85 к.

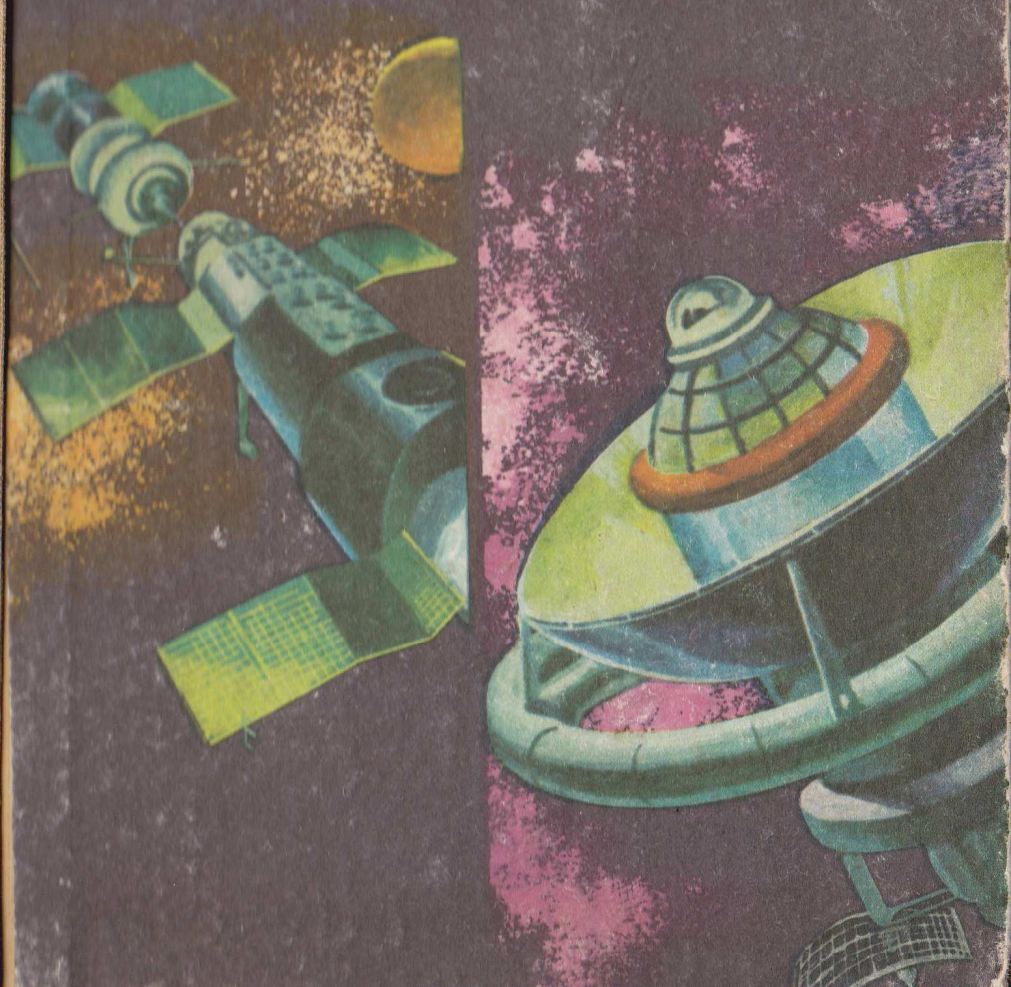
ПРОСВЕЩЕНИЕ

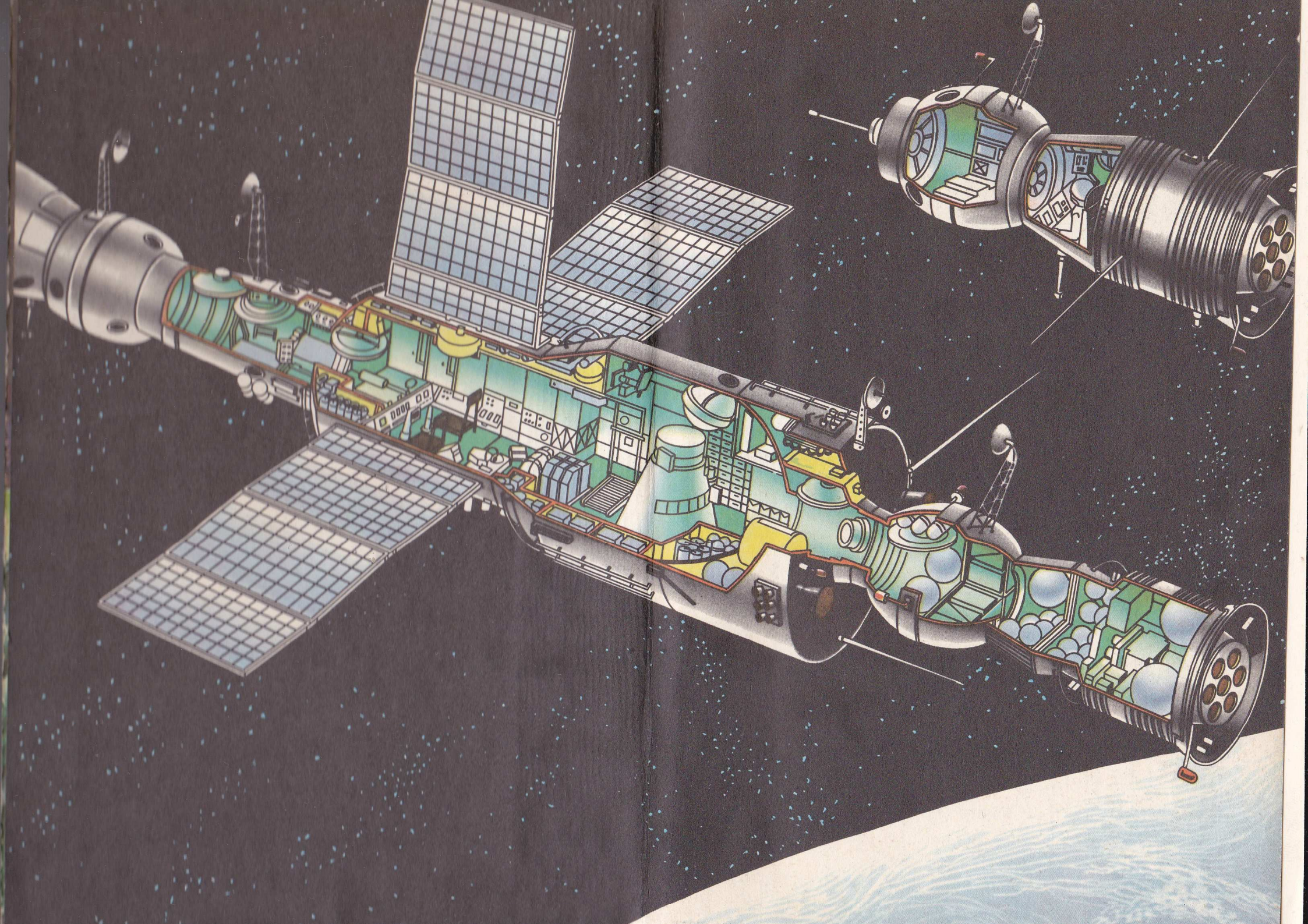
С.П. УМАНСКИЙ

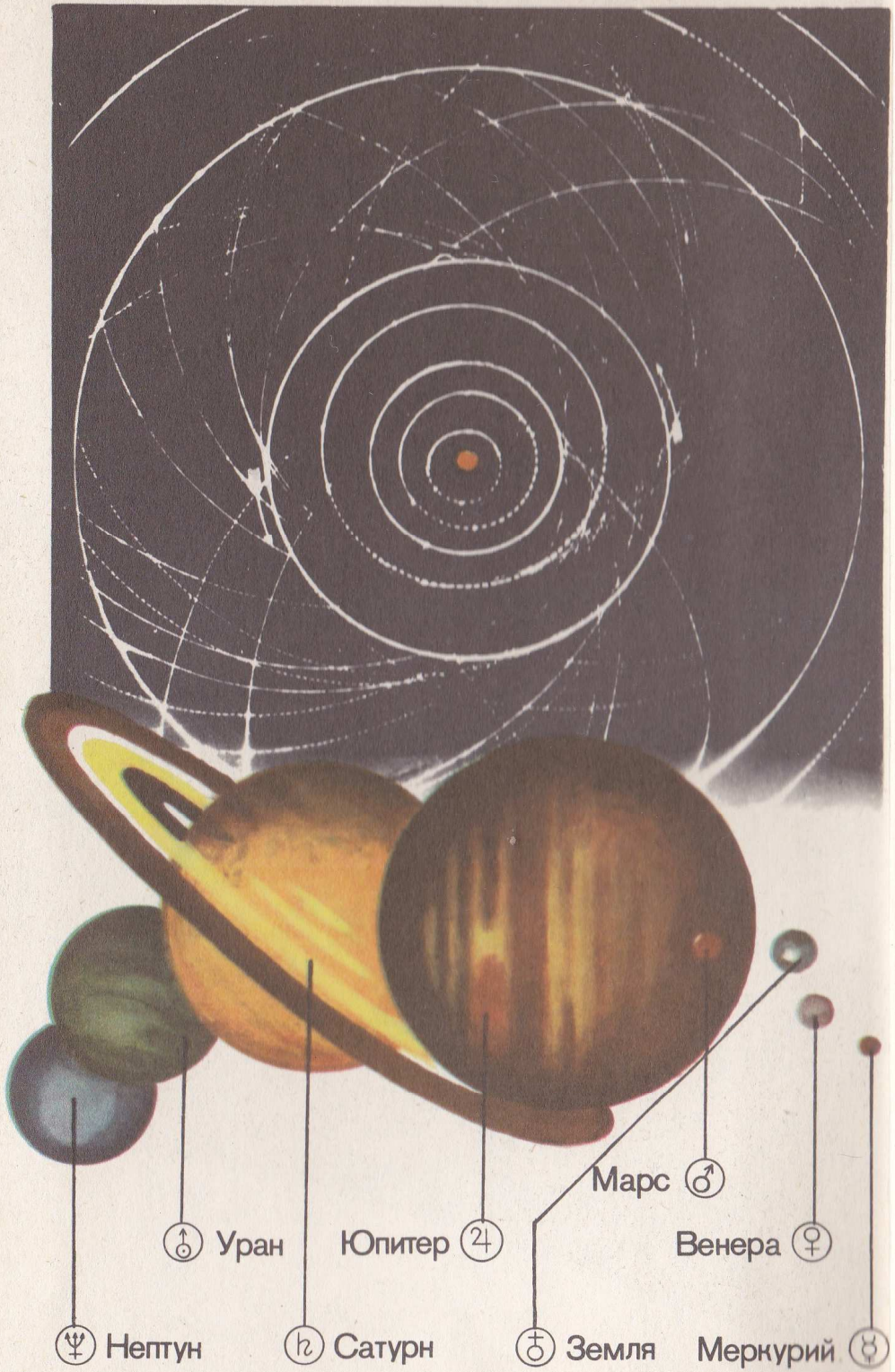
КОСМОНАВТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

С.П. УМАНСКИЙ

КОСМОНАВТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА







С.П. УМАНСКИЙ

КОСМОНАВТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

КНИГА ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

Москва
«Просвещение»
1986

ББК 39.6
У52

Рецензенты:
кандидат физ-мат. наук Е. К. Шеффер (Институт космических исследований) и профессор, доктор биологических наук А. М. Генин (Институт медико-биологических проблем).

Уманский С. П.
У52 Космонавтика сегодня и завтра: Кн. для учащихся.— М.: Просвещение, 1986.— 175 с., ил.

В книге в интересной и популярной форме рассказано о космонавтике, ее настоящем и будущем, о планетах Солнечной системы, об основных достижениях в исследовании космического пространства.

У $\frac{4306020000-483}{103(03)-86}$ КБ—12—20—1986 ББК 39.6
6Т6

© Издательство «Просвещение», 1986 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Человечеству от природы присуще стремление познать новое, ранее неизвестное. Вспомним, например, с каким упорством еще древние ученые пытались проникнуть в сущность вещей, как путешественники различных времен, стран и народов не могли спокойно жить в городах и селениях: неведомая и могучая жажда познания заставляла их покидать уютные дома и пускаться в рискованные, полные волнений и лишений путешествия. Примеров этому можно было бы привести великое множество. Вопрос: что там за горизонтом? — никогда не давал человечеству покоя (не только за географическим, но и за научным). Точно так же не дает покоя современным физикам микрокосмос, биологам проблемы возникновения и развития жизни, работникам техники и искусства свои присущие этим отраслям знания проблемы. Чтобы получить ответ на этот вопрос, плыли корабли Колумба, уходили в горы экспедиции Семенова-Тян-Шанского, проводили опыты с ядовитыми смесями в своих лабораториях алхимики, а знаменитый физик Энрико Ферми сближал отверткой два бруска металлического урана в надежде вызвать цепную реакцию деления, хотя и мог при этом погибнуть от вспышки неведомых всепроникающих излучений.

Этот же вопрос: а что же там за горизонтом? — волнует и нас, живущих в современном мире. Пытаясь решить его, человек не ищет материальной выгоды, им движет неведомая сила любознательности, стремления к неизведанному.

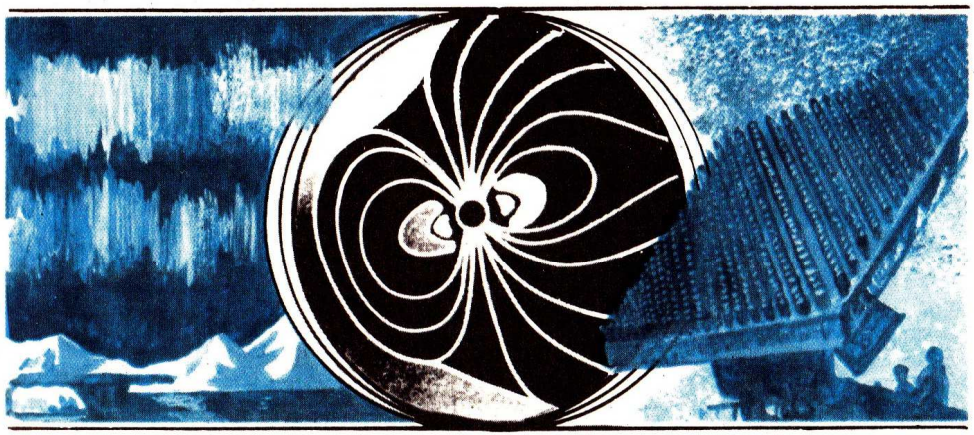
Если экспедиция Колумба открыла огромный новый континент, названный Америкой, то космические исследования открыли для человечества в миллионы и миллиарды раз больший «континент» — космос со всеми его планетами, звездами и другими образованиями. И это открытие было столь великим, что, по-видимому, изменит в будущем судьбы человечества.

Началом практической космонавтики можно считать запуск в Советском Союзе в октябре 1957 г. первого в мире искусственного спутника Земли. С тех пор многое сделано. Удалось заглянуть за «космический горизонт» и, как следствие, получить для человечества материальные блага.

