр (Франция), обнаружение молний (Венгрия), изображающие спектрометры ИК и УФ – Италия, Фурье-спектрометр – Италия и др.

Состоялось научно-техническое совещание с иностранными специалистами из CNES, CNRS, ESTEC, посвященное проекту «Венера-Д» и подготовке предложений по Европейскому Венерианскому Эксплореру (EVE).

Отметим, что в настоящее время в США в рамках программ Discovery, New Frontiers, Flagship Missions, и Европе (Cosmic Vision, EVE) готовятся предложения по космическим миссиям, также содержащим аэростатные зонды и посадочный аппарат. Однако проект «Венера-Д» остается пока единственным принятым в ФКП проектом к «Венере», и мы имеем возможность быть здесь реально впереди других агентств и осуществить российский проект с широким международным участием.

При достойном финансировании проекта «Венера-Д», не уступающем финансированию аналогичных западных проектов, иностранные агентства поверят в серьезность намерений и также будут вкладывать деньги для участия в проекте «Венера-Д». Это позволит создать широкую международную кооперацию.

5 Проект «Венера –Глоб»

Второй крупный проект Венерианской программы с запуском после 2020 года обсуждается в настоящее время.

Этот проект предназначен для продолжения исследований Венеры. Цель проекта - создание космического комплекса для детального исследования атмосферы и поверхности Венеры, включающего орбитальный аппарат, 4 – 6 спускаемых в атмосферу и на поверхность модулей (возможно включение одного аппарата со временем жизни до 30 суток).

Одним из элементов проекта может быть включена долгоживущая станция на поверхности. Концепция долгоживущей станции (ДС) изучалась в рамках НИР в 2006-2007 году. Был предложен ряд оригинальных решений, но было признано, что на современном уровне развития технологий реализация долгоживущей станции в рамках проекта Венера-Д (2016) не представляется возможной. С развитием высокотемпературной электроники возможно вернуться к ДС. Возможно также для миссии «Венера-Глоб» использование атмосферных зондов более сложных конструкций, как например, ветролет или аэростатный зонд с переменной высотой полета [5].

Этот проект также нацелен на длительные исследования Венеры. Прорабатывается вариант с установкой на орбитальном аппарате радиолокационного комплекса для изучения поверхности с высоким разрешением. На посадочном аппарате и атмосферных зондах возможна установка научной аппаратуры для экспериментов по обнаружению следов жизни.

Концепция миссии «Венера-Глоб» будет разрабатываться в международной кооперации, прежде всего с европейским проектом EVE ориентировочная дата запуска 2022.

6 Концепция проекта «Венера-Д» и проектный облик космического аппарата

Высокий уровень научной значимости проекта, объем научных задач и требования по массовым характеристикам со стороны состава научной аппаратуры вызывают необходимость рассмотрения возможности использования ракеты носителя тяжелого класса типа «Протон-М».

Были произведены оценки массы космического аппарата на различных этапах полета (таблица 1). Начальная масса аппарата на опорной орбите выбиралась таким образом, чтобы обеспечить максимально возможную массу КА на орбите вокруг Венеры. При этом учитывалось ограничение на максимальную заправку баков маршевой двигательной установки (МДУ) и перелетного модуля.

Таблица 1 - Масса космического аппарата на различных этапах полета

Начальная масса на орбите Земли	21600
Масса КА на межпланетной орбите	4580
Масса топлива для навигации	120
Масса топлива для вывода на орбиту Венеры	860
Масса КА на орбите Венеры	3340

При создании перспективного венерианского аппарата предполагается максимально использовать опыт создания космических аппаратов (КА) серии Венера второго поколения и последние разработки «НПО им. С.А. Лавочкина» по проекту «Фобос-Грунт» и унифицированной платформы «Флагман». В случае использования ракетносителя (РН) «Протон-М» появляется возможность установки на космическом аппарате кроме большого спускаемого аппарата типа «Вега», несущего посадочный аппарат и атмосферные зонды, нескольких небольших спускаемых аппаратов, массой 100-200 кг, с различной полезной нагрузкой или одного-двух орбитальных аппаратов. Общий вид такого космического аппарата приведен на рисунке 3, а на рисунке 4 предполагаемая схема экспедиции.

Диапазон массовых характеристик научной аппаратуры для различных технических средств исследований на данном этапе проведения проектных оценок представляется следующим:

- для орбитального аппарата - 40-100 кг;
- на посадочном аппарате - 15-50 кг;
- на атмосферных зондах (аэростатах) - 7-15 кг.



