

1. КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛУНЫ.

1.1. МЯГКАЯ ПОСАДКА НА ЛУНУ. КА “ЛУНА-9,13”

Автоматические межпланетные станции “Луна-9,13” предназначались для доставки на поверхность Луны посадочных аппаратов (ПА). С борта ПА должно было передаваться телевизионное изображение лунной поверхности и результаты экспериментов по исследованию сейсмических явлений, изучению магнитного поля Луны и регистрации космических излучений на поверхности Луны. Одновременно предстояло отработать комплекс систем, обеспечивающих мягкую посадку на Луну.

АМС выводились на околоземную промежуточную орбиту с высотами перигея и апогея соответственно 175 (“Луна-9”) и 225 км (“Луна-13”). На участке перелета Земля-Луна предусматривалось проведение двухпараметрической коррекции. Траектория перелета была близка к траекториям минимальной скорости. На этапе перелета станции было придано вращение вокруг оси, перпендикулярной к направлению на Солнце. Это обеспечило постоянный температурный режим станции.

Была проведена одна коррекция. Во время выполнения коррекции вращение КА останавливалось. Корректирующий импульс равнялся 71,2 м/с. Точность выполнения коррекции составляла 10-15 км отклонения от расчетной точки посадки при ошибке в величине приращения скорости на 0,1 м/с или в направлении на 1’.

На расстоянии 15-20 тыс. км от Луны проводился последний сеанс астроориентации станции.

Этап торможения и посадки состоял из следующих участков:

- ☐ ориентация КА по лунной вертикали на высоте 8300 км;
- ☐ торможение с включенным тормозным двигателем; включение двигателя осуществлялось на высоте 75 км по командному сигналу от радиовысотомера (ось его параболической антенны была параллельна оси двигателя); перед этим от станции были отделены два отсека, ненужные при посадке;
- ☐ торможение с помощью малых ракетных двигателей после выключения на высоте примерно 150 м основного двигателя;
- ☐ отделение посадочного аппарата на высоте 4 м по касанию штыревого датчика с лунной поверхностью;
- ☐ посадка с использованием надувных мешков; сразу после сброса амортизирующих устройств раскрылись четыре лепестковых (передающих) и четыре штыревых (принимающих) антенны; лепестковые антенны одновременно служили для удержания станции в рабочем положении.

1.1.1. КА “Луна-9”

КА “Луна-9”, впервые в мире осуществивший мягкую посадку на Луну; запущен 31.1.1966.

Во время полета к Луне, продолжавшегося 3,5 сут, была проведена коррекция траектории полета. на высоте 75 км от поверхности Луны (за 48 с до посадки) была включена ДУ, которая обеспечила гашение скорости с 2600 м/с до нескольких м/с.

Спускаемый аппарат “Луна-9” совершил посадку 3.2.1966 в Океане Бурь, западнее кратеров Рейнер и Марий в точке с координатами $64^{\circ}22'$ з.д. и $7^{\circ}08'$ с.ш. С КА было проведено 7 сеансов радиосвязи общей продолжительностью 8 часов для передачи научной информации. ТВ изображения поверхности Луны передавались в течение четырех сеансов при различных условиях освещенности.

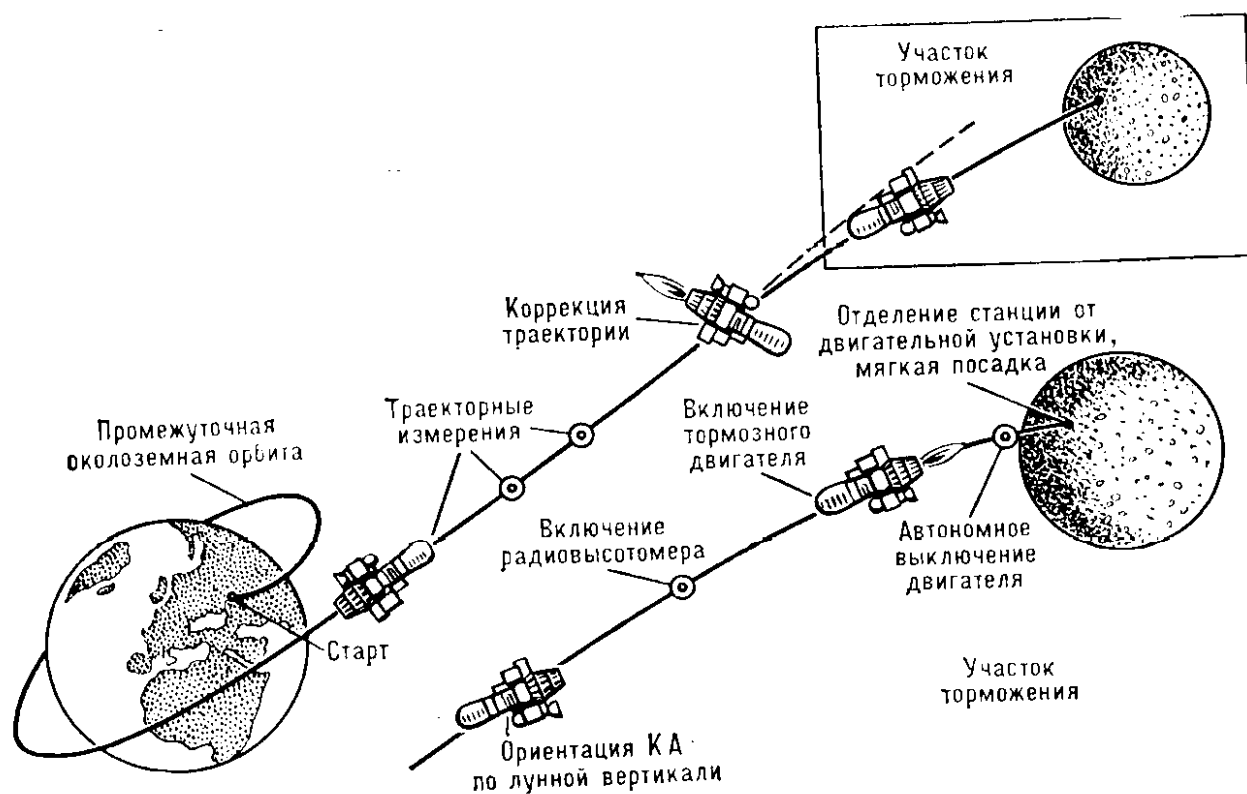


Рис. 1-1 Схема экспедиции КА “Луна-9”

Длительность активного существования КА на поверхности Луны составила 46 ч 58 мин 30 с. панорамы лунной поверхности, полученные при различных высотах Солнца над горизонтом (7, 14, 27 и 41°), дали возможность изучить микрорельеф лунного грунта, определить размеры и формы впадин и камней.