В предлагаемой читателям книге достаточно широко описаны история открытия космоса, путь, пройденный космонавтикой. Но вот что характерно: почти в любой области науки и техники решение каких-либо проблем и задач приводит к постановке новых задач и новых проблем. То же самое случилось и в космонавтике. Некоторые из этих проблем рассмотрены в предлагаемой книге, другие — поставлены. И работать над их решением, их реализацией придется людям молодого поколения. Следует сказать, что космонавтика связана почти со всеми отраслями человеческих знаний: от физической науки до кулинарных рецептов, от биологии и медицины до кибернетических устройств. Космонавтика — это одна из тех областей науки и техники, куда могут безгранично вкладываться человеческие знания. Дальнейшее развитие космонавтики приведет к взлету интеллектуального и материального могущества человечества.

Предлагаемая читателям книга — это обзор достижений космонавтики и попытка предвидеть ее будущее на основании существующих в настоящее время проектов. Но таким ли будет это будущее? Нельзя сейчас точно ответить на этот вопрос, это будет зависеть от того, какие люди придут на смену современным ученым и инженерам, какие новые идеи и мысли принесут они с собой.

Дважды Герой Советского Союза
летчик-космонавт СССР
Н. Н. Рукавишников



КОСМОС ВОКРУГ НАС

Космос! Это слово еще совсем недавно было понятно только узкому кругу специалистов. А теперь оно вошло в нашу разговорную речь. Мы часто слышим: мы живем в век космоса[1]. А все ли знают, что такое космос?

Бесконечная пустыня с огненными шарами гигантских звезд и движущимися вокруг них большими и малыми планетами. Таким было прежнее представление о космосе. В действительности космическое пространство наполнено и пронизано различными излучениями, потоками частиц, метеорным веществом, гравитационным и магнитным полями.

Звезды образуют гигантские системы, называемые галактиками, так что наша Галактика не единственная звездная система. Наблюдения и расчеты для видимой части Вселенной (Метагалактики) показывают, что число галактик более 10^{10}. Огромные расстояния разделяют галактики.

В астрономии не имеет смысла измерять расстояния в привычных нам километрах. Расстояния настолько большие, что всякая наглядность просто теряется. Поэтому астрономы используют другие единицы измерения: астрономическую единицу, световой год и парсек. Астрономическая единица (1 а. е.) равна среднему расстоянию от Земли до Солнца — 150 млн. км. Световой год (1 св. год) — расстояние, проходимое световым лучом за год

[1] Космос — от греч. kosmos — мир, Вселенная.

(1 св. год = 6,324 • 10^4 а. е.). Расстояние до ближайшей к нам звезды Проксима Центавра из созвездия Центавра равно 4,3 св. года. И парсек (пк) — расстояние, с которого радиус орбиты Земли виден под углом, равным одной секунде (1 пк = 3,262 св. года).

Диаметр нашей Галактики около 30 кпк, и содержится в ней не менее 100 млрд. звезд. Расстояние, на котором находится наше Солнце от центра Галактики,—8—10 кпк. Расстояние до ближайших к нам галактик — до Большого и Малого Магеллановых облаков — около 52 и 63 кпк. А до ближайшей к нам галактики, похожей на нашу Галактику, туманности Андромеды, около 700 кпк (более 2 млн. св. лет). Расстояние до далеких галактик составляет более 1 млн. кпк (более 3 млрд. св. лет).

Последние годы ознаменовались открытием новых загадочных объектов — квазизвездных радиоисточников. Им дали сокращенное имя — квазары. Как источники радиоизлучений они очень мощные, хотя оптически тождественны весьма слабым объектам звездообразного типа. Квазары находятся где-то у сегодняшних границ наблюдаемой нами части Вселенной (Метагалактики) и очень быстро от нас удаляются. Так, квазар 3С-9 удален от нас на 10 млрд. св. лет. И удаляется со скоростью 240 000 км/с (как видите эта скорость составляет 0,8 скорости света). Приходящий от него свет покинул источник, когда Солнечная система вообще не существовала. По одной из гипотез квазар — это необычайно гигантская сверхзвезда, ядро возникающей новой галактики.

Человечество издавна пыталось разрешить вопрос: как и когда возник окружающий нас мир, Вселенная?

Наука раскрыла многие тайны вещества и энергии, пространства и времени.

В последнее время появились и экспериментальные данные, позволяющие представить величественную картину эволюции Вселенной.

СОЛНЦЕ — ГЛАВА ПЛАНЕТНОГО СЕМЕЙСТВА

Солнечная система состоит из центрального светила — Солнца, девяти больших планет (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон) (см. передний форзац) с их спутниками, более 2000 известных малых планет, сотен комет, более 50 метеорных роев, бесчисленного множества рассеянных в межпланетном пространстве метеорных тел. Солнечная система движется в Галактике почти по эллиптической орбите с довольно большой скоростью, достигающей в настоящее время 300 км/с. Период полного обращения Солнца вокруг центра Галактики составляет примерно 200 млн. лет.

Все планеты обращаются вокруг Солнца в общем для них направлении — против часовой стрелки. И Земля в этом отношении не исключение. Да и сама она вращается вокруг своей оси в этом же направлении.

Под размером Солнечной системы обычно понимают диаметр того почти кругового пути (орбиты), который описывает около Солнца самая далекая из известных планет — Плутон. Этот диаметр больше диаметра орбиты Земли примерно в 40 раз.

Земля вращается вокруг Солнца также по эллиптической орбите. Строго говоря, вокруг Солнца движется центр тяжести системы Земля — Луна. Среднее расстояние от Солнца равно 150 000 000 км, а средняя скорость ее движения по орбите около 30 км/с. Полный оборот вокруг Солнца Земля совершает в течение 365, 256 средних солнечных суток. Это так называемый *звездный* или *сидерический год*.

Ближайшая к Солнцу планета, которая быстрее других перемещается по небосводу, получила название Меркурий — в честь посланца богов, покровителя торговли и путешественников бога Меркурия. Наиболее яркая планета, превосходящая по своему блеску все светила, была названа Венерой — в честь богини красоты. Имя одного из почитаемых в Древнем Риме богов — Марса, бога войны, было дано планете, имеющей красновато-оранжевый цвет, напоминающий пламень пожаров. Величавая и яркая планета-гигант в честь верховного бога была названа Юпитером. Тусклый, пепельно-серый цвет самой дальней из видимых невооруженным глазом планет побудил людей дать этой мрачной планете имя Сатурна — бога смерти.

Когда был изобретен телескоп и с его помощью удалось увидеть на небе еще три новые планеты, то и им по традиции дали имена из древнегреческой мифологии. Открытая в 1781 г. основателем звездной астрономии Вильямом Гершелем планета была названа Ураном. Планету, открытую в 1846 г. немецким астрономом Галле, было предложено назвать Нептуном. А имя владыки подземного царства — Плутона присвоили планете, обнаруженной в 1930 г. астрономом Клайдом Томбо.

Около 150 млн. км отделяют нас от Солнца. «Вечно горящий океан», как называл его М. В. Ломоносов, не так уж далек. С химической точки зрения Солнце предельно просто: примерно на 74% оно состоит из водорода и на 23,3% — из гелия. В ходе непрерывно действующих ядерных реакций водород в недрах Солнца преобразуется в гелий, при этом развивается температура более 15 млн. градусов.

По мере удаления от центра Солнца температура и плотность солнечных газов непрерывно падают. Следует отметить, что вся энергия, излучаемая Солнцем в окружающее пространство, выходит из сравнительно тонкого газового слоя толщиной около 300 км, именуемого *фотосферой*.

Этот наружный слой мы и наблюдаем в виде ослепительного, с резким краем диска Солнца. Температура в фотосфере около 6000°С, и в направлении к центру Солнца она увеличивается (рис. 1).

Выше фотосферы располагается следующий слой Солнца — *хромосфера*. Она в виде яркого, имеющего розовый цвет ободка видна во время солнечных затмений — вокруг темного диска Луны. Толщина хромосферы около 14 000 км. Плотность вещества в хромосфере быстро падает с высотой, а температура увеличивается.

Солнечная корона является самой внешней и самой протяженной оболочкой Солнца. В виде светлого ореола она наблюдается при полном солнечном затмении.

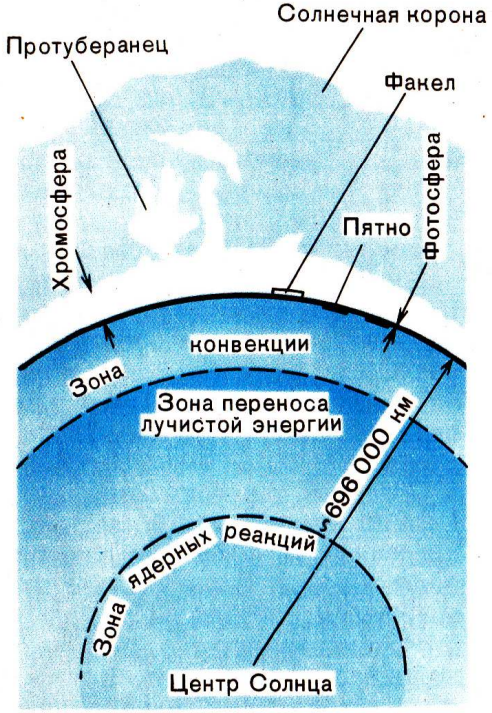


Рис. 1. Схема строения Солнца.

Энергия, ежесекундно излучаемая Солнцем, огромна (около $4 \cdot 10^{23}$ кВт). Наша Земля получает около миллиардной доли этого энергетического потока, и все же это несравненно больше того, что вырабатывают все энергетические системы мира.

Поток солнечной энергии, ежеминутно падающий под прямым углом на поверхность площадью 1 м^2, расположенную на расстоянии 150 млн. км от Солнца, называют *солнечной постоянной*.

За пределами атмосферы солнечная постоянная составляет около 1 400 Вт/м^2. Этой энергии достаточно, чтобы, например, нагреть до точки кипения ледяную воду объемом 12 л.

Воздушная оболочка играет роль фильтра, пропуская к поверхности Земли солнечное излучение длиной волны от 0,29 до 4,0 мкм (оптическое окно). На рисунке 2 показан спектр излучения Солнца вне атмосферы и на уровне моря. У поверхности Земли поток солнечного излучения уменьшается примерно на 50% (25% отражается атмосферой и столько же поглощается ею).

В срезаемой атмосферой части солнечного спектра находятся ультрафиолетовые лучи, рентгеновские и гамма-лучи, а также излучение, состоящее из заряженных частиц, образующихся при внутриядерных реакциях: альфа-частиц, бета-

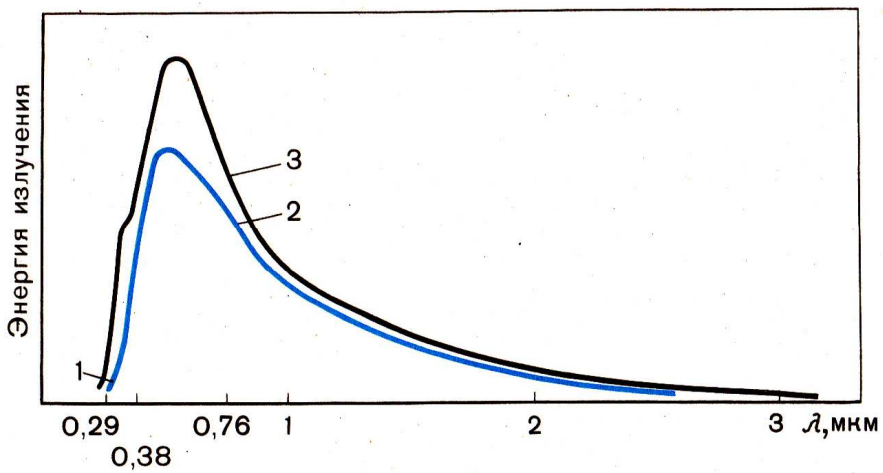


Рис. 2. Распределение энергии в солнечном спектре

1 — граница биологического действия ультрафиолетовых лучей Солнца; 2 — спектр Солнца на уровне моря; 3 — спектр Солнца вне атмосферы.

частиц, протонов, нейтронов и т. д.

В энергетическом отношении срезаемая часть солнечного спектра (короче 0,29 мкм) имеет сравнительно малое значение. Но с биологической точки зрения ее роль огромна. Большие дозы ультрафиолетовых лучей вызывают ожог кожи и повреждение глаз, могут привести к тяжелым заболеваниям.

Рентгеновские, гамма-лучи и элементарные частицы оказывают на человека ионизующее действие, в результате чего возникает лучевая болезнь.

Мерой ионизующего действия является поглощенная энергия излучения единицей массы вещества. Эта единица получила название — рад. Таким образом, рад — поглощенная доза ионизующего излучения, при которой облучаемое вещество массой 1 кг поглотит 0,01 Дж энергии[1].

Оказывается, что степень поражения живой ткани ионизующей радиацией зависит не только от полученной дозы излучения, но и от того, какова природа этого излучения.

Ионизующая способность альфа-частиц, протонов и нейтронов огромна. Попадая в организм человека, они оказывают примерно в 10 раз большее поражающее действие, чем такая же доза гамма-лучей или электронов.

Для того чтобы учесть действие на человека различных видов излучений, принята единица — *бэр*. Таким образом, дозы, выраженные одинаковым числом бэр, вызывают одинаковый биологический эффект.

Доза облучения, полученная человеком в космическом полете,

[1] Единицей поглощенной дозы в системе СИ служит грей (сокращенно Гр). Это доза, поглощенная телом массой 1 кг, соответствующая поглощенной энергии ионизующего излучения 1 Дж. Соотношение между единицами поглощенной дозы: 1 Гр=100 рад.

регламентирована «Временными нормами радиационной безопасности» (ВНРБ-75), утвержденными Министерством здравоохранения СССР. Так, например, при полете в течение месяца нормативный уровень общего облучения не должен превышать 50 бэр и соответственно 150 бэр, если полет продолжается в течение года.

Излучения при солнечных вспышках. «Взирая на Солнце, прищурь глаза свои, и ты смело разглядишь на нем пятна»,— советует Козьма Прутков. Однако его совет не всегда годится. Иногда лик Солнца чист и ясен. Зато в другое время он действительно покрывается странными пятнами.

Исследователи XX в. установили, что пятна, несмотря на то что кажутся черными, очень горячие. Их температура около 4000°С. Черные же они оттого, что мы их видим рядом с более горячей частью Солнца, температура которой на 2000°С выше.

Таким образом, пятно — это охлажденное солнечное вещество, так сказать оазис в сверхжаркой солнечной пустыне.

Солнечные пятна — непостоянные образования. Их число и общая площадь периодически меняются каждые 11 лет. В годы минимума солнечной активности на Солнце пятен мало. Затем число пятен и их площадь растут, и в среднем через 4 года наступает максимум солнечной активности. После максимума начинается спад солнечной активности, но более медленный, чем подъем, и в среднем через 7 лет вновь наступает год минимума. Таким образом, от максимума до максимума (или от минимума до минимума) проходит примерно 11 лет. Иногда пятна живут всего несколько часов, но бывает и так, что они не исчезают на протяжении нескольких недель и даже месяцев. Чем пятно больше, тем оно дольше живет.