Рисунок 3. Общий вид космического аппарата «Венера – Д»

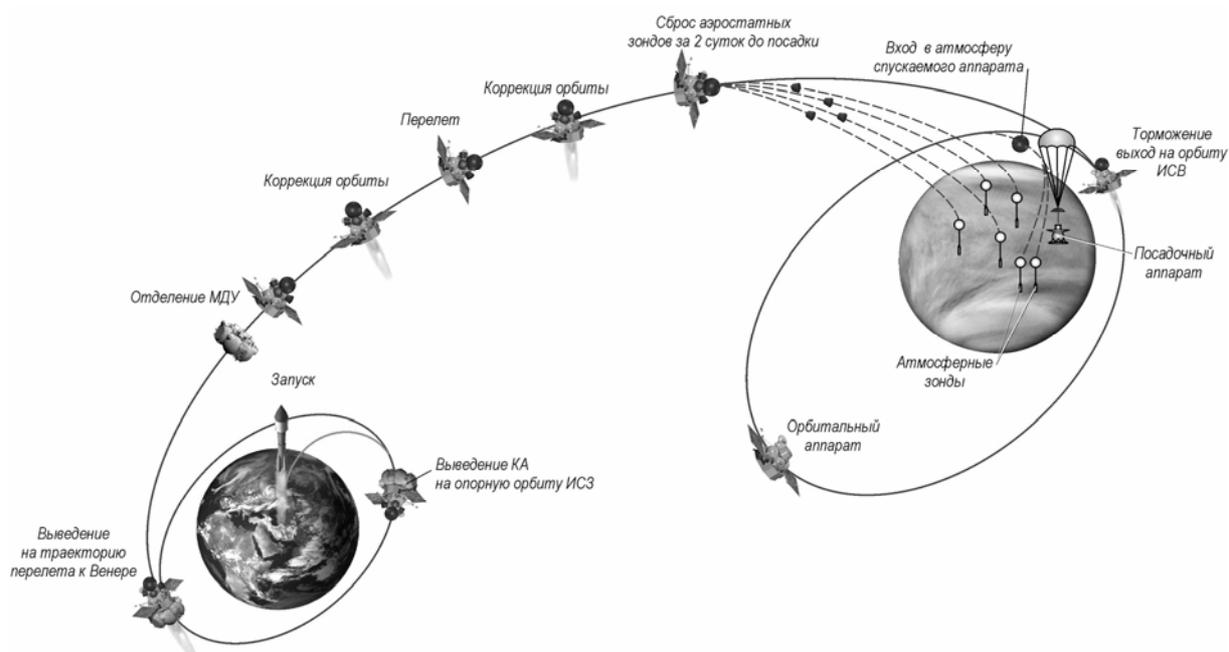


Рисунок 4. Схема экспедиции «Венера-Д»

Малые спускаемые аппараты, несущие например аэростатные зонды, отделяются от КА за двое суток до подлета к Венере. Для этого параметры 3-й коррекции межпланетной траектории выбираются таким образом, чтобы с помощью фиксированных импульсов зонды перешли на траекторию, обеспечивающую вход в атмосферу Венеры в заданном диапазоне траекторных углов. Далее КА выполняет маневр переацеливания, с помощью которого реализуются заданные параметры подлетной гиперболы, обеспечивающие после маневра торможения выход на начальную орбиту. Скорость входа зондов в атмосферу составит около 10,7 км/с, траекторные углы входа будут лежать в диапазоне 15...20°.

После выполнения маневра торможения КА выходит на орбиту вокруг Венеры со следующими параметрами:

- высота перицентра 250 км;
- высота апоцентра 66 600 км;
- наклонение орбиты 90°;
- аргумент перицентра 142°;
- долгота восходящего узла 182°.

В районе апоцентра орбиты выполняется отделение СА, который в ходе своего полета входит в атмосферу с абсолютной скоростью ~6,7 км/с, и далее выполняет посадку в заданное место на поверхности.

Для успешной реализации такого комплексного и сложного проекта необходимо скорейшее открытие опытно-конструкторской работы (ОКР), так как только после этого проект превращается в реальный и можно говорить о международной кооперации. Успешная реализация проекта вернет авторитет России как передовой

космической державы в научном космосе, который был утрачен в последние 25 лет.

Список литературы

- 1 Анализ опыта проектных разработок автоматических межпланетных станций для исследования Венеры / К.М. Пичхадзе [и др.] //Труды XXXIII академических научных чтений по космонавтике. М., 2009.
- 2 Метод исследования планеты Венера с помощью плавающих аэростатных станций. Математическая модель / В.А. Воронцов [и др.] //Космические исследования, 1988. Т. 26, вып. 3. С. 430 - 433.
- 3 Автоматические космические аппараты нового поколения для исследования планеты Венера / Г.М. Полищук [и др.] // Доклад на XLIV Научных чтениях памяти К.Э. Циолковского 15 - 17 сентября 2009 г. Калуга, 2009. С. 188 – 189.
- 4 Формирование проектного облика космического аппарата для проведения длительных исследований планеты Венера: научно-технический отчет ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина, № 161-060-1/09, НИР «Венера-Д», 2009. 222 с.
- 5 Три поколения автоматических космических аппаратов для исследования Венеры. Будущие проекты / В.А. Воронцов [и др.] // Системный анализ, управление и навигация: 15-ая Международная конференция. Крым, Евпатория 27 июня - 4 июля 2010 г. С.8.