КА “Луна-9” состоял из:

- ❑ посадочного аппарата (масса 100 кг), предназначенного для работы на поверхности Луны;
- ❑ отсеков с аппаратурой систем управления, астроориентации, радиосистем;
- ❑ ДУ для коррекции и торможения перед посадкой.

Общая масса КА после отделения от разгонной ступени РН равна 1583 кг.

В состав посадочного аппарата входил герметичный приборный отсек, в котором были размещены:

- ❑ ТВ аппаратура;
- ❑ аппаратура радиосвязи;
- ❑ программно-временное устройство;
- ❑ научная аппаратура;
- ❑ системы энергоснабжения и терморегулирования.

Приборный отсек оснащен амортизаторами (надувные баллоны), антеннами и др.

Изображения лунной поверхности, переданные “Луной-9”, и успешная посадка КА на Луну имели большое значение для дальнейших полетов к Луне.

Посадочным устройством являлись два надувных баллона-амортизатора, форма и размеры которых были выбраны из условия обеспечения амортизации неориентированного удара ПА о ровную поверхность. Баллоны-амортизаторы, состоящие из наружной капроновой и внутренней резиновой оболочек, друг с другом соединялись с помощью двух силовых поясов.

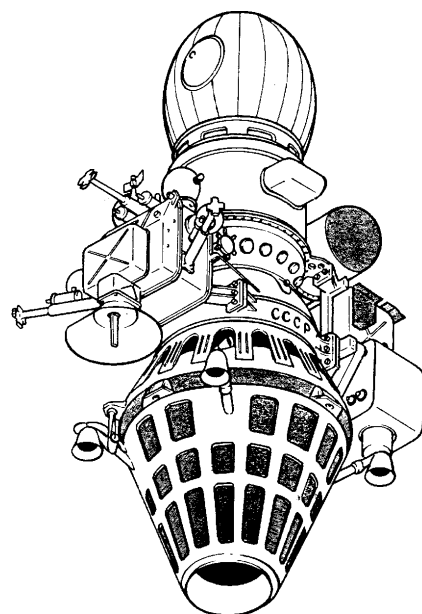
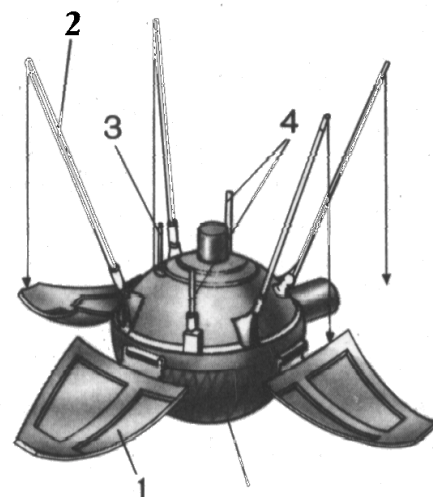
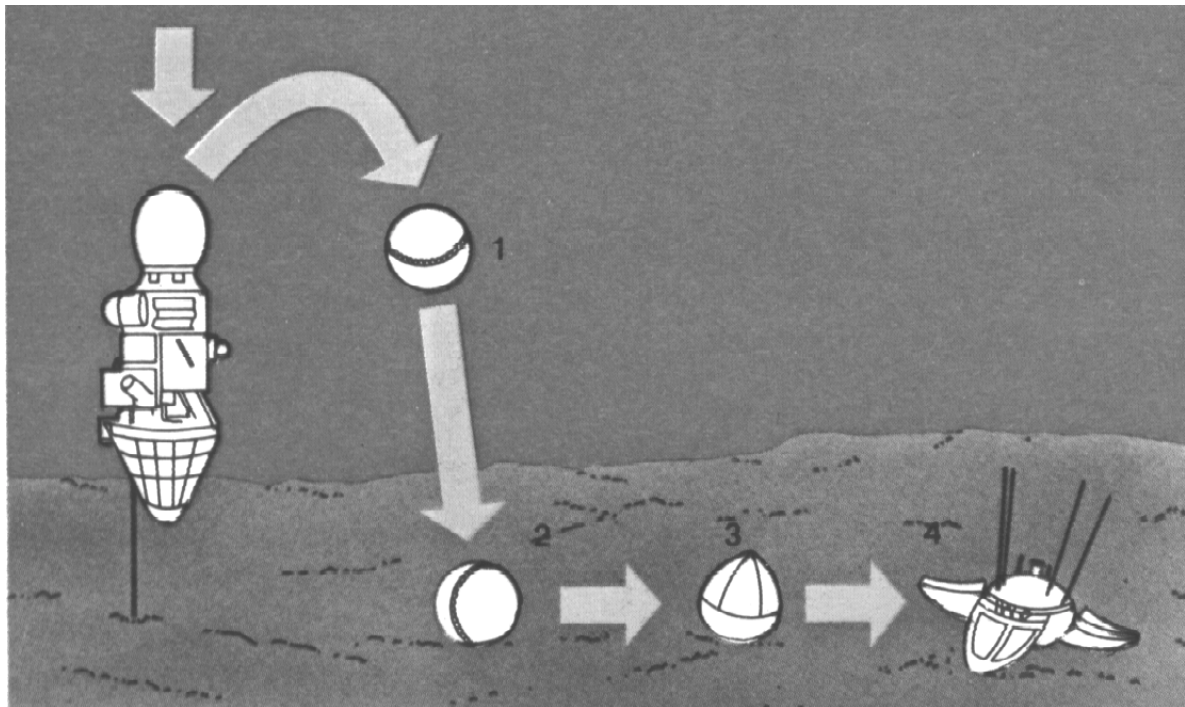


Рис. 1-2 КА “Луна-9”



- 1 - лепестковые антенны;
- 2 - штыревые антенны;
- 3 - эталоны яркости;
- 4 - двухгранные зеркала

Рис. 1-3 Посадочный аппарат КА “Луна-9”



1. Отделение автоматической лунной станции (АЛС) при касании поверхности штырем, установленном на основном блоке, после ракетодинамического торможения.
2. АЛС падает с отскоком и перекачивается по поверхности. Из-за смещенного центра тяжести она занимает расчетное положение.
3. Начало перехода в рабочее состояние.
4. Раскрываемые лепестковые панели способствуют ориентации АЛС в вертикальном положении; выставляется телевизионная камера и разворачиваются антенны. Сигналы передаются на Землю.