Но пятна еще не самое красивое зрелище. Более впечатляюще выглядят огромные выбросы солнечного вещества, причудливыми языками взметнувшиеся на высоту в сотни тысяч километров!

Не спокойны и верхние видимые слои Солнца. В них также время от времени происходят бурные процессы — гигантские вспышки.

Вспышка — это колоссальное, длящееся около часа извержение; это термоядерные взрывы, возникающие благодаря разогреву солнечного вещества.

При каждой вспышке наше светило выбрасывает в космос потоки частиц высокой энергии, излучает ультрафиолетовые и рентгеновские лучи. Электромагнитное излучение доходит до Земли за 8—9 мин. Потоки же частиц, состоящие в основном из протонов и альфа-частиц, достигают нашей планеты только через несколько суток.

От ионизующего излучения и заряженных частиц нас защищает магнитное поле Земли и толстый щит атмосферы. А каково космонавтам, которые совершают полеты за пределами атмосферы и геомагнитных полей?

РАДИАЦИОННЫЕ ПОЯСА ЗЕМЛИ

Запуская в космос первые искусственные спутники Земли (ИСЗ), ученые понимали, что велика вероятность встречи с неожиданным. Предсказания специалистов оправдались... Приборы, установленные на втором искусственном спутнике Земли, запущенном в ноябре 1957 г., зарегистрировали интенсивную радиацию. Это явление в последующие годы было исследовано и было установлено, что в экваториальной плоскости земной шар окружен двумя, сравнительно четко отделенными друг от друга поясами, густозаселенными заряженными частицами, попавшими в его магнитную ловушку.

Что верхние слои атмосферы, начиная с 60 км, насыщены заряженными частицами, было хорошо известно и ранее. Не зря эти слои получили название ионосферы. О заряженных частицах знали, но не имели представления об их упорядоченном движении.

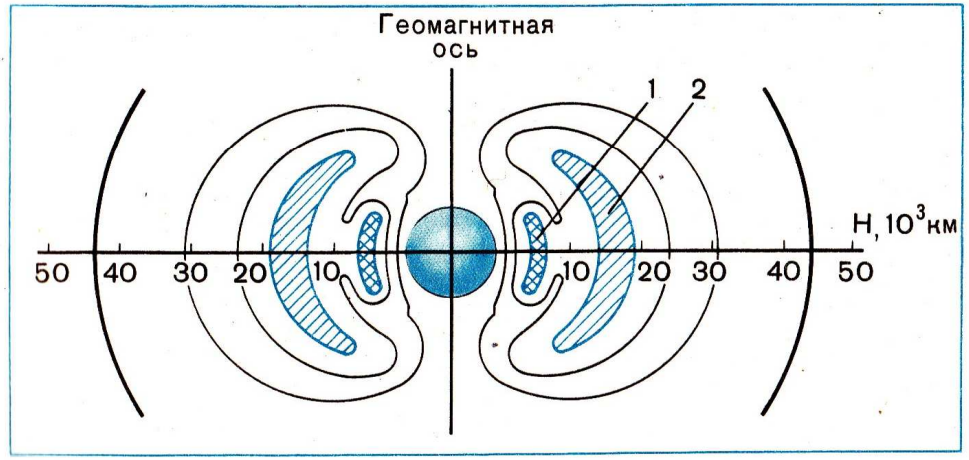
Внутренний пояс радиации начинается на высоте 500—1500 км от поверхности Земли и простирается ввысь до 10 000 км. Заполнен он протонами высоких энергий (максимальная их концентрация приходится на высоту 3500 км) и электронами.

Внешний пояс радиации состоит из электронов высоких энергий и протонов. Он расположен на расстоянии от 10 000 до 50 000 км, максимальная концентрация электронов приходится на высоту 17 000 км (рис 3).

Длительные полеты на высотах, расположенных ниже радиационных поясов, безопасны. При полетах в зоне поясов радиации от ионизующего излучения человека защищает оболочка корабля.

Когда протоны внутреннего

Рис. 3. Схема радиационных поясов Земли.
1 — внутренний пояс; 2 — внешний пояс.



радиационного пояса врезаются в оболочку космического корабля, они, естественно, частично теряют свою энергию и попадают внутрь кабины значительно ослабленными. С другой стороны, протоны вызывают в оболочке корабля сложные ядерные реакции, в результате которых возникают нейтроны и гамма-лучи, добавляющие свою дозу в облучение космонавтов.

Действие электронов внешнего радиационного пояса еще опаснее. Внутрь кабины они проникнуть не могут — их пробивная сила для этого недостаточна. Но, тормозясь в оболочке корабля, они рождают при этом очень вредное тормозное рентгеновское излучение. Оно-то и может доходить до космонавтов и серьезно угрожает их здоровью.

ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗ ГЛУБИН ГАЛАКТИК

Всего лишь несколько лет назад при описании строения Галактики редко упоминались космические лучи. Но в настоящее время выяснилось, что космические лучи наряду со звездами и планетами являются важной составной частью Галактики. Возникла новая область астрофизики — астрофизика космических лучей.

В отличие от видимого света, ультрафиолетовых лучей и других видов электромагнитных излучений, Галактические космические лучи (ГКИ) — это потоки быстрых заряженных частиц (протонов, ядер различных элементов, электронов). Отличительная черта космических лучей — огромная энергия, которой они обладают. Например, в космических лучах встречаются частицы, энергия которых достигает 10^{20} эВ. В земных условиях невозможно получить частицы столь больших энергий.

Космические лучи могут возникать в результате многочисленных процессов, происходящих в Солнечной системе, в Галактике и за пределами Галактики. Безусловно, что некоторое количество космических лучей образуется при хромосферных вспышках на Солнце. Но это примерно 1% космических лучей, достигающих Земли. Основное количество космических лучей в нашей Галактике скорее всего возникает при взрывах сверхновых звезд.

До поверхности Земли первичные космические лучи не доходят, так как им приходится вступать в многократные взаимодействия с частицами, из которых состоит атмосфера Земли. В этих процессах первичные частицы космических лучей растрачивают свою энергию. Поэтому даже на горных вершинах интенсивность космических частиц ничтожна и их ионизующее действие на организм человека мало — 0,01 бэр в сутки.

В открытом космическом пространстве доза радиации от космических лучей составляет примерно 0,2 бэр в сутки. Это также сравнительно малая

величина, но если экспедиция к Марсу продолжается более 3 лет, то за это время космонавты могут получить большую дозу радиации.

Теперь, ознакомившись с радиационной обстановкой в околоземном космическом пространстве, можно сделать такие выводы:

— полеты, совершаемые ниже радиационных поясов и в период «спокойного Солнца», не представляют опасности для космонавтов. Так, например, приборы, установленные на борту орбитальной станции «Салют-6», показали, что в течение 175-суточного полета суммарная доза облучения, которую получили космонавты В. А. Ляхов и В. В. Рюмин, была весьма мала и не превышала 7 бэр за полет;

— однако во время длительных полетов, совершаемых выше радиационных поясов, экипаж нужно защитить от действия ГКИ и излучений, возникающих при солнечных вспышках.

АТМОСФЕРА — ЩИТ ЗЕМЛИ

Многим обязаны мы окружающей нас атмосфере. При отсутствии атмосферы жизнь на Земле была бы невозможна. Содержащийся в атмосфере кислород необходим для жизнедеятельности любого организма. Не будь атмосферы, земная поверхность, не обращенная к Солнцу, охлаждалась бы до —160°С, а под палящими солнечными лучами она нагревалась бы до +100°С. Именно такие условия существуют на Луне.

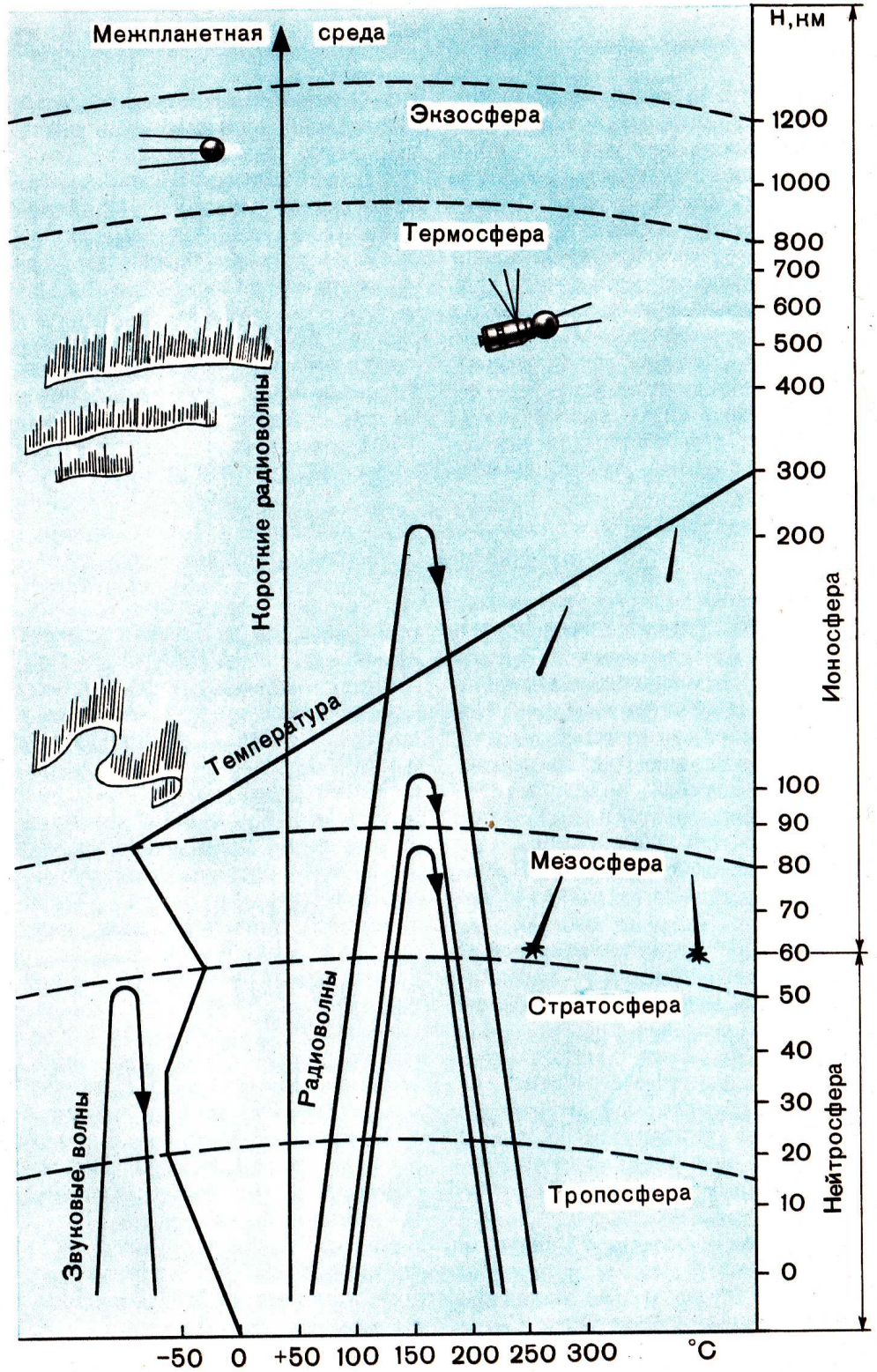
Атмосфера укрывает Землю как бы теплым одеялом. Но это особое одеяло. Оно пропускает солнечные лучи, но ночью предохраняет Землю от теплового излучения. Мы живем на Земле как бы внутри гигантского термоса, пропускающего энергию в одну сторону и почти не пропускающего в другую.

Без атмосферы не существовало бы звука: мы не могли бы ни говорить, ни слышать. Голубой цвет неба, яркая гамма красок при восходе и заходе Солнца — всем этим мы обязаны земной атмосфере. Однако когда мы собираемся совершить полет в окружающее космическое пространство, то она не помогает, а мешает. Куда бы ни направился космический корабль, он должен пробить «щит Земли» — атмосферу, преодолеть сопротивление, которое оказывает воздух его движению.

Что же представляет собой атмосфера?

Основными составными частями атмосферного воздуха являются кислород и азот. Наибольшая плотность воздуха у земной поверхности 1,22 кг/м^3. С высотой плотность воздуха и соответственно его давление уменьшаются. Так, на высоте 40 км плотность равна $4 \cdot 10^{-3}$ кг/м^3, а на высоте 100 км — 10^{-7} кг/м^3.

В зависимости от температуры атмосферу условно делят на



тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и *экзосферу*. Поднимающаяся ракета проходит температурные слои атмосферы, подобно альпинисту, пересекающему различные климатические зоны при высокогорном восхождении (рис. 4).

По электрическим характеристикам атмосферу делят на *нейтросферу* и *ионосферу*. Это деление основано на распределении в атмосфере электрически заряженных частиц газов. В нижней части атмосферы, простирающейся примерно до высоты 50—60 км, преобладают нейтральные частицы. Эту область атмосферы называют нейтросферой.

На высотах более 60 км расположена ионосфера. В ней содержится множество свободных заряженных частиц — электронов и ионов. На высоте 300—400 км электронная концентрация достигает максимального значения.

ПРИШЕЛЬЦЫ ИЗ КОСМОСА

Межпланетный корабль встретится на своем пути не только с потоками ионизующих излучений и элементарных частиц. В космическом пространстве его могут «обстрелять» каменные или железные «снаряды».

Что же это за снаряды? Это так называемые метеорные тела[1]. Родиной большинства из них является Солнечная система, но некоторые попали к нам из других звездных миров.

Среди этих тел есть громадные обломки некогда существовавших планет и ничтожно малые частички — микрометеориты и космическая пыль. По составу метеорные тела разделяются на каменные, железные и железокаменные. Химический состав каменных метеорных тел напоминает состав земных горных пород.

Метеорные тела, движущиеся в межпланетном пространстве, невидимы с Земли, так как отражают слишком мало солнечного света. Подавляющее большинство всех метеорных тел движется по эллиптическим орбитам в основном в том же направлении, в каком происходит вращение Солнца и обращение вокруг него всех планет.

Метеорные тела бывают изолированные (спорадические), путешествующие в гордом одиночестве, а встречаются и целые потоки — рои.

[1] *Метеорное тело* (вещество) — осколок твердого космического вещества, движущийся в космическом пространстве.

Метеор — световое явление в земной атмосфере, наблюдаемое при проникновении в нее метеорного тела.

Метеорит — остаток метеорного тела, выпавший на Землю.

Микрометеорит — частица общим диаметром менее 1 мм.

Космическая пыль — окончательно раздробленное вещество, размер частиц которого в поперечнике составляет несколько микрон или даже долей микрона.

← Рис. 4. Атмосфера Земли.