УДК 069.014

ИЗ ПРОШЛОГО – В БУДУЩЕЕ: К 45-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ МУЗЕЯ НПО ИМ. С.А. ЛАВОЧКИНА

И.А. Жилинская



ЖИЛИНСКАЯ

Ирина Анатольевна

директор музея ФГУП «НПО
им. С.А. Лавочкина»

E-mail: museum@laspace.ru

В статье представлена история создания и развития одного из подразделений – музея НПО им. С.А. Лавочкина. Представлены направления деятельности музея, дан обзор состава экспозиции.

Ключевые слова: история НПО; Лавочкин; Бабакин; истребители «Ла»; космические аппараты.

FROM THE PAST TOWARDS THE FUTURE: FOR THE 45TH ANNIVERSARY OF FOUNDATION OF THE LAVOCHKIN ASSOCIATION MUSEUM. I.A. Zhilinskaya

The article deals with the history of foundation and development of the Lavochkin Association Museum – one of the enterprise's departments. Main activities of the museum and review of its exposition are presented.

Key words: history of Lavochkin Association; Lavochkin; Babakin; fighters of "La" family; spacecraft.

На территории предприятия, в одном из корпусов находится музей, считающийся одним из наиболее интересных музеев отрасли. Своеобразие его связано с уникальностью самого предприятия – головного разработчика и изготовителя автоматических космических аппаратов для межпланетных исследований.

Именно в музее наиболее зримо можно проследить этапы истории предприятия: Химкинская мебельная фабрика – Самолетостроительный завод №301 – Машиностроительный завод имени С.А. Лавочкина – Научно-производственное объединение имени С. А. Лавочкина (НПОЛ).

Задачи музея – собрать, сберечь и приумножить, донести до современников и потомков бесценные свидетельства истории НПОЛ, истории развития целых направлений авиационной, ракетной и космической техники страны. Работа в этом направлении целенаправленно ведется уже 45 лет.

Музей НПОЛ был основан в 1965 г. Принятое 25 июня 1965 г. совместное решение парткома и профкома предприятия положило начало созданию постоянно действующей выставки по истории предприятия.

В июле 1965 г. было разработано «Положение о постоянно-действующей выставке предприятия», утвержденное директором завода И.Н. Лукиным. В соответствии с «Положением», выставка «должна служить целям воспитания молодых кадров предприятия в свете лучших традиций нашего коллектива и целям распространения технического опыта, накопленного коллективом в создании новой техники».

Выставка размещалась в 2-х помещениях ОКБ: открытые разделы, такие как «Создание и развитие предприятия, лучшие люди предприятия и их участие в его истории», «Самолеты «ЛА» на фронтах Отечественной войны», размещались в конференц-зале; в соседнем отдельном помещении разместился доступный только для определенных категорий специалистов раздел выставки «Деятельность предприятия в создании образцов новой техники».

Большую роль в создании музея, подборе материалов и оформлении экспозиций сыграли работники предприятия Л.Н. Михайлов, Ф.И. Гревцов, Р.А. Арефьев, К.Г. Герасимов, Ю.Ф. Тарусин.

Работала выставка в ограниченном режиме: на общественных началах экскурсии проводил один из основателей музея, конструктор Л.Н. Михайлов. О

значительном интересе к выставке, к собранным и представленным материалам – фотографиям, стендам, альбомам, макетам – свидетельствуют записи работников предприятия в книге отзывов.

В 70-е годы в работе выставки был длительный перерыв. С 1975 г. в соответствии с новым, уточнённым «Положением о постоянно-действующей выставке по истории предприятия» она вошла в состав ОНТИ. Структурно экспозиция, как и прежде, сохранила членение на три основных раздела. Экспозиция была расширена, а сама выставка разместилась по новому адресу. В вестибюле лабораторного корпуса часть площади – около 180 кв. м – отдали под обновленную выставку.

Организационные вопросы, такие, как подбор тематики, утверждение новых экспонатов, выбор способов экспозиции, составление тезисов для лекторов решались коллегиально Советом выставки.