Рис. 1-4 Схема посадки АМС “Луна-9”

1.1.2. КА “Луна-13”

КА “Луна-13” - второй КА, совершивший мягкую посадку на Луну; запущен 21.12.1966.

Масса 1620 кг.

24.12.1966 спускаемый аппарат (масса 112 кг) совершил мягкую посадку в районе Океана Бурь в точке с координатами 62°03' з.д. и 18°52' с.ш.

Спускаемый аппарат был оснащен:

- ☐ механическим грунтомером-пенетрометром для определения прочности наружного слоя грунта;
- ☐ радиационным плотномером; динамографом для регистрации длительности и значения перегрузки, возникающей при посадке станции;
- ☐ приборами для измерения теплового потока от лунной поверхности;
- ☐ счетчиками для регистрации корпускулярного излучения.

На Землю передано 5 панорам лунной поверхности, снятых при различных высотах Солнца над горизонтом - от 6 до 38°.

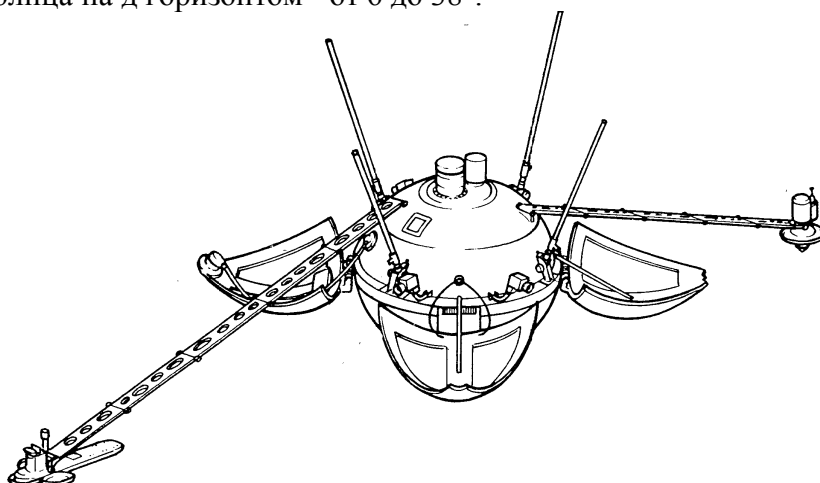


Рис. 1-5 Посадочный аппарат КА “Луна-13”

1.2. ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЛУНЫ

1.2.1. КА “Луна-10”

КА “Луна-10” - первый ИСЛ, запущенный 31.3.1966. Масса КА после отделения от РН составляла 1582 кг, масса лунного спутника, выведенного 3.4.1966 г. на орбиту ИСЛ - 240 кг.

Параметры орбиты:

- ❑ периселений - 350 км,
- ❑ апоселений - 1017 км,
- ❑ период обращения - 2 ч 58 мин 15 с
- ❑ наклонение к плоскости лунного экватора - 71°54'

ИСЛ “Луна-10” активно существовал 56 суток, совершив 460 оборотов вокруг Луны. Было проведено 219 сеансов радиосвязи, получены информация о гравитационном и магнитном полях Луны, магнитном шлейфе Земли, косвенные данные о химическом составе и радиоактивности поверхностных пород Луны.

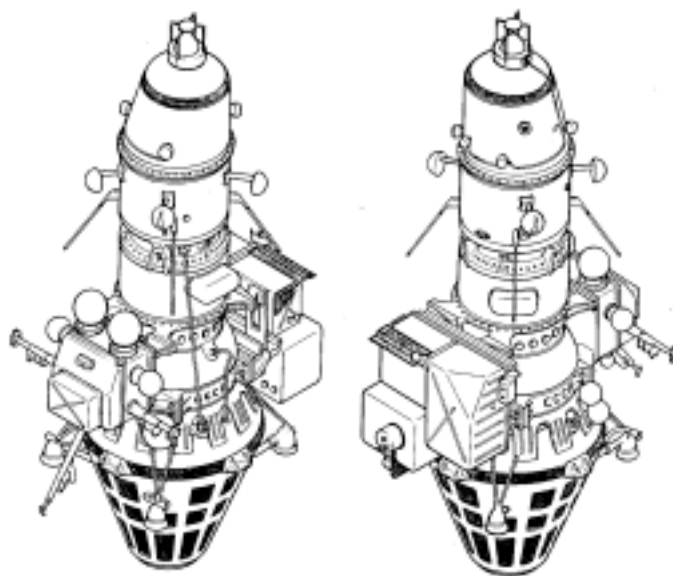


Рис. 1-6 КА “Луна-10”