Когда Земля пересекает метеорный поток, «камешки» самых разных размеров попадают в ее атмосферу. Под действием сил сопротивления воздуха они раскаляются, дробятся и распыляются, не достигая Земли. При этом кинетическая энергия метеорного тела преобразуется во внутреннюю энергию раскаленных газов, которые образуют светящийся след «падающей звезды».

Свечение метеоров в основном происходит на высотах от 130 до 50 км. Земной поверхности достигают немногие из них — лишь самые крупные. Чтобы уменьшить опасность встречи метеорного потока с космонавтами, ученые постоянно изучают их и ведут за ними наблюдение.

Удар метеорного тела может привести к повреждению конструкции космического корабля, возникновению пожара, а также к разгерметизации кабины. Столкновение с мелкими частицами может вызвать повреждение наружной поверхности корабля и изменение ее оптических свойств. Чем больше площадь корабля и время полета, тем вероятнее встреча с частицей, способной пробить обшивку.

Традиционный вопрос: может ли космический корабль столкнуться в полете с метеорным телом?

Традиционный ответ: в принципе может, но вероятность этого чрезвычайно мала.

— А случалось ли хоть раз, чтобы датчики регистрировали факт ощутимого попадания метеорного тела?

— Случалось. Правда не на околоземных, а на более дальних орбитах.

В 1963 г. с метеорным потоком встретилась наша станция «Марс-1» на удалении более 20 млн. км от Земли. Но особенно не повезло американской межпланетной станции «Маринер-4». Ей пришлось встретиться с неизвестными метеорными потоками дважды. Первая встреча произошла в сентябре 1967 г., когда в течение 7 мин было зарегистрировано 17 ударов. Но более серьезное испытание произошло примерно через три месяца. Станция попала в мощный метеорный поток и находилась в нем несколько суток. На нее обрушились сотни ударов. Под действием этой бомбардировки была нарушена ориентация станции и связь с ней.

Но если так, то само собой возникает опасение: а вдруг? Расчеты показывают, что вероятность сколь-нибудь неприятной встречи оценивается для орбитальных кораблей и станций так: встреча с метеорным телом, способным пробить обшивку, может произойти один раз в течение 50—100 лет.

Для решения проблем, возникающих при встрече с метеорными телами, большое внимание уделяется исследованию явлений, возникающих при ударе. В настоящее время имеется несколько теорий, объясняющих действие удара частицы, двигающейся с большой скоростью. Созданы также установки, позволяющие проводить испытания в наземных условиях.

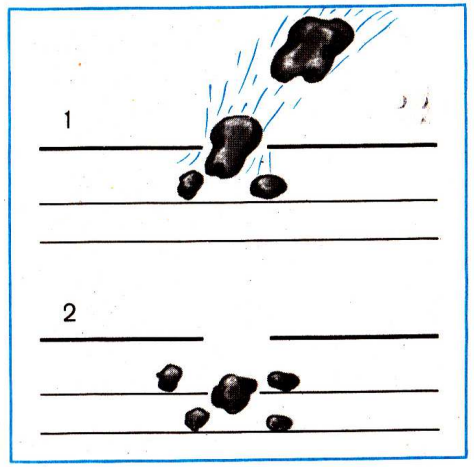


Рис. 5. Удар метеорного тела.

1 — наружная обшивка корабля пробита; 2 — вторая обшивка корабля задерживает осколки.

Что же показали эти эксперименты?

Оболочка корабля должна быть многослойной. Метеорное тело при ударе о первый слой мгновенно нагревается и распадается на более мелкие осколки. Второй оболочке уже приходится противостоять частицам, обладающим меньшей массой и скоростью (рис. 5).

Железное метеорное тело способно пробить стальную оболочку корабля даже в том случае, когда толщина ее в 5—6 раз больше диаметра этого тела. Для каменных метеорных тел оболочка оказывается непробиваемой, если ее толщина будет в 2 раза больше диаметра «камешка».

Конечно, не всякое столкновение приведет к катастрофе. Образовавшуюся пробоину можно закрыть пластырем, можно также покрыть стенки кабины специальным составом, который способен затянуть отверстие.

Еще одно важное обстоятельство, которое необходимо учитывать. Пробой обшивки космического корабля таких размеров, как «Салют», не приведет к немедленной разгерметизации жилых отсеков. При образовании отверстия размером около 2 мм^2 запаса воздуха хватит на сутки, а пробоина в 6 мм^2 оставляет в резерве 9 ч. Щель в 40 мм^2 позволяет космонавтам надеть кислородные маски или скафандры, дав в их распоряжение 1—1,5 ч.

КОСМИЧЕСКИЕ СКОРОСТИ

По закону всемирного тяготения, открытому Ньютоном, все тела притягиваются друг к другу с силой, модуль которой прямо пропорционален произведению их масс и обратно пропорционален квадрату расстояния между ними. Чем больше масса тела, тем сильнее оно притягивает окружающие предметы. С увеличением расстояния от земной поверхности сила тяжести уменьшается. Так, на расстоянии одного радиуса от поверхности Земли сила тяжести уменьшается в 4 раза, а на расстоянии трех радиусов в 16 раз.

Луна имеет меньшую массу и размеры по сравнению с Землей, поэтому сила притяжения там меньше и составляет 1/6 земного притяжения. Тело,

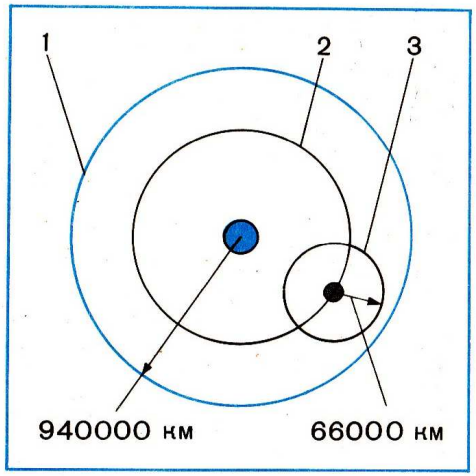


Рис. 6. Сфера притяжения Земли.
1 — граница сферы действия Земли; 2 — орбита Луны; 3 — сфера действия Луны.

на которое со стороны Земли действует сила притяжения в 720 Н, будет притягиваться к Луне с силой в 120 Н. На самой большой планете Солнечной системы — Юпитере сила притяжения больше, чем на Земле, в 2,5 раза.

Так как силами тяготения взаимодействуют все тела, то тело, находящееся в поле тяготения Земли, одновременно притягивается и к Луне. Силы, с которыми тела притягиваются к Земле и к Луне, зависят от их расстояния соответственно до Земли и Луны. Поэтому существует точка, где эти силы оказываются одинаковыми по модулю. Она находится примерно на расстоянии 66 000 км от Луны (рис. 6). При удалении тела на большее расстояние начинает преобладать сила притяжения к Земле и тело будет падать на Землю.

Чтобы сообщить неподвижному телу некоторую скорость, мы должны его бросить или толкнуть. Чем больше сила толчка, тем больше и скорость тела. Используя кинетическую энергию, приобретенную при разбеге, и упругую силу мышц, спортсмен перепрыгивает через планку, установленную на высоте более двух метров. Пуля, выпущенная из винтовки, преодолевает расстояние в несколько километров, а снаряд из дальнобойного орудия — в несколько десятков километров.

А нельзя ли снаряду сообщить такую скорость, чтобы он смог попасть на Луну? Оказывается можно, но только для этого ему нужно сообщить очень большую скорость. А если мы хотим превратить какое-нибудь тело в искусственный спутник Земли (ИСЗ), что для этого надо?

Рассмотрим наиболее простой случай — спутник движется по круговой орбите вблизи поверхности Земли.

Известно, что для равномерного движения тела по окружности с некоторой скоростью v ему должно быть сообщено центростремительное ускорение

$$a=\frac{v^2}{R},$$

где R — радиус орбиты.

Центростремительное ускорение спутнику сообщает сила тяготения Земли

$$F=G\frac{Mm}{R^2}.$$

Здесь $G=6{,}67\cdot10^{-11}$ Н·м²/кг² — коэффициент пропорциональности, называемый *гравитационной постоянной*, M — масса Земли, а m — масса спутника.

По второму закону Ньютона ускорение спутника равно:

$$a=\frac{F}{m}=G\frac{M}{R^2}.$$

Следовательно,

$$\frac{v^2}{R}=G\frac{M}{R^2},$$

откуда

$$v=\sqrt{G\frac{M}{R}}.$$

Подставляя численные значения величин ($M\approx6\cdot10^{24}$ кг, $R=6{,}4\cdot10^6$ м, $G=6{,}67\cdot10^{-11}$ Н·м²/кг²), получаем:

$$v\approx7900\text{ м/с}=7{,}9\text{ км/с}.$$

Это так называемая *круговая* или *первая космическая скорость* (рис. 7).

Однако вблизи поверхности Земли двигаться с такой огромной скоростью тела́ не могут — этому мешает атмосфера. Искусственные спутники Земли и космические корабли выводятся на высоту не менее 150—200 км, где атмосфера настолько разрежена, что позволяет двигаться с космическими скоростями.

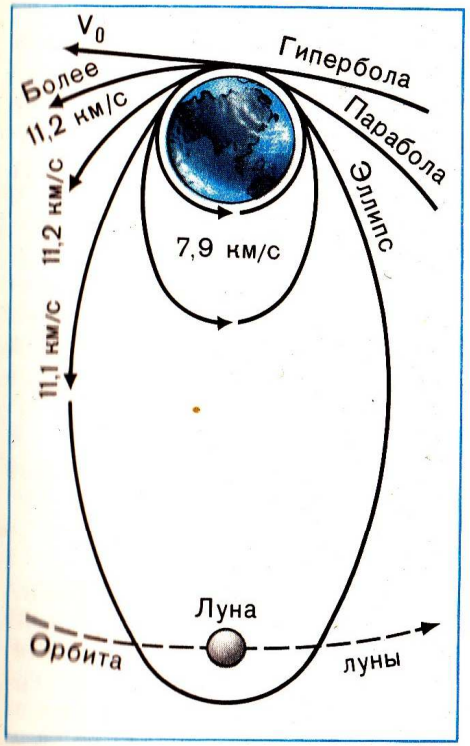


Рис. 7. Космические скорости.

На высоте 200 км ИСЗ может существовать около 40 суток. Затем начнется быстрое уменьшение скорости полета и потеря высоты. На высоте 300 км время полета спутника составляет около 500 суток, а на высоте 500 км — примерно 50 лет.

Из формулы

$$v=\sqrt{G\frac{M}{R}}$$

видно, что по мере увеличения радиуса орбиты скорость, которую надо сообщить телу, чтобы оно стало ИСЗ, уменьшается. Так, на высоте, равной радиусу Земли, скорость составляет около 5,6 км/с.

Если телу в горизонтальном направлении сообщить скорость, меньшую круговой, то оно не будет двигаться по орбите, а упадет на Землю. С увеличением скорости орбита спутника становится все более вытянутой, и, наконец, при скорости около 11,2 км/с тело будет двигаться по незамкнутой траектории — параболе, неограниченно удаляясь от Земли. Это так называемая *вторая космическая скорость*. Имея такую скорость, тело может передвигаться в пределах Солнечной системы. Но вылететь за ее пределы, даже при скорости, равной 11,2 км/с,

тело не сможет. Тело попадает в поле тяготения Солнца и превращается в его спутник — искусственную планету.

Можно ли преодолеть силу притяжения Солнца? Сможет ли когда-нибудь космический аппарат уйти за пределы Солнечной системы и улететь в безбрежные дали звездного пространства? Сможет. Но для этого надо будет перешагнуть через так называемую *третью космическую скорость,* равную 16,6 км/с. *Четвертая космическая скорость* — 360 км/с, и о движении с такой скоростью говорится пока только в фантастических рассказах. При этой скорости корабли Земли смогут проститься со своей Галактикой и отправиться к чужим архипелагам.

ВЕС ТЕЛА, НЕВЕСОМОСТЬ, ПЕРЕГРУЗКИ

Вес тела. Когда тело находится на горизонтальной плоскости, то на него действует сила тяжести и направленная в противоположную сторону реакция опоры, в результате чего возникает давление верхних частиц на нижние и соответственно знакомое всем ощущение веса.

Вес тела можно измерить, для этого достаточно подложить под опору пружину. Под действием силы тяжести пружина сожмется, и если мы знаем, какая сила нужна для такого сжатия, то тем самым узнаем и наш вес. Таким образом, весом называют силу, с которой тело действует на опору.

Сотни миллионов лет все живое формировалось, развивалось и приспосабливалось к миру земной тяжести. Уже в давние времена в организме животных образовались кости. Без костей животные расплющились бы, как мягкая медуза, вытащенная на берег из воды.

Все мышцы приспособлены к тому, чтобы двигать наше тело, преодолевая притяжение Земли. У сердца мощная мускулатура, которая способна непрерывно перекачивать несколько килограммов крови. Все наши внутренние органы подвешены на прочных связках.

Невесомость. Итак, в человеке все приспособлено к условиям, в которых он живет на поверхности Земли. Но ведь во Вселенной могут быть и другие условия. Сила тяжести на различных планетах зависит от их массы. Мы уже говорили о том, что сила тяжести на маленькой Луне в 6 раз меньше, чем на Земле. Очевидно, в природе существуют места, где сила тяжести очень мала или вовсе отсутствует. Ведь любое небесное тело сильно притягивает только вблизи. А если от него удаляться, то оно притягивает все слабее и слабее.

Рассмотрим такой пример — полет космического корабля в мировом пространстве. Представим себе, что корабль состоит из разрозненных деталей. Можно утверждать, что если на корабль действуют одни лишь силы притяжения небесных тел, то скорости различных деталей и в дальнейшем будут одинаковыми. Отсюда следует, что и траектории отдельных деталей будут одинаковыми, т. е. детали не разойдутся в пространстве. Ясно, что и давление между деталями будет отсутствовать, т. е. будет отсутствовать характерный признак веса тела. Космонавт не будет давить на кресло, в котором он сидит. Мало того, предмет, помещенный внутри кабины (карандаш, выпущенный из пальцев космонавта), никуда не упадет. Таким образом, невесомость на космическом корабле возникает именно потому, что в свободном полете гравитационные силы имеют полную свободу проявления, но отсутствуют какие-либо внешние поверхностные силы — реакция опоры или подвеса, сопротивление среды. Наличие внешних поверхностных сил — обязательное условие веса. Из того, что было сказано, можно сделать такой вывод: космический корабль (или другое тело), свободно движущийся под влиянием одних лишь гравитационных сил, всегда находится в состоянии невесомости.

До первого полета человека в космическое пространство высказывались соображения, что человек не сможет перенести такое необычное состояние, как невесомость. Однако многие исследователи придерживались противоположного мнения, считая, что отсутствие веса не является препятствием к полету человека в космос.

Сердце должно действовать нормально, так как оно работает как насос, перегоняя кровь благодаря сокращению сердечных мышц. Питание в условиях невесомости также вполне возможно, ведь пища в желудочном тракте перемещается не под действием сил тяжести, а главным образом в результате сокращения мышц пищеварительного аппарата. Однако все эти соображения нуждались в строгой научной проверке, которая могла быть осуществлена только в полете.