В последующие годы в инициативном порядке выставка была преобразована в Музей НПОЛ. Непосредственно руководил работой директор музея К.Г. Герасимов. С 1983 г., более 20 лет музей возглавлял ветеран ракетно-космической отрасли, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР О.Г. Ивановский. Его идеи и усилия воплотились в ту экспозицию, которая сегодня развёрнута в залах музея.

Экспозиция музея разместилась в двух залах общей площадью 520 кв. м.

Цели и задачи музея существенно расширились, значительно увеличился его фонд (более 300 экспонатов основного фонда), что обусловлено как более полным отражением направлений и результатов деятельности НПОЛ, так и широкой известностью, которую приобрело предприятие и, соответственно, его музей за последние десятилетия.

Без ложной скромности заметим, что в своем роде музей уникален, как уникальна техника, создаваемая в НПОЛ и задачи, этой техникой решаемые. Для многих гостей предприятия знакомство с ним начинается по традиции именно с посещения нашей экспозиции. Поэтому – музей своего рода «визитная карточка» предприятия. Эти обстоятельства являются определяющими при обозначении целей и задач деятельности музея.

Музей НПОЛ – подразделение, выполняющее культурно-просветительские и представительские функции. В круг решаемых им задач входит целенаправленное собирание, хранение и экспонирование предметов материальной и духовной культуры, представляющих историческую, научную и техническую ценность и отражающих деятельность предприятия, а также его сотрудников в деле создания авиационной и космической техники.

Основные направления деятельности Музея НПОЛ можно обозначить следующим образом:



О.Г. Ивановский проводит экскурсию для работников предприятия

1 Экскурсионная деятельность. Работники музея разрабатывают и проводят обзорные, ознакомительные, тематические экскурсии для освещения истории НПОЛ и результатов его деятельности для пропаганды вклада предприятия в развитие авиации, ракетостроения, осуществления космических программ СССР и Российской Федерации.

2 Сбор, хранение и пополнение музейного фонда. Все годы существования музея осуществляется выявление, сбор и бережное хранение экспонатов музейной коллекции. Основа экспозиции – уникальный материальный фонд, состоящий из макетов и натуральных образцов авиационной, ракетной и космической техники. Не менее важна и коллекция документов на различных носителях. Это оригиналы и копии документов по истории предприятия, личные документы главных конструкторов, техническая документация по отдельным изделиям, фотографии, видеофильмы и аудиозаписи, книги. Кроме того, создана и пополняется база данных на электронных носителях по отдельным направлениям деятельности предприятия.

3 Музейная педагогика – одна из важнейших сфер деятельности нашего музея. Её задача состоит не только в том, чтобы познакомить молодых специалистов, рабочих с историей, традициями предприятия. На базе музейной экспозиции проводятся занятия, обзорные и тематические лекции для студентов профильных вузов (МАИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана), учащихся техникумов и школ.

Помимо образовательной направленности эта деятельность позволяет решать вопросы профориентации и привлечения молодых кадров, пропагандировать достижения, как самого предприятия, так и отечественной науки и техники. Особая значимость этого направления работы музея связана с тем, что в итоге успех страны в экономике и духовной жизни определяется тем, в какой мере общество обеспечивает развитие и сохранение интеллектуального потенциала. Воспитание историей на примерах достижений науки и техники, несомненно, окажет воздействие на мировоззрение современного молодого человека и его жизненную позицию.

4 Немаловажная роль отводится музею также в проведении мероприятий представительского характера для налаживания делового сотрудничества, поддержания имиджа предприятия. Помимо ознакомления российских и иностранных гостей предприятия с богатой историей и достижениями НПОЛ, в стенах музея проходят встречи с представителями средств массовой информации, проводятся записи-интервью руководителей и ведущих специалистов предприятия.

5 Экспозиционно-выставочная деятельность. Участие музея заключается в предоставлении информации по отдельным периодам истории предприятия, изделиям, экспонатам, а также в оказании методической помощи при организации выставок различного уровня, как местных, так и международных. Неоднократно экспонировались отдельные предметы музейной коллекции на международных выставках, пропагандирующих достижения космической техники НПОЛ (в частности, в Португалии, США, Малайзии, Японии).

6 Справочно-консультативная работа музея заключается в оказании помощи подразделениям НПОЛ, представителям средств массовой информации, других организаций по их запросам в установленном порядке в поиске и предоставлении информации исторического характера, подборе фотоматериалов.

7 Развитие музейного дела. В качестве члена Ассоциации музеев космонавтики России (АМКОС) Музей НПОЛ осуществляет связь с историческими, общетехническими и авиационно-космическими музеями страны, участвует в проведении мероприятий АМКОС (чтения, выездные заседания), обмену информацией, материалами исторического характера.

При методической и практической помощи Музея НПОЛ были созданы школьные музеи в подшефных школах городского округа Химки (средняя школа № 18, аэрокосмический лицей № 13).