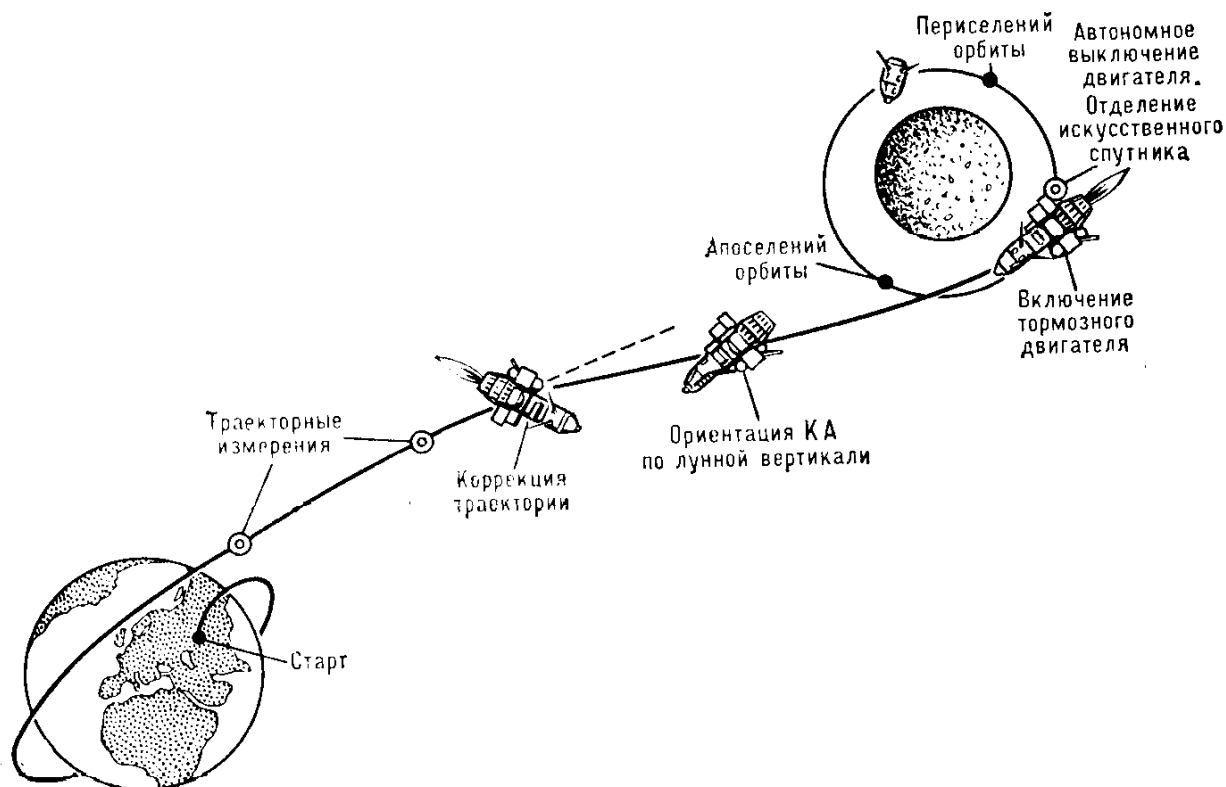


Рис. 1-7 Схема экспедиции КА "Луна-10"

1.2.2. КА "Луна-11"

КА "Луна-11" - второй ИСЛ, запущенный 24.8.1966. Масса КА составляла 1640 кг. 27.8.1966 КА вышел на окололунную орбиту с параметрами:

- ❑ периселений - 160 км,
- ❑ апоселений - 1200 км,
- ❑ период обращения - 2 ч 58 мин,
- ❑ наклонение к плоскости лунного экватора - 27° .

За 38 суток активного существования было проведено 137 сеансов связи и совершено 277 витков вокруг Луны. Научная аппаратура, размещенная на КА, позволила продолжить исследования, начатые КА "Луна-10".

1.2.3. КА "Луна-12"

КА "Луна-12" - третий советский ИСЛ, запущенный 22.10.1966. Масса КА составляла 1620 кг. 25.10.1966 КА "Луна-12" вышел на орбиту ИСЛ с параметрами:

- ❑ периселений - 100 км,

- апоселений -1740 км,

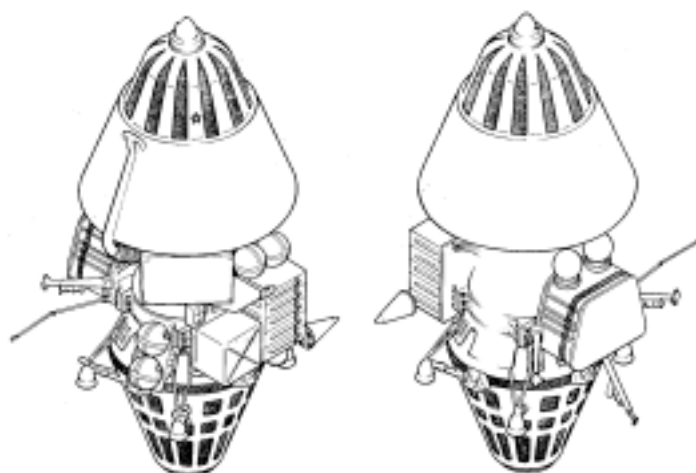


Рис. 1-8 КА “Луна-10”

КА активно существовал в течение 85 суток, совершив 602 витка. Кроме научной аппаратуры на борту находилась фототелевизионная система, с помощью которой были получены крупномасштабные изображения участков лунной поверхности.

1.2.4. КА “Луна-14”

КА “Луна-14” - четвертый советский ИСЛ, запущенный 7.4.1968.

Параметры орбиты:

- периселений - 160 км,
- апоселений -870 км,
- период обращения - 2 ч 40 мин,
- наклонение к плоскости лунного экватора - 42°.

Систематические длительные наблюдения за изменениями параметров орбиты позволили уточнить соотношение масс Земли и Луны и данные о гравитационном поле Луны и ее форме. Изучались космические лучи и потоки заряженных частиц, идущих от Солнца, условия прохождения и стабильность радиосигналов, передаваемых с Земли на КА и обратно при нахождении КА в разных точках орбиты и при заходах за лунный диск, проводилась юстировка наземных средств радиосвязи.

1.2.5. КА “Луна-15”

КА “Луна-15” - пятый советский ИСЛ, запущенный 13.7.1969. Это первый КА третьего поколения. Масса КА составляла 5700 кг. После выхода аппарата на селеноцентрическую орбиту были проведены две коррекции орбиты.

После первой коррекции параметры орбиты:

- ❑ периселений - 95 км,
- ❑ апоселений - 221 км,
- ❑ период обращения - 2 ч 3,5 мин,
- ❑ наклонение к плоскости лунного экватора - 126° .

После второй коррекции орбиты:

- ❑ периселений - 16 км,
- ❑ апоселений - 110 км,
- ❑ период обращения - 1 ч 54 мин,
- ❑ наклонение к плоскости лунного экватора - 127° .