Такая проверка состоялась 12 апреля 1961 г., когда первый в мире космонавт Юрий Алексеевич Гагарин совершил полет вокруг Земли. После выхода на орбиту он находился в состоянии невесомости около часа. Никаких неприятных ощущений Гагарин не отмечал. Без особых затруднений он принимал пищу, писал, вел необходимые наблюдения. Это были весьма важные сведения, которые были учтены в дальнейшем. Но, как показали последующие полеты, невесомость оказалась далеко небезобидной.

Человеческий организм, попадая в условия невесомости, начинает перестраиваться. Человек худеет, ноги его от бездействия слабеют. Да и не только ноги. Все тело становится дряхлым, как при долгом лежании в постели. Сердце работает с меньшей нагрузкой, так как ему приходится перегонять по жилам невесомую кровь. Мышцы работают мало.

Многие научные коллективы занимаются изучением действия невесомости на человека и поисками средств, помогающих устранять ее вредное влияние.

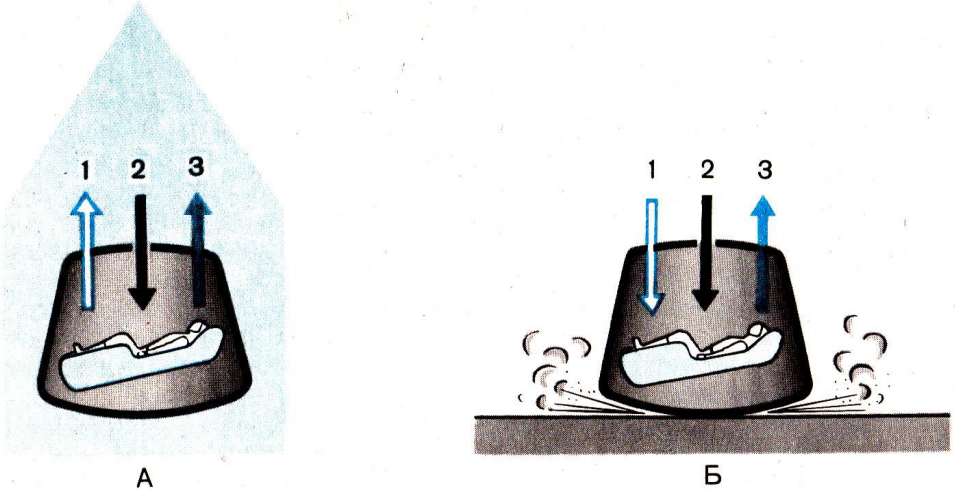


Рис. 8. Перегрузка направлена против ускорения.

А — взлет ракеты; Б — посадка (1 — скорость, 2 — перегрузка, 3 — ускорение).

Во-первых, космонавты должны побольше заниматься физкультурой. Во-вторых, были созданы специальные тренажеры и костюмы. О том, как устроены эти костюмы, будет рассказано в третьей главе.

Перегрузки. Пока скорость движения остается постоянной, другие тела, находящиеся на движущемся теле, не ощущают этого движения. Разве мы чувствуем, что непрерывно мчимся вместе с Землей со скоростью около 30 км/с. Другое дело, если скорость движения меняется по модулю или по направлению. Каждый по своему опыту знает, как неприятны большие ускорения. Вспомните ощущения, которые вы испытываете, когда автомобиль, в котором вы едете, вдруг резко трогается с места или тормозит. Чем быстрее разгоняется автомобиль, тем сильнее вы прижимаетесь к спинке кресла. Чем резче он тормозит при остановке, тем больше вы наклоняетесь вперед, стремясь оторваться от сиденья. Все происходит так, как будто бы на вас в ускоренно движущемся транспорте начинает действовать сила, прижимающая вас к сиденью или стремящаяся оторвать от него. Эту силу называют *силой инерции*. Сила инерции прижимает космонавта к спинке кресла, когда ракета начинает набирать скорость при взлете (рис. 8).

Для характеристики эффекта, возникающего при действии сил инерции, употребляется термин «перегрузка».

$$\text{Перегрузка} = \frac{\text{Сила инерции}}{\text{Вес тела}}.$$

Таким образом, под перегрузкой понимается величина, характеризующая отношение действующей на тело силы инерции к весу тела.

Вспомним роман Жюля Верна «Из пушки на Луну». Герои великого фантаста летели на Луну в снаряде, выпущенном из пушки. Но писатель ошибся. Ведь если бы даже героям Жюля Верна и удалось построить фантастическую пушку «Колумбиаду» с длиной ствола 300 м, то полет к Луне был бы все равно неосуществим. Путешественники неминуемо погибли бы.

Для того чтобы снаряд достиг Луны, его скорость в момент вылета из пушки должна быть более 11,1 км/с. Но для этого пороховые газы должны сообщить снаряду огромное ускорение,— в несколько тысяч раз превышающее ускорение свободного падения. Возникающие при этом силы инерции раздавили бы незадачливых астронавтов. Да и не только люди, но и все оборудование и приборы были бы разрушены.

Вот почему пушка как средство осуществления межпланетных полетов была отвергнута К. Э. Циолковским не только по техническим причинам, она не удовлетворяла и медико-биологическим требованиям. Для того чтобы летные характеристики космического корабля соответствовали физиологическим возможностям человека, возникающие перегрузки не должны превышать установленных нормативов.

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО У ПОВОРОТНОГО ПУНКТА

Все знают, каким великим подвигом была жизнь К. Э. Циолковского. «Основной мотив моей жизни,— писал он,— не прожить даром жизнь, продвинуть человечество хоть немного вперед. Вот почему я интересовался тем, что не давало мне ни хлеба, ни силы, но я надеюсь, что мои работы, может быть скоро, а может быть и в отдаленном будущем, дадут обществу горы хлеба и бездну могущества».

Вступление человечества в космическую эру было подготовлено всей его предшествующей историей. Это закономерный процесс развития производительных сил, объективно существующих законов развития общества на определенном этапе.

Развитие космических исследований — это накопление знаний, которые увеличивают экономическое могущество человека.

Уже в настоящее время космические аппараты широко используются в народном хозяйстве. Например, использование космической техники в системах связи существенно повысило ее эффективность, позволило связать между собой все уголки земного шара, объединить всех людей Земли в одну аудиторию.

Космическая система связи со спутниками на так называемой стационарной орбите высотой около 36 000 км обладает большими достоинствами. Со стационарной орбиты обеспечивается большая зона охвата поверхности. Один стационарный спутник может обеспечить круглосуточную связь между пунктами, удаленными друг от друга на расстояние около 17 000 км.

Но одним стационарным спутником невозможно обеспечить связь по всей территории Советского Союза, например

Камчатки и Чукотки с Москвой. Поэтому обратились к спутникам другого типа, которые обращаются вокруг Земли по сильно вытянутым эллиптическим орбитам с высотой апогея над Северным полушарием 40 000 км и перигея 500 км. Три таких спутника способны обеспечить круглосуточную связь на всей территории нашей страны, включая и полярные области.

Первый из них, «Молния-1», был выведен в космос в апреле 1965 г. Тогда это произвело сенсацию — жители Владивостока впервые смотрели военный парад и демонстрацию на Красной площади одновременно с москвичами.

Создание специальных спутников Земли, способных собирать необходимую для геологии информацию, позволило получить качественно новые данные о многих процессах, формирующих строение и состав нашей планеты. Космическое фотографирование может давать информацию для выявления полезных ископаемых. При этом доступной становится любая точка земной поверхности.

Очень много полезной информации от искусственных спутников Земли получает сельское хозяйство. Космические системы наблюдения за поверхностью Земли позволяют в масштабе всей нашей страны оперативно получать объективную информацию о климатических и погодных условиях, что так необходимо для развития земледелия и животноводства. Не представляет больших трудностей наблюдение за снежным покровом, вскрытием рек и паводками, температурой почвы. Принципиально возможно наблюдение из космоса за подготовкой полей к севу, за всходами посевных культур, их цветением, созреванием и уборкой.

Особую роль космические средства могут сыграть при охране лесов от пожаров.

Для дальнейшего развития народного хозяйства важно улучшить точность прогнозов погоды, предсказания землетрясений и основное — нужно уточнить строение недр региона, выявить новые районы, перспективные для поиска полезных ископаемых, нефти и газа. Изучение региона из космоса поможет планированию и осуществлению международных проектов, таких, как совместная разведка и эксплуатация источников минерального сырья, продуктов океана, рациональное совместное использование ресурсов рек, протекающих по территории нескольких государств (например, Дунай).

В ближайшие десятилетия людям Земли предстоит решать такие фундаментальные проблемы, как интенсивный рост народонаселения, истощение земных ресурсов, энергетический кризис.

Разрешить все эти проблемы в земных условиях практически невозможно. Космос должен дать человечеству жизненное пространство, вещество и энергию. Задачи, стоящие перед космонавтикой, способствуют созданию новых ракетно-космических средств для решения более сложных задач.

ЗАВОДЫ ВНЕ ЗЕМЛИ

Более трехсот лет назад профессор Флорентийского университета Эванджелиста Торричелли «получил» пустоту, или вакуум. Это открытие сыграло в технике огромную роль. Без изучения вакуума, без понимания его физики невозможно было создать двигатели внутреннего сгорания, не была бы создана электронная техника. И если вакуум, полученный на Земле, способствовал росту промышленности, то можно себе представить, какие возможности откроются при освоении безграничных просторов космоса.

Сначала робко, а затем все смелее человек стал обживать новую для себя стихию — космос. Теперь появились другие вопросы: нельзя ли заставить космос служить людям, создав там «космические заводы»?

Неограниченный источник энергии, каким является Солнце, делает эту идею особенно привлекательной. Оказалось, что лучи Солнца, сконцентрированные параболическим зеркалом, способны сваривать детали из нержавеющей стали, титановых сплавов и других металлов. Пока сделаны только первые шаги, а фантазия инженеров уже видит заводы на орбите.

В космосе открываются захватывающие перспективы — творить в совершенно иной среде, в условиях вакуума, мощных потоков излучения, идущего от Солнца, низких температур и невесомости. Сейчас еще трудно представить все преимущества этих факторов, но уже можно утверждать, что открываются поистине фантастические перспективы.

В земных условиях многие металлы при плавке получаются с примесями. В то же время в технике все больше возрастает потребность в сверхчистых материалах. Как же их получить?

В земных условиях металл можно «подвесить» в сильном магнитном поле. Под действием тока высокой частоты металл расплавляется и удерживается в магнитном поле. Но, к сожалению, так удается получить сверхчистый металл незначительной массы. Кроме того, этим способом удается переплавить далеко не все металлы.

В космосе, где царит невесомость, может «висеть» расплав больших размеров и массы. Здесь не надо ни тиглей, ни форм для литья. Последующие шлифовки и полировка будут не нужны. А плавить материалы можно либо при помощи солнечных печей, либо обычным нагреванием.

Производство стекла в космосе позволит не только получить абсолютно чистые, без примесей стекла, но и создать новые, с более высокими оптическими свойствами. Здесь нет ограничений в размерах. Можно изготовить линзы и зеркала для телескопов такими большими, что на Земле они просто треснули бы от собственной тяжести.

Земные условия не позволяют получать и большие, не имеющие дефектов полупроводниковые кристаллы. А дефекты — это снижение качества не только самих кристаллов, но и изготовленных из них приборов. Невесомость и космический вакуум обеспечивают получение кристаллов с нужными свойствами.

В условиях космического вакуума хорошо подогнанные зачищенные поверхности металлов способны «свариваться», образуя прочные соединения, т. е. осуществляется «холодная сварка».

Нашу планету окружает плотная атмосфера. Для нас, жителей Земли, этот щит играет немаловажную роль: он защищает нас от губительного излучения, космического холода, но он же и мешает технологам. Им приходится при помощи хитроумных насосов, ценой огромных усилий создавать вакуум.

На космических орбитах создавать вакуум нет необходимости — он здесь всегда в избытке. А значит, за бортом космической станции можно разместить оборудование для обработки материалов и создания новых, необходимых технике. Энергией снабдит Солнце.

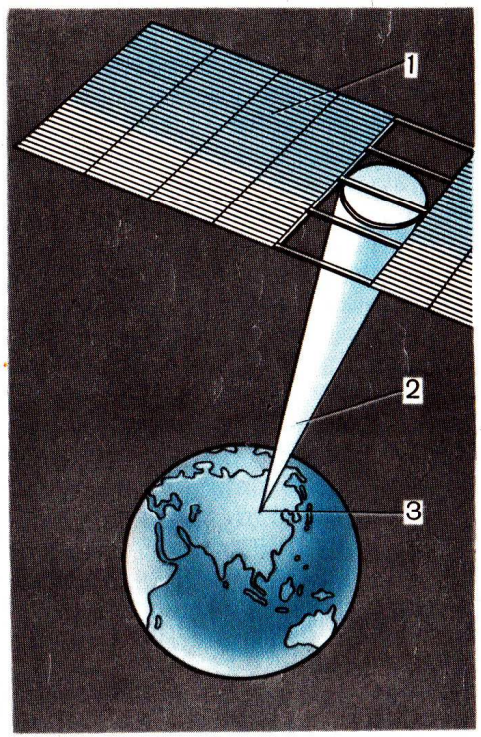
СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ

В южных районах нашей страны работают сотни небольших солнечных электростанций. Солнечная энергия используется, например, для нагревания воды и обогревания жилищ, для питания береговых маяков и бакенов, помогает осваивать пустыни. Правда, электрическая энергия, вырабатываемая солнечными электростанциями, дороже энергии, получаемой от тепло- и гидроэлектростанций. Это существенно сдерживает развитие наземной солнечной энергетики. Другое дело, если солнечные электростанции становятся космическими.

Сбор лучистой энергии Солнца в космосе, преобразование ее в электрическую и использование в народном хозяйстве имеют принципиальные преимущества по сравнению с улавливанием ее наземными установками. К ним относятся повышенный уровень солнечной радиации, возможность развертывания в космосе, в невесомости, сооружений больших размеров, минимальное влияние на окружающую среду.

Проектный облик солнечной космической электростанции (СКЭС) в настоящее время в основном определился. Это сооружения, не имеющие аналогов в истории космической техники.

Представим себе космическую электростанцию на расстоянии 36 000 км от Земли — на стационарной орбите. Такая станция может освещаться солнечными лучами более 99% времени. При этом поверхность фотоэлектрических батарей площадью 1 м^2 будет получать каждую секунду от Солнца около 1400 Дж энергии, и даже если только 18%



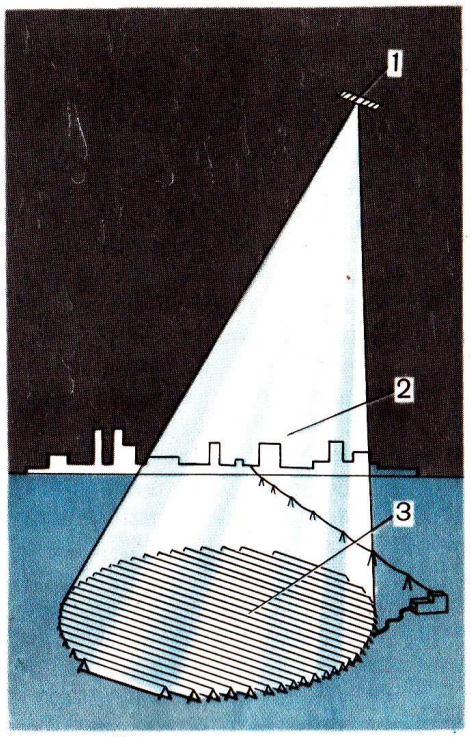


Рис. 9. Солнечная космическая электростанция.