8 Основным средством решения большинства перечисленных задач является активное использование экспозиции Музея НПОЛ. Разнообразное и богатое содержание экспозиции делает посещение музея интересным не только для специалистов, но и для людей, не связанных напрямую с авиацией и космонавтикой.

Особенностью музея является то, что все экспонаты космического периода истории предприятия представляют собой конструктивно-подобные макеты в натуральную величину, некоторые из экспонатов являются подлинными технологическими изделиями – дублерами космических станций, а некоторые побывали в космосе.

Состав экспозиции музея НПОЛ

На территории предприятия посетителей встречают два знаковых экспоната. Прежде всего, это макет истребителя Ла-5 в натуральную величину на постаменте у главной проходной. А у входа в музей, близ лабораторного корпуса, – подлинная зенитная управляемая ракета ЗУР «218» системы противозенитной обороны Москвы.



Фрагмент интерьера рабочего кабинета С.А.Лавочкина

Тематически экспозиция содержит 7 разделов, располагающихся в двух залах по тематико-хронологическому принципу. Начало экспозиции в первом зале отведено авиационному периоду истории предприятия. В первую очередь экскурсанты слышат рассказ о незаурядном человеке, талантливым Главном конструкторе, имя которого носит наше предприятие и память о ком мы храним – Семёне Алексеевиче Лавочкине. В мемориальном уголке воссоздана часть интерьера кабинета Главного конструктора, представлены его личные вещи и фотодокументы, имеющие историческую ценность. На рабочем столе С.А.Лавочкина и в стоящем рядом шкафу – подлинная техническая документация того времени.

Среди последних пополнений экспозиции – замечательный скульптурный портрет Лавочкина работы скульптора-монументалиста К.Г. Синявина – подарок профсоюзного комитета предприятия к 70-летию создания опытно-конструкторского бюро.

В застекленных витринах расположены модели винтомоторных истребителей «Ла» в масштабе 1:20. Эта часть экспозиции переносит посетителей в 30-40-е предвоенные и «грозовые» военные годы. Знаменитые ЛаГГ-3, Ла-5 и Ла-7 в годы ВОВ были надежными боевыми машинами лётчиков-истребителей Советского Союза.

Экспозицию продолжают модели реактивных истребителей конструкции Лавочкина. Некоторые из

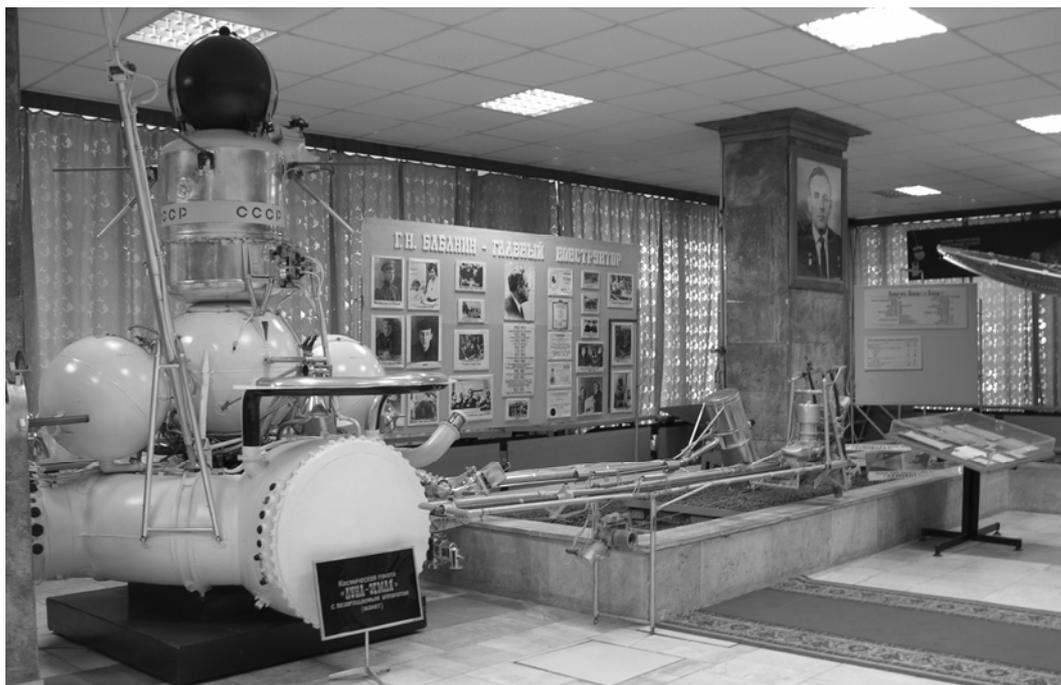
них навсегда вписаны в историю авиации страны: Ла-160 (1947 г.) – первый в СССР самолет со стреловидным крылом; Ла-176, на котором впервые в отечественной авиации была в полете достигнута скорость звука (1948 г.).