Проводились научные исследования в окололунном пространстве, испытывались новые навигационные системы, была получена информация о работе новых систем станции. По завершении программы на 52-м витке 21 июля была включена ДУ, КА сошел с орбиты и достиг поверхности Луны.

1.2.6. КА “Луна-19”

КА “Луна-19” - шестой советский ИСЛ, запущенный 28.9.1971. 3 октября КА был переведен на окололунную круговую орбиту с параметрами:

- ❑ высота - 140 км,
- ❑ наклонение - $40^\circ 35'$,
- ❑ период обращения - 2 ч 1 мин 45 с.

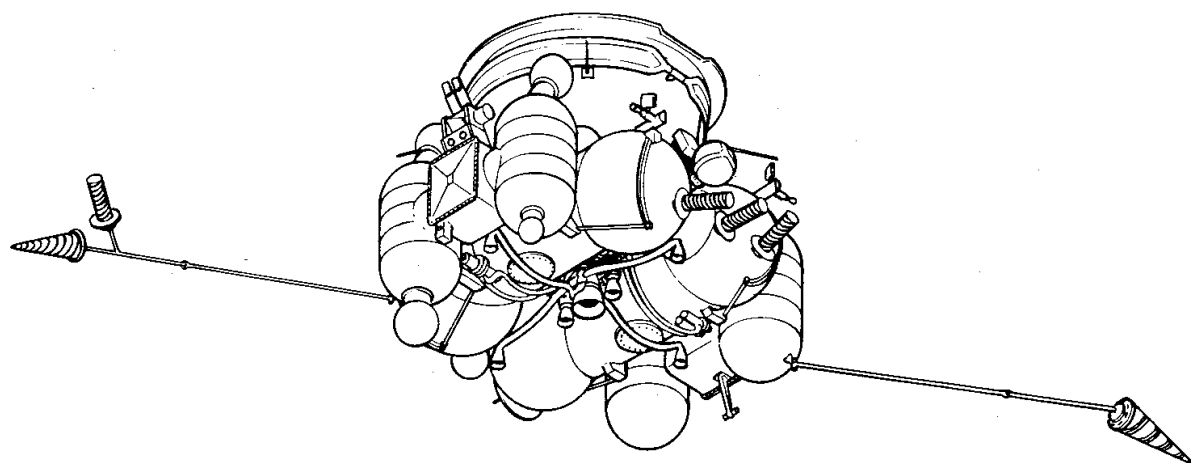


Рис. 1-9 КА “Луна-19”

26 и 28 ноября проводились коррекции орбиты. Длительные наблюдения за КА “Луна-19” позволили уточнить гравитационное поле Луны. ИСЛ проводил измерения магнитного поля Луны и передавал на Землю фотографии лунной поверхности.

1.2.7. КА “Луна-22”

КА “Луна-22” - седьмой советский ИСЛ, запущенный 29.5.1974. 2 июня КА вышел на Селеноцентрическую орбиту с параметрами:

- ❑ периселений - 219 км,
- ❑ апоселений - 222 км,
- ❑ период обращения - 2 ч 10 мин,
- ❑ наклонение к плоскости лунного экватора - $19^{\circ}35'$.

Масса КА - 5700 кг. 9 и 13 июня были проведены коррекции орбиты.

ИСЛ проводил измерения гравитационного поля Луны, осуществлял альтиметрирование отдельных участков лунной поверхности в зонах возможной посадки КА. были получены и переданы на Землю изображения лунной поверхности, проводились научные эксперименты.

1.3. ВОЗВРАТ ЛУННОГО ГРУНТА.

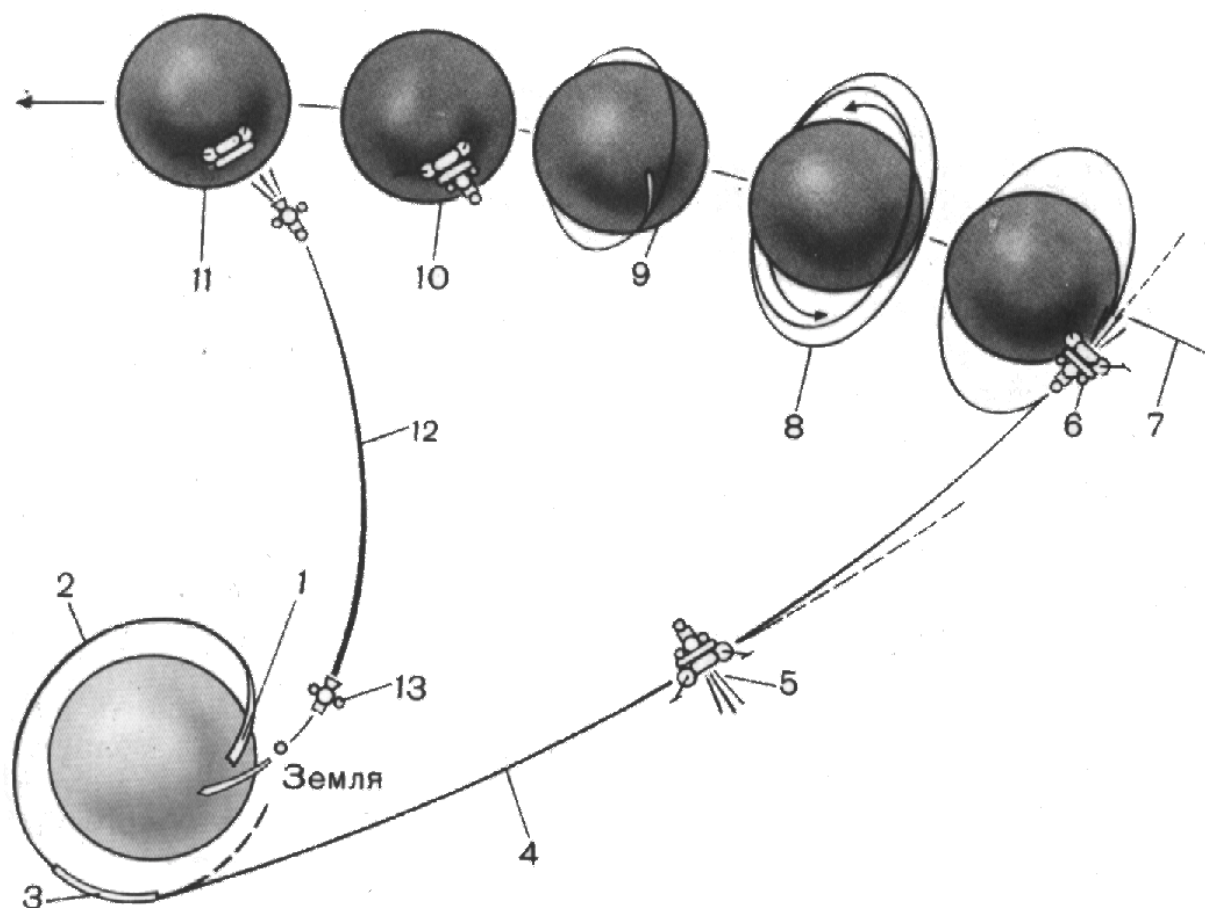
1.3.1. КА “Луна-16”