1 — фотоэлектрические преобразователи солнечной энергии; 2 — высокочастотное излучение; 3 — приемник высокочастотного излучения на Земле.

энергии удастся преобразовать в электрическую, то солнечная космическая электростанция с двумя «крыльями» размером 6×4 км каждое будет иметь мощность 10 млн. кВт (рис. 9).

Фотоэлектрические генераторы могут быть выполнены в виде больших панелей, собранных из отдельных секций. На поверхность панелей наклеивается тонкая пленка специального вещества (например, монокристаллического кремния). Если на пластинку этого вещества направить солнечные лучи, то в ней возникает электрический ток. Таким образом, представляется возможность лучистую энергию Солнца превращать в электрическую энергию.

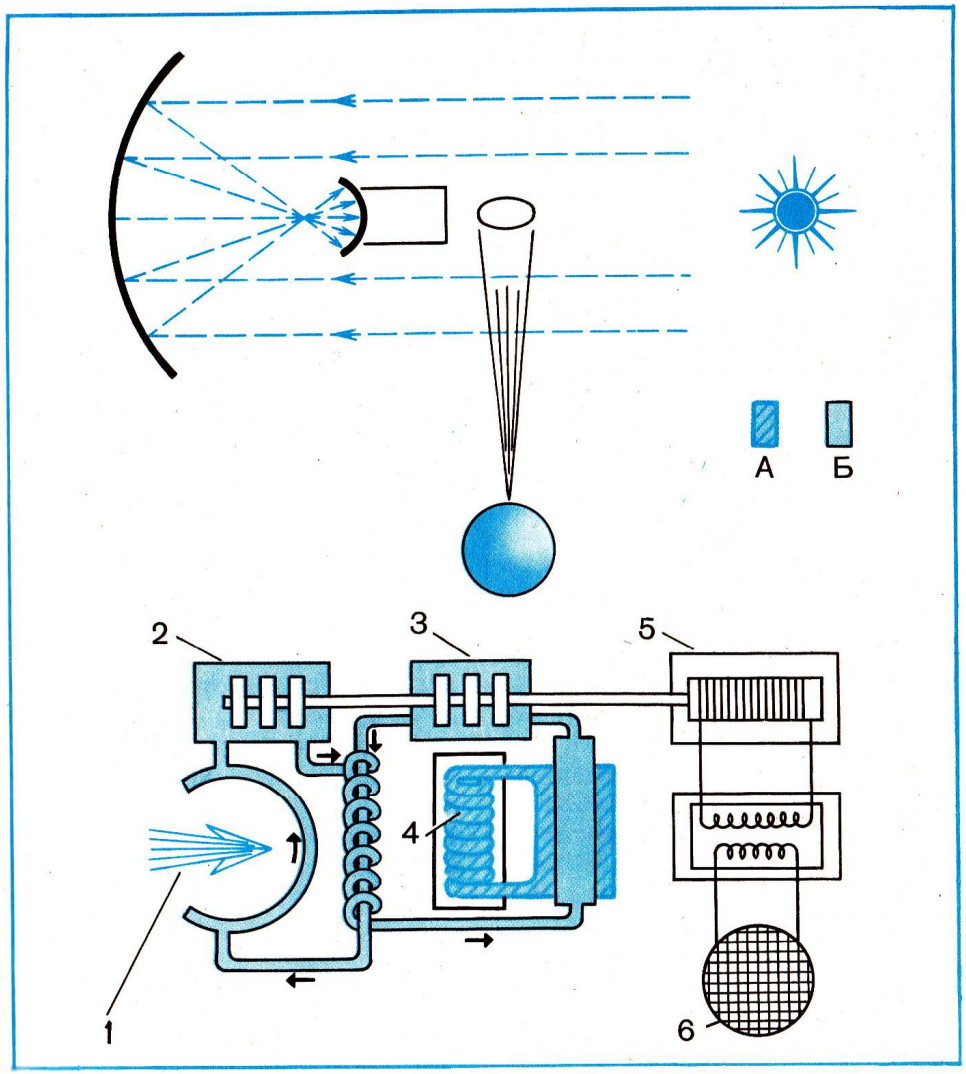
Специалисты подсчитали, что масса батарей площадью 48 км^2 составит примерно 50 000 т. Масса всего сооружения, включая панели солнечных батарей — 70 000 т.

Есть другой способ преобразования солнечной энергии в электрическую. Гигантскими зеркалами солнечные лучи можно собирать, концентрировать и мощные потоки энергии использовать для превращения жидкости в пар. А затем пар будет вращать турбину, с которой связан электрический генератор (рис. 10).

Освоенный в земных условиях турботепловой, или термодинамический, способ получения энергии не опробован в космосе, но расчеты показали, что с его помощью можно вырабатывать на одной космической электростанции электроэнергию мощностью до 10 млн. кВт. КПД турботеплового способа может быть доведен до 40% и более, что приводит к уменьшению поверхности солнечного концентратора. В результате

Рис. 10. Солнечная космическая электростанция с термодинамическим способом преобразования солнечной энергии в электрическую.

1 — солнечная энергия; 2 — турбина; 3 — компрессор; 4 — радиатор; 5 — генератор; 6 — излучатель; А — теплоноситель; Б — охлаждающая жидкость.



чего габариты солнечной электростанции уменьшаются.

Предположим, что мы сумели произвести электроэнергию в большом количестве. Но как передавать миллионы киловатт-часов на Землю?

Есть два способа беспроводной передачи больших мощностей на дальние расстояния: посредством либо лазерного луча, либо высокочастотного радиоизлучения. Наиболее реален, пожалуй, второй способ. На Земле монтируется чаша приемной антенны, которая примет ВЧ-излучение, преобразует его в обычный переменный ток и передаст потребителю.

Фантастика? Вовсе нет — проект, базирующийся на реальных расчетах и экспериментах.

Для сборки, развертывания, доставки на рабочие орбиты и обслуживания СКЭС потребуется создание специальных транспортных и сборочно-монтажных космических комплексов, а также мощных носителей, способных выводить на орбиту грузы массой от 100 до 500 т.

По-видимому, станцию целесообразно собирать на околоземной орбите, а затем смонтированную перевести на стационарную орбиту.

Для вывода на околоземную орбиту отдельных частей СКЭС потребуется много ракетного топлива, что неизбежно приведет к засорению атмосферы продуктами сгорания.

Одним из возможных путей преодоления трудностей является использование Луны и астероидов в качестве поставщиков строительного материала. По оценкам специалистов космическая электростанция на 90% может быть изготовлена из лунных и других внеземных материалов. В этом случае отпадает необходимость в выведении с Земли больших грузов, снимается проблема засорения атмосферы. Однако в космическом пространстве должны быть созданы эффективные системы добычи, переработки и транспортировки сырья, производственные и сборочные комплексы, что потребует в свою очередь создания больших орбитальных станций.

Существует еще принципиально другой способ разрешения основных проблем, мешающих широкому развитию космических энергетических систем. Идея этого способа заключается в том, что СКЭС создаются не у Земли, а в областях, приближенных к Солнцу, например, на расстоянии орбиты Меркурия (рис. 11). Если у Земли солнечная постоянная равна 1,4 кВт/м^2, то на расстоянии 0,1 а. е. от Солнца она равна 140 кВт/м^2. Это означает, что при выведении СКЭС на круговую орбиту вокруг Солнца радиусом около 15 млн. км солнечных батарей потребуется в 100 раз меньше, чем для электростанции, расположенной на геостационарной орбите. Энергия с космической электростанции на приемные наземные или орбитальные устройства может передаваться с помощью луча лазера. Достигнутые успехи в разработке сверхмощных лазеров непрерывного действия позво-

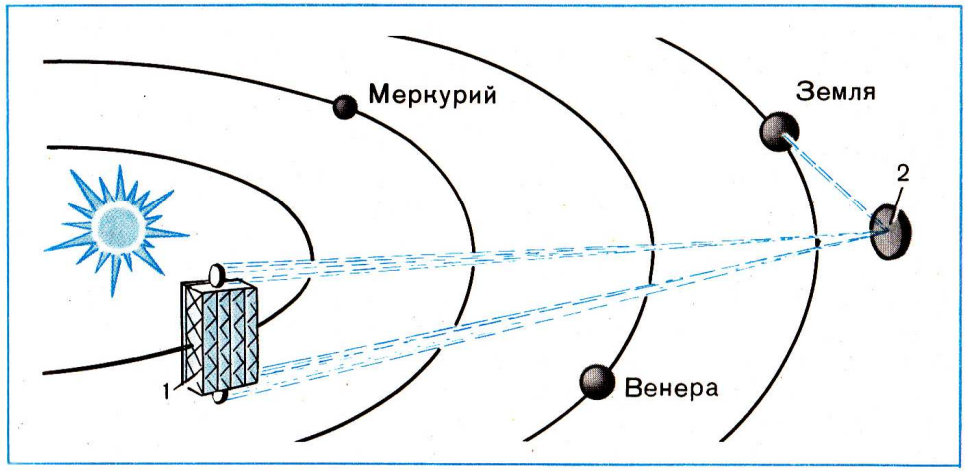


Рис. 11. Солнечная космическая электростанция на гелиоцентрической орбите.
1 — панель солнечной батареи;
2 — параболический отражатель высокочастотного излучения.

ляют рассчитывать на создание в будущем систем, обеспечивающих передачу и прием энергии на астрономических расстояниях. Трудности возникнут при организации ремонта и обслуживания удаленной от Земли электростанции, однако выгоды, которые при этом могут быть получены, весьма существенны.

Интерес представляет также предложение о вынесении приемных устройств с поверхности Земли в стратосферу, что позволит осуществлять эффективную передачу энергии в миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне волн. При этом резко сократятся размеры передающих и приемных антенн, существенно снизятся затраты на создание систем приема и передачи энергии. Подъем приемной антенны предполагается осуществить с помощью аэростатических аппаратов (дирижаблей) большой грузоподъемности, управляемых автоматически.

Итак, принципиальная схема космической электростанции ясна. С точки зрения техники можно было бы приступить к ее конструктивной разработке уже сегодня. Вопрос: нужно ли это делать? — упирается в экономические показатели СКЭС.

Капитальные вложения при строительстве тепловых и атомных электростанций близки, а конкретные числовые данные существенно зависят от места строительства, типа реактора, мощности энергоблоков. Ориентировочно удельные капиталовложения могут быть определены в пределах 200—400 руб./кВт. При этом стоимость электроэнергии, вырабатываемой АЭС, равна 0,8—1 коп./кВт. ч.

Если бы СКЭС стали строить при современном уровне техники, то капиталовложения возросли бы примерно в 200 раз. Таким образом, электроэнергия

современной СКЭС стоила бы в 200 раз дороже электроэнергии, получаемой от тепловых и атомных электростанций. Однако вывод относительно экономической нецелесообразности космической электростанции был бы преждевременным. Дело в том, что прогресс науки и техники может существенно изменить размер капиталовложений.

За последние 20 лет масса и стоимость солнечных батарей значительно снизились. Но именно стоимость солнечных батарей и их доставки на орбиту определяет стоимость СКЭС. Процесс удешевления не остановился — цена 1 $м^2$ полупроводниковых преобразователей может быть снижена еще в 10 раз. По прогнозам специалистов, КПД тонкопленочных батарей можно также существенно увеличить, изготавливая их из сульфида кадмия или арсенида галлия.

Таким образом, можно сделать вывод: создание солнечных космических электростанций представляет собой реализуемую задачу, на пути решения которой нет непреодолимых трудностей.

Многие ученые и специалисты скептически относятся к созданию СКЭС, считая их делом отдаленного будущего. Однако реальная действительность такова, что орбитальные электростанции уже через несколько десятилетий станут выгодным средством решения энергетической проблемы.

НА ОРБИТЕ ВОКРУГ ЗЕМЛИ

НАЧНЕМ С ИСТОРИИ

Существует много легенд и преданий о появлении ракет. Но имя первого творца ракеты неизвестно, как неизвестны имена людей, впервые создавших колесо, порох и многое другое. Первый фундаментальный труд «О боевых ракетах», принадлежащий перу К. И. Константинова, крупного военного специалиста, вышел в 1864 г. Проекты первых отечественных ракет на бездымном порохе были разработаны Н. И. Тихомировым в 1894 г.

Здесь нельзя не упомянуть о Н. И. Кибальчиче, авторе проекта летательного аппарата, приводимого в движение ракетным двигателем. Кибальчич, по существу, в 1881 г. предложил не ракетный двигатель, приспособленный к какому-либо существовавшему реально или в проекте летательному аппарату, а совершенно новый аппарат, прообраз современных пилотируемых космических средств, у которых тяга ракетных двигателей служит для создания подъемной силы, поддерживающей аппарат в полете.

История развития космонавтики и ракетной техники знает немало славных имен, но основоположником научной космонавтики считается великий русский ученый Константин Эдуардович Циолковский.

Уже в 1883 г. Циолковский высказал мысль о возможности использования реактивного движения для создания межпланетных летательных аппаратов.

В работе Циолковского «Свободное пространство» рассмат-

Н. И. Кибальчич

К. Э. Циолковский

ривается движение без силы тяжести, сопротивления воздуха и сил трения, описываются ощущения, которые ждут космонавтов в невесомости, предлагается принципиальная схема ракетного двигателя. Он пишет: «Положим, дана бочка, наполненная сильно сжатым газом. Если отвернуть один из ее кранов, то газ непрерывной струей устремится из бочки, причем упругость газа, отталкивающая его частицы в пространство, будет также непрерывно отталкивать и бочку».

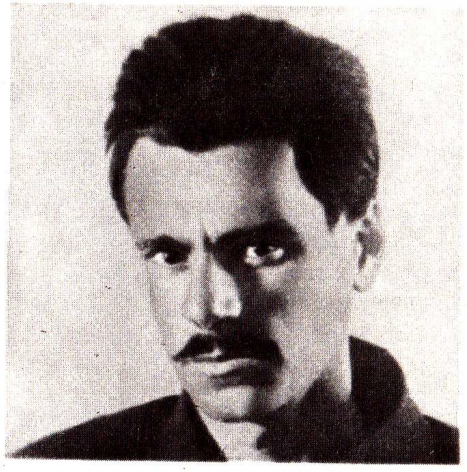
В 1893 г. Циолковский пишет научно-фантастическую повесть «На Луне» и вслед за ней в 1895 г. «Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения». В 1903 г. Циолковский публикует научную работу «Исследование мировых пространств реактивными приборами», в которой развивает и всесторонне обосновывает идею использования ракет для космических полетов.