Рядом – фотоальбомы, содержащие информацию о работе предприятия в 1937-1960 г.г., о самолетах и ракетах, разработанных в ОКБ, о людях, стоявших у истоков создания «лавочки», как ласково работники называли свой завод.

Следующий раздел – ракетный. Макеты зенитных ракет класса «земля-воздух», разработанных в ОКБ С.А. Лавочкина в 1950-1961 г.г., выполнены в масштабе 1:20. И первая среди них – ЗУР «205». Секретное задание правительства было выполнено в рекордно короткие сроки. Первая в СССР ракетная система противовоздушной обороны С-25 – знаменитые «московские кольца» – надежно защищала небо столицы в 50-70 годы.

Особое место в этом разделе отведено макету уникального беспилотного аппарата «Буря» (1957 г.) – первой в мире сверхзвуковой крылатой ракете, способной преодолевать межконтинентальные расстояния со скоростью 3600 км/ч. Создать аналог в те годы оказалось не под силу даже американским специалистам.

Напротив первых двух разделов экспозиции расположен раздел «Честь и слава – по труду». Здесь представлены реликвии предприятия – орден Ленина



Раздел экспозиции, посвященный Главному конструктору Г.Н. Бабакину

и два ордена Трудового Красного Знамени, а также знамёна. Каждая из реликвий – свидетельство достижения бесспорно выдающихся успехов в создании авиационной, ракетной и космической техники.

Все это стало возможным благодаря работе высокопрофессионального коллектива НПОЛ. Экспозицию продолжает галерея Трудовой славы: 126 фото-портретов работников предприятия, удостоенных высших наград страны; на стендах рядом запечатлены имена лауреатов премии имени С.А. Лавочкина и премии имени Г.Н. Бабакина.

Фотопортрет Георгия Николаевича Бабакина открывает большой «космический» раздел экспозиции. Этот раздел по площади занимает половину первого и весь второй зал. И это закономерно: из 70 лет деятельности предприятия 45 лет отданы космической технике.

Начало переориентации Машиностроительного завода имени С.А.Лавочкина на создание космической техники было положено в 1965 г. В экспозиции хранится копия весьма значимого документа – «Временного положения о порядке передачи технической документации по объектам «Е», МВ и блоку «Л»», подписанного С.П. Королёвым и Г.Н. Бабакиным в мае 1965 г. С тех пор вот уже 45 лет предприятие активно работает над созданием межпланетных автоматических станций для исследования ближнего и дальнего космоса, Луны, планет и малых тел Солнечной системы, а также созданием внеатмосферных астрофизических обсерваторий.

Музейное собрание отображает основные периоды этой большой и весьма плодотворной деятельности НПОЛ. Конечно, далеко не все образцы космической техники, созданной за четыре десятка лет, могут разместиться в достаточно скромном по размерам помещении музея. Поэтому было решено внести некоторые ограничения в экспозиционный план.

Предложение было таким: учитывая имеющиеся площади залов, постараться показать те аппараты, работа которых в космическом пространстве завоевала всемирное признание, стала определенной вехой в познании Космоса. В соответствии с этим экспозиция выстроена по тематико-хронологическому принципу. Все 28 образцов космических аппаратов сгруппированы по направлениям объектов исследования и в каждом направлении соблюдается хронологическая последовательность.

«Космическую» часть экспозиции открывают лунные автоматические станции. «Первой ласточкой» для НПОЛ как космической фирмы стала «Луна-9». В 1966 г. впервые в истории эта станция совершила мягкую посадку на поверхность спутника Земли и передала панорамы с места посадки. Посетители музея могут детально ознакомиться с технологическим дубликатом станции «Луна-9». После окончания наземных испытаний он стал музейным экспонатом.

Продолжают экспозицию макет первого в мире искусственного спутника Луны «Луна-10» и технологический дубликат станции «Луна-13», впервые исследовавшей физико-механические характеристики лунной поверхности.

Центральное место лунной части экспозиции отдано подлинному, лётному экземпляру «Лунохода-3». Именно он должен был стартовать в 1976 г. и продолжить работу своих предшественников «Лунохода-1» и «Лунохода-2». В те годы полет не состоялся, «Луноход-3» со временем стал экспонатом музея. Он пользуется повышенным вниманием посетителей, – к нему легко подойти, рассмотреть особенности конструкции, потрогать. Это еще одно отличие нашей музейной коллекции: посетителям дана уникальная возможность прикоснуться (разумеется, с должным почтением!) к подлинным шедеврам космической техники XX века.