КА “Луна-16” - КА, совершивший рейс Земля-Луна-Земля и доставивший на землю образцы лунного грунта, запущен 12.9.1970.

17 сентября КА вышел на круговую селеноцентрическую орбиту высотой 110 км, наклонением 70° , периодом обращения 1ч 59 мин.

Масса 5727 кг, при посадке на Луну 1880 кг.

После формирования предпосадочной орбиты с низким периселением 21.9.1970 произведена посадка в районе Моря Изобилия в точке с координатами $56^{\circ}18'$ в.д. и $0^{\circ}41'$ ю.ш.



- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. Выведение на орбиту ИСЗ | 8. Маневрирование на окололунной орбите |
| 2. Полет по орбите ИСЗ | 9. Торможение и мягкая посадка |
| 3. Разгон | 10. АМС на Луне |
| 4. Перелет Земля-Луна | 11. Старт с поверхности Луны |
| 5. Коррекция | 12. Перелет Луна-Земля |
| 6. Торможение и выход на орбиту ИСЛ | 13. Отделение возвращаемого аппарата |
| 7. Орбита Луны | |

Рис. 1-10 Схема экспедиции КА "Луна-16"

1.3.2. КА "Луна-20"

КА "Луна-20" запущен 14.2.1972.

18 февраля переведен на окололунную орбиту. 21 февраля осуществлена мягкая посадка на лунную поверхность в горном материковом районе между Морем Изобилия и Морем Кризисов в точке с координатами $56^{\circ}33'$ в.д. и $3^{\circ}32'$ с.ш.

КА "Луна-20" по конструкции аналогичен "Луне-16". Грунтозаборное устройство (параметры бурового снаряда такие же, как у КА "Луна-16") произвело бурение и забор грунта, который был помещен в контейнер возвращаемого аппарата.

23 февраля взлетная ступень стартовала с Луны, 25 февраля возвращаемый аппарат совершил мягкую посадку на Землю в расчетном районе.

Масса грунта, доставленного на Землю, - 55 г.

1.3.3. КА “Луна-24”

КА “Луна-24” - третий КА, совершивший рейс Земля-Луна-Земля; запущен 9.8.1976.

18.8.1976 осуществлена посадка в юго-восточном районе Моря Кризисов с координатами 62°12' в.д. и 12°45' с.ш.

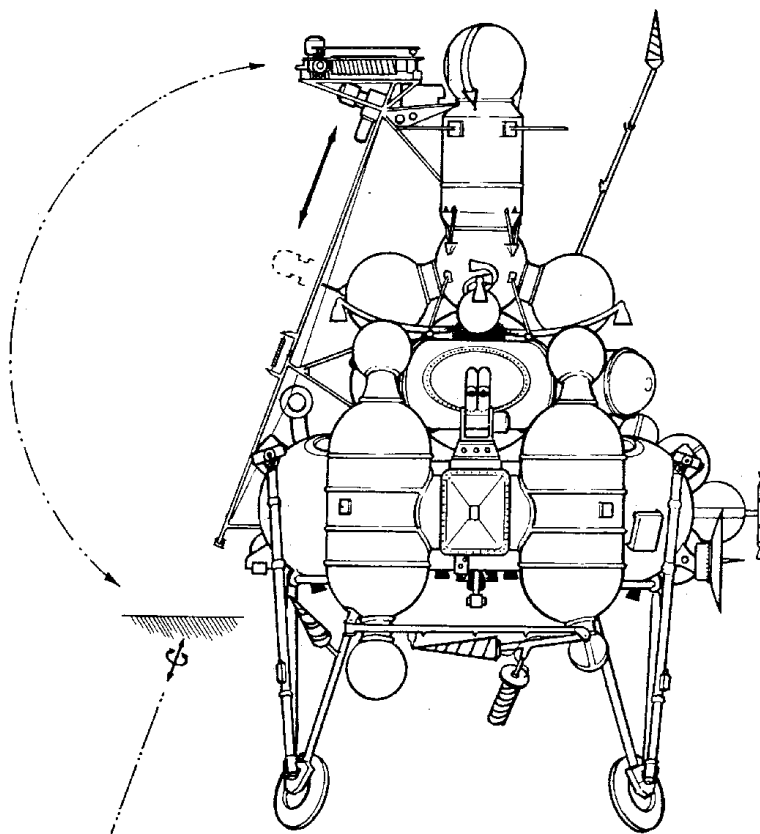


Рис. 1-11 КА “Луна-24”