В ряде других работ и, в частности, в работе «Космические ракетные поезда», опубликованной в 1929 г., К. Э. Циолковским изложены основы теории ракеты и ракетного двигателя на жидком топливе.

Расчеты, выполненные Циолковским, показали, что осуществление космического полета основано на реальных возможностях и является делом ближайшего будущего. В письме к редактору журнала «Вестник воздухоплавания» Константин Эдуардович писал: «...Человечество не останется вечно на Земле, но, в погоне за светом и пространством, сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околоземное пространство».

Достойным продолжателем идей Циолковского, энтузиастом межпланетных полетов был Фридрих Артурович Цандер. «Вперед на Марс!» — вот слова, символизирующие цель жизни Цандера.

Ф. А. Цандер



Ю. В. Кондратюк

В 1924 г. в журнале «Техника и жизнь» появилась первая печатная работа Ф. А. Цандера «Перелеты на другие планеты». В этой статье он изложил свою идею — сочетание ракеты с самолетом, с последующим сжиганием металлических частей самолета.

В декабре 1930 г. Ф. А. Цандер начал работать в Институте авиационного машиностроения (ИАМ), в 1931 г. приступил к постройке воздушно-реактивного двигателя ОР-1, а затем к постройке жидкостного ракетного двигателя ОР-2.

Двигатель ОР-1 развивал силу тяги до 1,5 Н. Он работал на бензине и сжатом воздухе, т. е. был воздушно-реактивным. Двигатель ОР-2 был более мощным. Развиваемая им сила тяги достигала 500 Н. Топливом был по-прежнему бензин, а окислителем — жидкий кислород. В 1932 г. была издана книга Цандера «Проблема полета при помощи реактивных аппаратов».

Следует рассказать также о талантливом изобретателе, ученом и механике Ю. В. Кондратюке. Он исследовал вопросы нагрева ракеты при полете ее в плотных слоях атмосферы, применение крыльев для взлета ракеты.

В 1929 г. вышла книга Ю. В. Кондратюка «Завоевание межпланетных пространств», некоторые разделы которой были написаны еще в 1916 г.

Основные проблемы и физические принципы межпланетных полетов Ю. В. Кондратюк изложил в труде «Тем, кто будет читать, чтобы строить». Работа над рукописью была начата в 1916 г. и закончена в 1919 г. В этой работе Кондратюк вывел основное уравнение движения ракеты оригинальным методом, отличавшимся от тех, которыми пользовались другие авторы. Дал принципиальную схему и описание четырехступенчатой ракеты, работающей на кислородно-водородном топливе. Весь-

Н. И. Тихомиров

В. П. Глушко

ма яркой и интересной является идея Кондратюка, также получившая ныне применение, — это использование гравитационного поля небесных тел как для разгона, так и для торможения космических объектов.

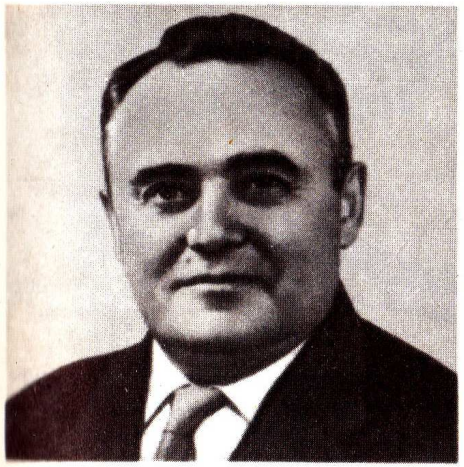
Определяющим фактором в осуществлении полетов в космическом пространстве является уровень развития ракетных двигателей. Скорость, приобретаемая ракетой, в первую очередь зависит от энергетических характеристик ее двигателей. Первая советская научно-исследовательская и опытно-конструкторская лаборатория по разработке ракетных двигателей и ракет основана в 1921 г. по предложению Н. И. Тихомирова. Впоследствии она стала называться газодинамической лабораторией (ГДЛ).

В мае 1929 г. в ГДЛ впервые в СССР были начаты экспериментальные исследования жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Руководителем разработок ЖРД был талантливый инженер (ныне академик) Валентин Петрович Глушко.

Важную роль в развитии отечественной ракетной техники сыграла и группа изучения реактивного движения (ГИРД). В ГИРД объединились многие энтузиасты ракетного дела: Ф. А. Цандер, аэродинамик В. П. Ветчинкин, талантливые инженеры С. П. Королев, М. К. Тихонравов, Ю. А. Победоносцев и др.

Работой ГИРД руководил технический совет под председательством С. П. Королева. Первый полет ракеты ГИРД-09 был осуществлен в августе 1933 г. Длина ракеты 2,4 м, стартовая масса 19 кг, причем на долю топлива приходилось 5 кг. Двигатель развивал силу тяги до 500 Н.

Первой экспериментальной советской ракетой с ЖРД была ракета ГИРД-10 (двигатель работал на жидком кислороде и



С. П. Королев

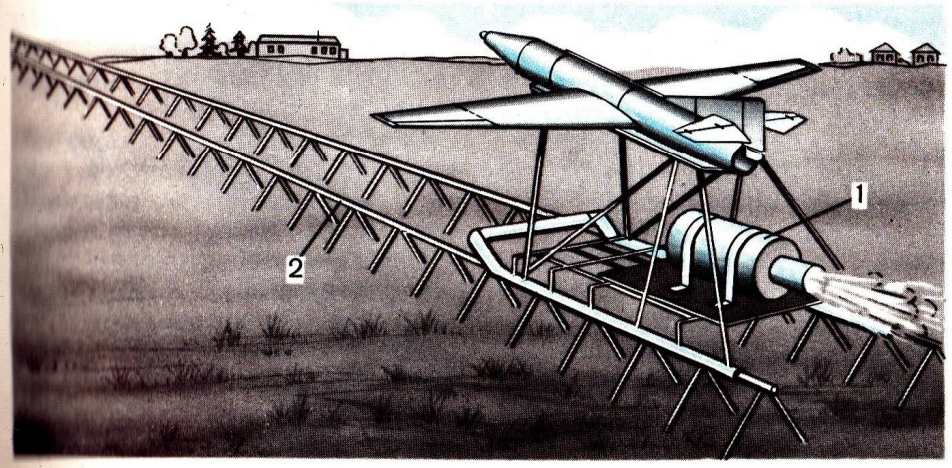
этиловом спирте). Первый пуск ракеты, которым руководил С. П. Королев, состоялся 25 ноября 1933 г. на полигоне в Нахабине. Хотя в полете нарушилось крепление двигателя и ракета упала в 150 м от места старта, это не омрачило радости ее создателей, ведь был сделан еще один шаг в овладении ракетной техникой.

Осенью 1933 г. на базе ГДЛ и ГИРД было решено создать в Москве Реактивный научно-исследовательский институт. Начальником института был назначен И. Т. Клейменов, а заместителем по научной части — С. П. Королев.

В истории освоения космического пространства с именем С. П. Королева связана эпоха замечательных достижений. Организаторские способности и талант ученого позволили ему на протяжении ряда лет направлять работу многих институтов и конструкторских коллективов на решение больших комплексных задач. Научные и технические идеи С. П. Королева получили широкое применение в ракетной и космической технике в СССР.

Выдающимся событием того времени было создание двигателя ОРМ-65 с регулируемой тягой от 500 до 1750 Н для уста-

Рис. 12. Экспериментальная ракета РНИИ-212 с двигателем ОРМ-65.
1 — пороховой ускоритель;
2 — направляющие рельсы.



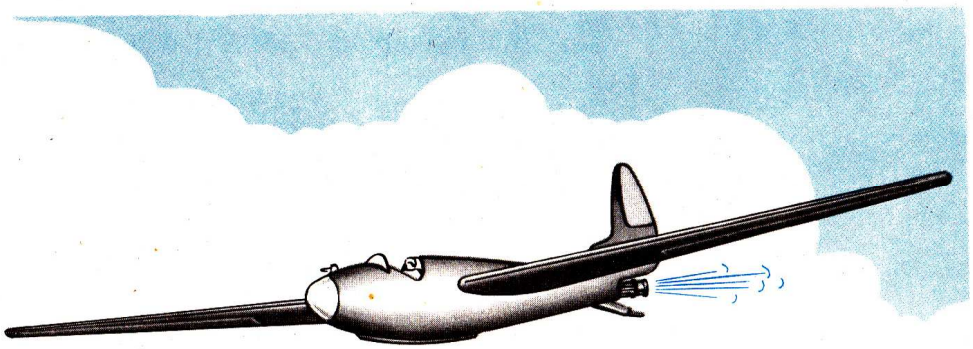


Рис. 13. Экспериментальный ракетный планер РП-318-1 с двигателем РДА-1-150.

новки его на крылатой ракете РНИИ-212 (рис. 12) и планере СК-9 конструкции С. П. Королева.

Летные испытания планера с ракетным двигателем (рис. 13), получившего название РП-318-1 были поручены летчику-планеристу В. Ф. Федорову. Ракетопланер был забуксирован в воздух. На высоте 2 км Федоров отсоединил планер и начал планирующий полет. Через несколько минут он включил двигатель. Израсходовав весь запас топлива, летчик благополучно приземлился на аэродроме.

Это был первый в СССР полет человека на летательном аппарате с ЖРД.

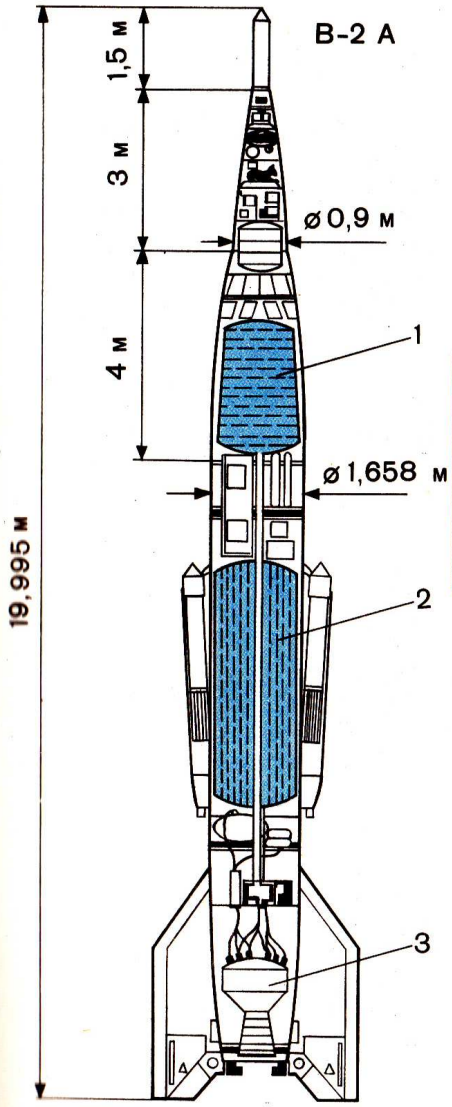
Таким образом, в предвоенные годы в стенах РНИИ на уровне экспериментальных образцов были разработаны различные образцы жидкостных ракетных двигателей и ракетного вооружения, но в условиях надвигающейся войны эти работы, требующие огромной затраты сил и средств, были приостановлены.

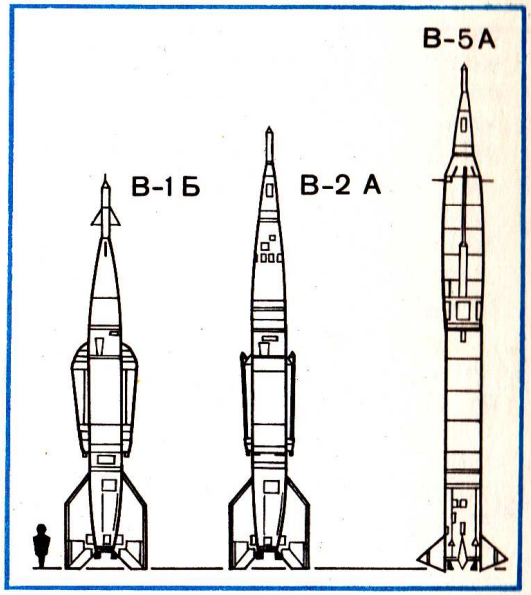
По инициативе ряда капиталистических государств после войны начинается разработка и оснащение армий новым оружием — боевыми ракетами дальнего радиуса действия. Советский Союз, вынесший на своих плечах основное бремя самой страшной и разрушительной в истории человечества войны, потерявший 20 миллионов жизней, вынужденный восстанавливать разрушенное войной хозяйство, не мог в то же время пренебрегать своей обороноспособностью.

Создать невиданную доселе технику предстояло своими силами, и вот 9 августа 1946 г. С. П. Королева назначают главным конструктором особого конструкторского бюро, где должны создаваться мощные баллистические ракеты.

Одновременно к созданию новых ракетных двигателей, систем управления и наземных комплексов были привлечены крупные конструкторские коллективы и заводы. Координацией всех работ руководил Совет главных конструкторов.

Под руководством С. П. Королева была создана баллистическая ракета дальнего действия (БРДД) на жидком топливе. А вскоре был разработан вариант ракеты Р-1, специально предназначенный для запуска по вертикальной траектории (В-*1А*). Стартовая масса ракеты около 14 т.





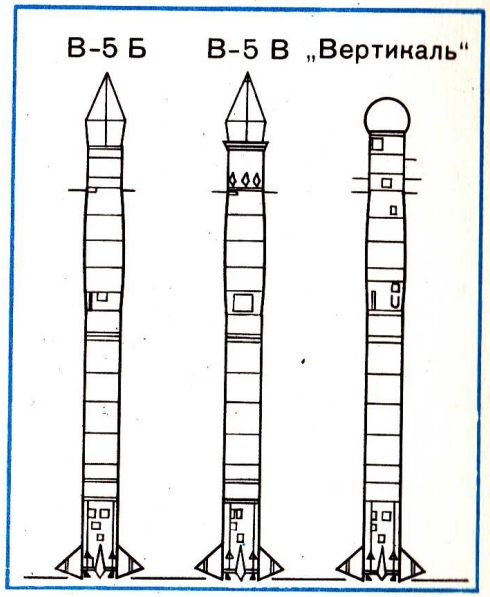


Рис. 14. Геофизические ракеты.
1 — горючее; 2 — окислитель; 3 — ракетный двигатель РД-101

Ракета отличалась от серийной отделяемой головной частью и двумя закрепленными на корпусе «мортирами». В них находились контейнеры с аппаратурой для взятия проб воздуха на большой высоте.