Неподдельный восторг проявляют посетители, когда видят, что луноход, помимо того, что подлинный, еще и действующий экспонат. Он демонстрирует в действии движение тех систем, которые предназначены для движения в режиме работы на Луне: вращение колес, поворот антенны, открытие ТВ-камеры и т.д.

Подлинная посадочная ступень КА для доставки на Луну самодвижущихся лабораторий – луноходов и взлетных ракет, основу которой составляет корректирующая тормозная двигательная установка (КТДУ), также находится в первом зале музея. Разработка этого универсального модуля позволила СССР в 70-е годы решить еще одну важнейшую научную и политическую задачу. С помощью КТДУ с Луны были трижды доставлены образцы лунного грунта. То были «Луна-16», «Луна-20» и «Луна-24». Доставка грунта «Луной-16» (1970 г.) стала приоритетным достижением, несмотря на то, что американцы привезли грунт с Луны на год раньше. В нашем случае приоритетной была первая в мире доставка на Землю лунного грунта автоматическим способом.

Полноразмерный макет станции «Луна-16» занимает в экспозиции значимое место. Рядом находится грунтозаборное устройство (ГЗУ) станции «Луна-24» (1976 г.) – последней лунной станции СССР. Оригинальная конструкция ГЗУ отлично справилась с функциями лунного «геолога» – с ее помощью удалось взять образцы грунта с глубины 2 м.

Одна из «жемчужин» экспозиции – стоящий под стеклом возвращаемый аппарат станции «Луна-20» (1972 г.). Именно в этом небольшом обгоревшем при спуске в атмосфере «шарике» был доставлен лунный грунт на Землю. Бесценный экспонат по сути своей уникален – в мире всего три таких аппарата, совершивших перелет Луна – Земля в автоматическом режиме и подаривших землянам частицы Луны. И все три находятся в НПОЛ.

Второй «дорогой» в космосе для НПОЛ стала Венера. Посетители переходят во второй зал музея и знакомятся с полноразмерным макетом станции «Венера-4», на счету которой – первые исследования атмосферы планеты в 1967 г. Технологический дубликат спускаемого аппарата (СА) станции «Венера-8», предназначенный для наземных динамических испытаний и размещенный ныне в экспозиции, даёт посетителям точное представление о том, как выглядел СА «Венеры-7». Той самой, с борта которой в 1970 г. впервые в мире была получена информация о температуре и давлении на поверхности Утренней звезды.

Станции следующего поколения, «Венеры-9» – «Венера-14», шесть раз опускались на раскаленную поверхность планеты, проводили ее исследования и передавали изображения поверхности. Эти черно-белые и цветные панорамы Венеры также представлены в экспозиции.

Значительная часть второго зала отведена под станцию «Вега». Уникальные станции «Вега-1» и «Вега-2», в 1986 г. исследовавшие комету Галлея, а также поверхность и атмосферу Венеры, представлены в экспозиции дубликатами спускаемого аппарата, пролетного модуля и аэростатным зондом. Посетителей впечатляют как размер, изящество конструкций, так и значимость результатов работы этих станций. Полученные тогда изображения ядра кометы и данные об особенностях атмосферы Венеры представлены здесь же в визуальной, текстовой и графической форме.

Дистанционное исследование ядра кометы Галлея и проведение прямых замеров в атмосфере Венеры с помощью надувных аэростатов также получили в мировой науке статус приоритетных достижений.

Обзор экспозиции продолжается, и посетители знакомятся с космическими аппаратами для изучения Марса и малых небесных тел. 2 декабря 1971 г. «Марс-3» благополучно опустился на поверхность Красной планеты – состоялась первая в мире посадка на Марс. Макет посадочного аппарата станции «Марс-3» также присутствует в экспозиции. Телевизионные панорамы Марса, переданные искусственными спутниками «Марс-4» – «Марс-7» представлены на стенде рядом.

Следующим, качественно новым этапом в исследовании Марса стали станции «Фобос-1» и «Фобос-2» (1988 г.). Полноразмерный макет, подвижный зонд и долгоживущая станция, предназначавшиеся для работы на поверхности спутника Марса – Фобосе, расположены в этом разделе экспозиции. Макет служит наглядным примером международной коопе-



Макет межпланетной станции «Фобос»

рации в изучении космоса. На приборы, разработанные специалистами европейских стран, нанесены изображения их флагов.

Информация о работе над созданием станции «Марс-96», разгонного блока «Фрегат», ИСЗ «Купон» представлена в экспозиции в виде красочных фотоальбомов.