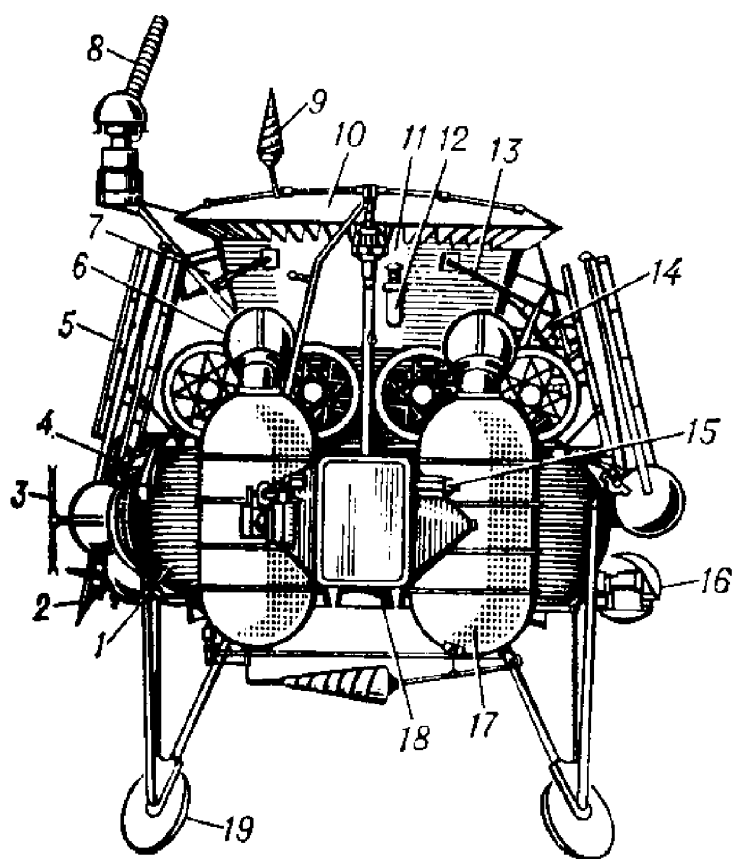
Грунтозаборное устройство по команде с Земли произвело бурение лунного грунта на глубину ≈ 2 м. Взятые образцы были помещены в контейнер возвращаемого аппарата взлетной ступени, которая 19 августа стартовала к Земле.

22.8.1976 возвращаемый аппарат с образцами лунного грунта достиг Земли и совершил мягкую посадку в расчетном районе. Масса грунта, доставленного на Землю, - 170.1 г.

1.4. ЛУННЫЕ ПОДВИЖНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ “ЛУНОХОД”

1.4.1. КА “Луна-17”/“Луноход-1”

КА “Луна-17” - КА, доставивший на Луну первый автоматический самоходный аппарат “Луноход-1”; запущен 10.11.1970. 17 ноября совершил мягкую посадку на Луну в районе Моря Дождей в точке с координатами 35° з.д. и 38°17' с.ш.



- | | |
|---|---|
| 1. блок баков; | 10. солнечная батарея (в закрытом положении); |
| 2. радиовысотомер; | 11. Луноход-1; |
| 3. жидкостный реактивный микродвигатель системы стабилизации; | 12. телефотокамера; |
| 4. топливный бак системы стабилизации; | 13. штыревая антенна; |
| 5. трап; | 14. изотопный источник тепла; |
| 6. баллон с азотом для системы астроориентации; | 15. микродвигатель системы ориентации; |
| 7. телекамера; | 16. доплеровская аппаратура; |
| 8. антенна; | 17. сбрасываемый отсек; |
| 9. коническая спиральная антенна; | 18. сопло основного двигателя; |
| | 19. посадочное устройство. |

Рис. 1-12 КА “Луна-17”

Самоходный аппарат “Луноход-1.

Луноход представляет собой автоматически управляемый с Земли аппарат, состоящий из двух основных частей:

- ☐ герметичного приборного отсека с аппаратурой
- ☐ самоходного шасси.

“Луноход-1” имеет следующие технические характеристики:

Табл. 1-1 Основные характеристики аппарата “Луноход-1”

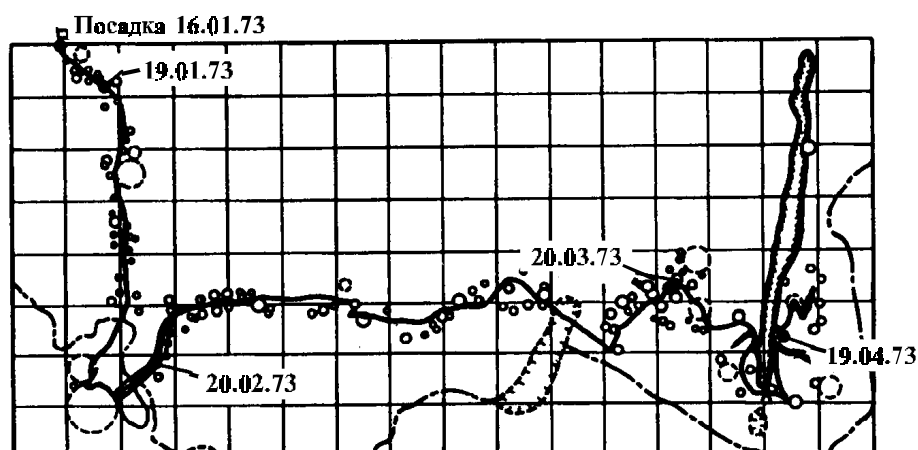
Общая масса, кг	756
Масса шасси, кг	105
В том числе масса ходовой части с приводами, кг	88
Скорости движения (км/ч):	
<input type="checkbox"/> первая	0,8
<input type="checkbox"/> вторая	0,2
Двигатель	колесный
Колесная формула	8×8
База, мм	1705
Колея, мм	1600
Ширина колеса, мм	200
Просвет, мм	380
Трансмиссия	электрическая с индивидуальным приводом колес
Способ поворота	бортовой
Подвеска	независимая, торсионная с качанием рычагов направляющего механизма в продольной плоскости
Радиус поворота по центру опорного четырехугольника, м:	
<input type="checkbox"/> в движении	2,7
<input type="checkbox"/> на месте	0
Несущая конструкция	безрамная, с несущим герметичным контейнером
Углы статической устойчивости, градус:	
<input type="checkbox"/> продольный	43
<input type="checkbox"/> поперечный	45
Типовые преодолеваемые препятствия:	
<input type="checkbox"/> выступ, м	0,35
<input type="checkbox"/> уступ, м	0,4
<input type="checkbox"/> трещина (ширина), м	1,0
<input type="checkbox"/> подъем, градус	20
Напряжение электропитания, В	27

1.4.2. КА “Луна-21”/“Луноход-2”

КА “Луна-21” - КА, доставивший на поверхность Луны “Луноход-2”; запущен 8.1.1973.