Экспозицию зала завершает раздел «Искусственные спутники Земли». Создание ИСЗ научного назначения было и остается важным направлением работы предприятия. Это направление в музее представлено ультрафиолетовым телескопом ИСЗ «Астрон» (1983 г.). Восемь лет работала внеатмосферная астрофизическая обсерватория «Астрон» на околоземной орбите, изучая звезды нашей и соседних галактик. Работу в этом направлении продолжил ИСЗ «Гранат» (1989 г.), текстовая и графическая информация об открытиях, сделанных им, также дополняет рассказ экскурсовода.

Рядом находится полноразмерный макет ИСЗ «Прогноз». 12 «Прогнозов», начиная с 1972 г. в течение 30 лет передавали на Землю информацию о солнечно-земных связях, о различных аспектах влияния солнечного ветра на магнитосферу нашей планеты.

Завершает экспозицию уникальная коллекция вымпелов и государственных знаков исследовательских станций, созданных НПОЛ.

Рядом под стеклом – опубликованные воспоминания ветеранов, книги, отражающие историю предприятия. С ними соседствует коллекция памятных сувениров, подаренных предприятию организациями - партнёрами по международным программам.

Ежегодно музей посещают около 1500 гостей. Контингент посетителей самый широкий: от VIP-персон, государственных деятелей, ученых, дипломатов, космонавтов, рабочих до студентов и школьников.

Многочисленные отзывы посетителей свидетельствуют о неподдельном интересе как к экспозиции, так и к отечественной космонавтике в целом, а также о значительной пользе от посещения музея. Действительно, воочию увидеть многие уникальные, вошедшие в историю науки и техники, космические аппараты возможно только здесь.

Записи в «Книге отзывов» обширны и по хронологии, и по географии. Первая запись была сделана в 1968 г, последние пополняют уже второй том книги. Посетители из Аргентины, Кореи, Мексики, Индии, Украины, США, Германии, Франции, Великобритании,



Премьер-министр Франции Д. Девильпен делает запись в книге отзывов после осмотра экспозиции музея. Рядом стоят (слева направо): руководитель Федерального космического агентства Перминов А.Н., генеральный конструктор и генеральный директор НПО им. С.А. Лавочкина Полищук Г.М. Февраль 2006 г.

Китай, других стран высказали на этих страницах немало теплых слов в адрес НПОЛ и его музея.

С экспозицией Музея НПОЛ знакомились такие известные люди, как губернатор Московской области Б.В. Громов, мэр Москвы Ю.М. Лужков, глава Счетной палаты РФ С.В. Степашин, генеральный директор Росавиакосмоса Ю.Н. Коптев, руководитель Федерального космического агентства А.Н. Перминов, президент Академии наук РФ Ю.С. Осипов, премьер-министр Франции г-н Девильпен, супруга президента Франции г-жа Ширак, руководители NASA (США) г-н Голден и г-н Трули, американские астронавты Дэвид Скотт и Майкл Финк. Представленные в музее экспонаты, безусловно, впечатляют и специалистов в космической технике, и людей, далеких от неё. Это свидетельства авиационных и космических побед ушедшего в историю прошлого, XX-го века. Для демонстрации современных достижений НПОЛ нынешняя музейная площадь маловата. Решением руководства НПОЛ в перспективе предусмотрена реконструкция одного из корпусов с целью созда-

ния в нем современного музейного комплекса. Расширенная экспозиция, отражающая разработки последних десятилетий, основанная на инновационных музейных технологиях, станет доступна еще большему количеству посетителей, интересующихся славным прошлым и настоящим Научно-производственного объединения имени С. А. Лавочкина.

Список литературы

- 1 На земле, в небе и в космосе. М.: Блок-Информ-Экспресс, 2002.
- 2 Пичхадзе К.М. Сороковые – грозные // Полет, 2005. № 5, С. 22-26.
- 3 Автоматические космические аппараты для фундаментальных и прикладных научных исследований/ Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Г.М. Полищука и д-ра техн. наук, проф. К.М. Пичхадзе М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. 660 с

Издатель

ордена Ленина, дважды орденов Трудового Красного Знамени
ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина»

Редактор *Ефанов В.В.*

Технический редактор *Шевалев И.Л.*

Корректоры *Качанова Р.А., Пригородова Н.В.*

Разработка дизайна обложки журнала:

Бедердинов Р.Ю., Илингин В.М., Меркулов И.Б.

Подписано в печать 11.10.2010 г. Формат 60x84 /8.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Объем 9,5 печ.л.

Тираж 500 экз. Зак. 1220

Отпечатано с готового оригинал-макета

в типографии ООО «Полиграф-Информ»,

ПЛД№ 42-17 от 16.09.98.

248021, г. Калуга, ул. Московская, 247. Тел. 55-99-31.

Современные и перспективные космические комплексы НПО им. С.А. Лавочкина