16 января произведена мягкая посадка на Луну на восточной окраине Моря Ясности, внутри кратера Лемонье в точке с координатами 30°27' в.д. и 25°51' с.ш.

“Луноход-2” начал свою работу внутри 55-километрового древнего кратера Лемонье, недалеко от его южной кромки. С южной стороны кратер граничит со слабо приподнятой холмистой равниной, которая обладает свойствами, промежуточными между особенностями морских и материковых областей. Эта зона далее к востоку и югу переходит в материковую местность. В начале работы “Лунохода-2” маршрут движения проходил в типично морском районе. на этом участке встречались уже известные формы рельефа: кратеры, выбросы камней. Толщина верхнего, переработанного слоя грунта составляла 1...6 м.



При выходе в предматериковую зону “Луноход-2” достиг внешнего края большого кратера, где были обнаружены оползневые террасы и значительное уменьшение плотности малых кратеров. Толщина переработанного слоя грунта достигала местами 10 м. Продолжая движение на восток, “Луноход-2” подошел к тектоническому разлому (Борозде Прямой), глубина которого составляет 40...80 м. По мере приближения к борозде толщина реголита уменьшалась, и на ее бровке были обнаружены выходы скального основания. Обломки скальных пород часто имели размеры до нескольких метров. Стенки борозды имеют наклон до 30...35° и представляют собой осыпи из крупных обломков и камней.

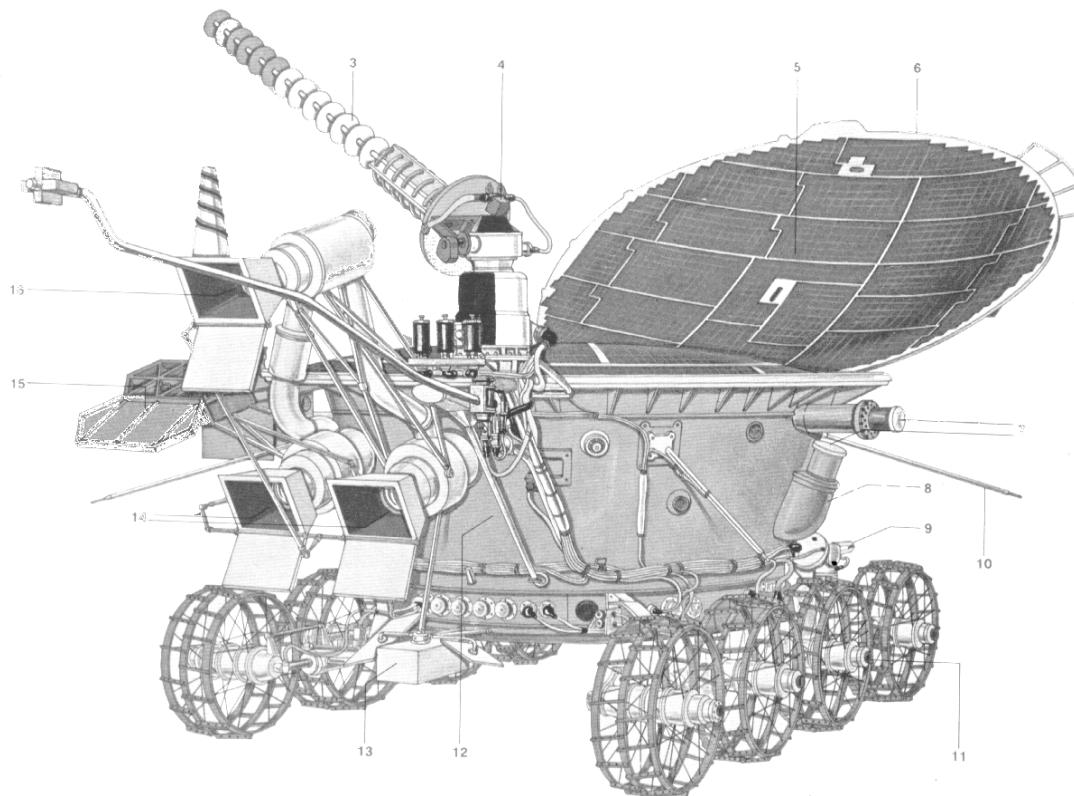
В течение первого и второго лунных дней маршрут “Лунохода-2” проходил в районе, весьма схожим по геоморфологическим особенностям с районами работы “Лунохода-1”. В третий лунный день “Луноход-2” двигался в переходной зоне от морского к материковому, которая характеризовалась значительными уклонами, осыпями, выбросами камней. В течение четвертого лунного дня маршрут движения “Лунохода-2” проходил вблизи тектонического разлома. Для этого участка были характерны скопления крупных камней, местами рыхлый слой грунта имел малую глубину.

Табл. 1-2 Основные итоги работы “Лунохода-2”

Время работы, сут	125
Пройденный путь, км	37,45
Средняя скорость движения, км/ч	0,34

Самоходный аппарат "Луноход-2".

Общая схема и конструкция основных узлов "Лунохода-2" решены подобно "Луноходу-1".



1. *Магнитометр*
2. *Малонаправленная антенна*
3. *Остронаправленная антенна*
4. *Механизм наведения антенны*
5. *Солнечная батарея (преобразует энергию солнечного излучения в электроэнергию для подзарядки химических батарей)*
6. *Откидная крышка (закрыта во время передвижения и в период лунной ночи)*
7. *Панорамные телефотокамеры горизонтального и вертикального обзора*
8. *Изотопный источник тепловой энергии с отражателем и девятое колесо для измерения пройденного пути (в задней части аппарата)*
9. *Грунтозаборное устройство (в сложенном положении)*
10. *Штыревая антенна*
11. *Мотор-колесо*
12. *Герметичный приборный отсек*
13. *Анализатор химического состава грунта "Рифма-М" (рентгеновский спектрометр) в сложенном положении*

14. *Стереоскопическая пара телевизионных камер с блендами и противопылевыми крышками*
15. *Оптический уголковый отражатель (изготовлен во Франции)*
16. *Телевизионная камера с блендой и противопылевой крышкой*

Рис. 1-13 “Луноход-2”