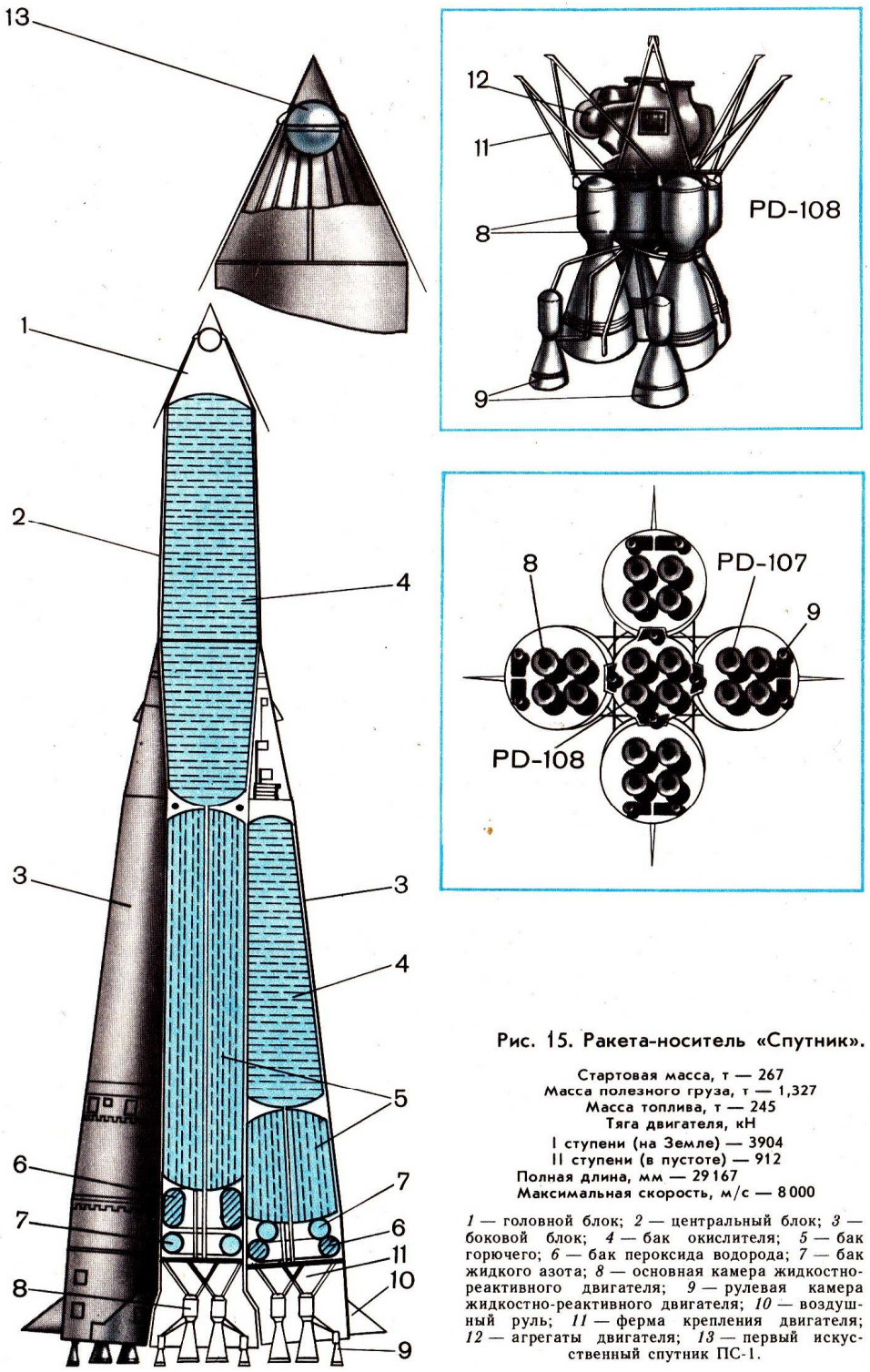


Рис. 15. Ракета-носитель «Спутник».

Стартовая масса, т — 267
Масса полезного груза, т — 1,327
Масса топлива, т — 245
Тяга двигателя, кН
I ступени (на Земле) — 3904
II ступени (в пустоте) — 912
Полная длина, мм — 29 167
Максимальная скорость, м/с — 8 000

1 — головной блок; *2* — центральный блок; *3* — боковой блок; *4* — бак окислителя; *5* — бак горючего; *6* — бак пероксида водорода; *7* — бак жидкого азота; *8* — основная камера жидкостно-реактивного двигателя; *9* — рулевая камера жидкостно-реактивного двигателя; *10* — воздушный руль; *11* — ферма крепления двигателя; *12* — агрегаты двигателя; *13* — первый искусственный спутник ПС-1.

Ю. А. Гагарин

Крупнейшим мероприятием в научной жизни послевоенного периода стал Международный геофизический год, проходивший с 1 июля 1957 г. по 31 декабря 1958 г. К этому времени в нашей стране под руководством С. П. Королева были созданы новые управляемые баллистические ракеты дальнего действия Р-2, во всех отношениях превосходящие ракету Р-1. Они и послужили основой для разработки геофизических ракет второго поколения (рис. 14).

Первый пуск построенной на базе ракеты Р-2, геофизической ракеты В-2А был осуществлен 16 мая 1957 г. При этом полезный груз массой 2200 кг был поднят на высоту более 200 км и успешно возвращен на Землю.

С 1958 г. начинается третий этап систематических исследований верхней атмосферы до высот более 500 км при помощи геофизических ракет В-5А, В-5В. Эксперименты с помощью ракеты В-5А дали ценнейший материал для разработки систем, обеспечивающих жизнедеятельность и спасение человека в космическом полете.

4 октября 1957 г. ракета-носитель «Спутник» вывела на орбиту первое искусственное небесное тело. Все в этой ракете было оригинальным, начиная с общей конструктивно-компоновочной схемы, состоящей из четырех боковых и одного центрального блоков. Каждый блок имел собственные топливные баки и двигательную установку. Стартовая масса ракеты-носителя «Спутник» — 267 т (рис. 15).

Первый искусственный спутник Земли представлял собой шар из алюминиевого сплава диаметром 58 см и массой 83,6 кг.

После многочисленных земных и космических экспериментов наступило 12 апреля 1961 г. В этот день Юрий Алексеевич Гагарин на космическом корабле «Восток» совершил полет, о котором мечтало человечество. Полет Ю. А. Гагарина показал практическую возможность полетов человека в космос.

ЧТО ТАКОЕ РАКЕТА

Ракета — это летательный аппарат, движущийся за счет реактивной силы, возникающей при выбрасывании газов из двигателя. Но на этом принципе летают и самолеты, которые называются реактивными, а не ракетными. В отличие от само-

лета ракета несет в себе не только *горючее*, но и кислород для его сжигания. Необязательно на борту иметь кислород в чистом виде. Он может находиться в соединении с другими элементами, например в виде азотной кислоты или пероксида водорода. Продукт, богатый кислородом и служащий для сжигания горючего, называется *окислителем*.

Наличие на борту ракеты горючего и окислителя придает ей необыкновенную возможность — полную независимость от высоты полета. У реактивных самолетов есть свой «потолок», выше которого они неспособны создавать необходимую силу тяги, так как в разреженном воздухе не хватает кислорода для сжигания горючего. А ракетные двигатели не имеют ограничений по высоте, так как в безвоздушном пространстве, где сила тяги ракетного двигателя существенно увеличивается, струя газов, вылетающая из двигателя, не встречает сопротивления наружной среды.

Современная космическая ракета представляет собой сложное сооружение, состоящее из тысяч деталей, каждая из которых выполняет предназначенную ей роль.

Сердцем космической ракеты является *двигательная установка*. Двигательная установка — это силовой агрегат, обеспечивающий разгон ракеты до заданной скорости. Но ракете необходимо не только сообщить скорость, она должна во время полета управляться. Даже небольшое отклонение от маршрута может привести к значительному изменению траектории полета. Поэтому все ракеты имеют *систему управления* полетом. Говоря более точно, система управления вырабатывает сигналы. Эти сигналы передаются на органы управления ракетой, которые, получив сигнал, заставляют ее изменить направление движения или положение в пространстве. Если двигательная установка называется сердцем ракеты, то система управления — ее голова и нервы.

Помимо двигательной установки и системы управления полетом, в состав ракеты входит полезный груз — то, ради чего и запускается ракета. Характер полезного груза может быть различным в зависимости от назначения ракеты.

Но как вывести такую ракету на орбиту? Для этого потребуется большой расход топлива (горючего и окислителя), а значит, и ограниченное время работы двигателя.

Более 80 лет назад (1903 г.) К. Э. Циолковский установил зависимость конечной скорости, которой может достичь ракета, от массы находящегося на ее борту топлива и скорости истечения продуктов его сгорания (газов) из ракетного двигателя. При приближенных расчетах он исходил из того, что сила тяжести и сопротивление воздушной среды отсутствуют.

Найденную зависимость Циолковский выразил формулой

$$v_к = u \ln \frac{M_о}{M_к}, \qquad (1)$$

где $v_к$ — конечная скорость ракеты, т. е. та скорость, которую приобретает ракета после сгорания всего запасенного в ней топлива при условии разгона ее в «свободном» космическом пространстве, u — скорость истечения газов из ракетного двигателя, M_0 — начальная масса ракеты (стартовая масса), включающая массу конструкции, запаса топлива и полезного груза, $M_к$ — конечная масса ракеты, т. е. масса ракеты после израсходования топлива.

Очевидно, что начальная масса ракеты равна:

$$M_о = M_к + M_{топл},$$

где $M_{топл}$ — масса топлива. Отношение $\frac{M_{топл}}{M_к} = z$ называется числом Циолковского. Далее формула (1) примет такой вид:

$$v_к = u \ln \frac{M_к + M_{топл}}{M_к} = u \ln \left(1 + \frac{M_{топл}}{M_к}\right). \qquad (2)$$

Очевидно, что, чем больше сгорело топлива, тем больше z и, естественно, конечная скорость ракеты. Конечную скорость ракеты $v_к$ обычно называют характеристической или идеальной скоростью, подчеркивая тем самым, что хотя в действительности она и не достигается, однако в некоторых идеальных условиях ее все же можно было бы получить. Заметим, что речь идет не об абсолютном запасе топлива, а об отношении массы топлива к массе полезного груза и конструкции ракеты. Отсюда следует: чтобы ракета смогла достичь возможно большей скорости полета, ее создатели должны стремиться сделать ракету как можно легче, чтобы возможно бóльшая доля начальной массы приходилась на топливо и полезный груз.

С учетом силы притяжения и сопротивления воздушной среды конечная скорость ракеты определяется выражением

$$v_к = A \cdot u \cdot 2{,}3 \lg \frac{M_о}{M_к}, \qquad (3)$$

где A — некоторый коэффициент, больший единицы, $\ln N = 2{,}3 \lg N$ (N — некоторое число).

У современных ракет относительная масса топлива достигает 90% ее начальной массы. Если 90% массы ракеты приходится на топливо, то это значит, что на все остальное, а именно на полезный груз, органы управления, двигатели, баки и все прочие элементы конструкции, приходится только 10% полной массы.

Следовательно, оболочка ракеты должна быть очень легкой и вместе с тем достаточно прочной, чтобы выдержать возникающие в полете нагрузки.

Нетрудно подсчитать максимально возможную скорость полета ракеты. Возьмем для примера отношение масс, равное десяти, при скорости истечения газов 3000—3500 м/с. Максимально достижимая скорость соответственно будет 8,05 и 10,35 км/с.

Сила тяги двигателя связана со скоростью истечения газов формулой

$$F = u \cdot m_{сек}, \qquad (4)$$

где F — сила тяги (Н), u — скорость истечения газов (м/с), $m_{сек}$ — масса, расходуемая в единицу времени (секундный расход массы) (кг/с).

Таким образом, увеличение скорости истечения газов и увеличение скорости расходования рабочего тела повышают силу тяги.

Совершенство двигателя и эффективность его работы характеризуются удельной тягой (удельным импульсом) $I_{уд}$. Удельная тяга — это величина, которая определяется отношением силы тяги к весу топлива, расходуемого в секунду:

$$I_{уд}=\frac{F_{тяги}}{P_{сек}}.$$

Использование веса топлива ведет к очень неудобной размерности, характеризующей ракетный двигатель:

$$I_{уд}=\frac{F_{тяги}}{P_{сек}}=\frac{Н}{Н/с}=с$$

Полученные секунды никак не связаны с временем работы ракетного двигателя.

Скорость истечения газов из сопла ракетного двигателя зависит от их температуры и молярной массы. Чем выше температура, тем больше скорость. Напротив, продукты сгорания должны иметь как можно меньшую молярную массу: с ее уменьшением скорость истечения возрастает. С этой точки зрения наилучшим горючим считают жидкий водород. Он обладает большой теплотой сгорания (обеспечивает высокую температуру продуктов сгорания) и самой низкой молярной массой из всех веществ, известных на Земле.

Так, если скорость истечения газов взять равной 3500 м/с, тогда двигатель, в котором в каждую секунду сгорает, допустим, 100 кг топлива, разовьет силу тяги $F=100$ кг/с · 3500 м/с $=350\,000$ Н. При этом удельная тяга составит 355 с.

Так как сила тяги современных ракетных двигателей огромна (сотни и тысячи ньютонов), то и запасы топлива необходимы большие.

Циолковский нашел простое, гениальное решение, казалось, неразрешимой задачи — организовать полет так, чтобы уже в полете освобождаться от тех частей ракеты, которые стали ненужными. По идее Циолковского, ракета должна состоять из ряда связанных самостоятельных ракет. Этот ракетный поезд работает следующим образом. При взлете включаются двигатели самой мощной I ступени, которая уносит все сооружение на большую высоту и сообщает ему большую скорость. Когда все топливо в этой ступени будет израсходовано, она сбрасывается и в то же мгновение начинают работать двигатели II ступени, которые продолжают увеличивать скорость всего поезда, пока и во II ступени не кончится топливо. После этого она также отделяется и включается двигатель III ступени, который сообщает оставшейся части ракеты заданную скорость (рис. 16) и выводит ее на расчетную высоту.

Для многоступенчатой ракеты

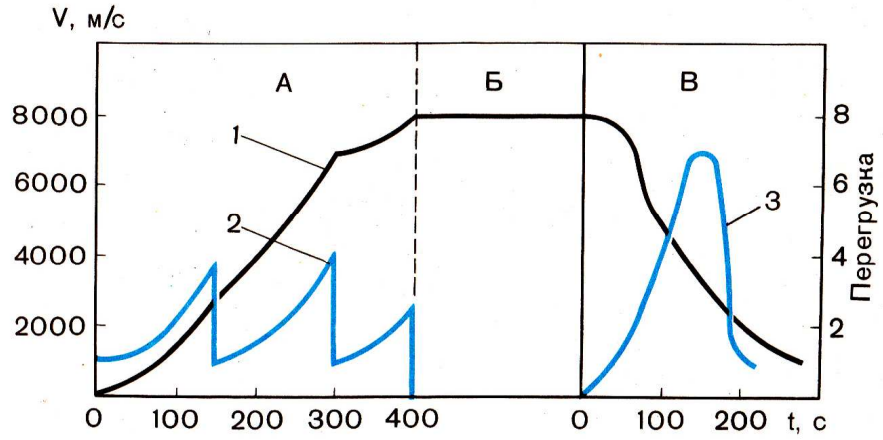


Рис. 16. Скорость, ускорение, перегрузка при взлете, посадке трехступенчатой ракеты-носителя.

А — взлет; Б — полет по орбите; В — спуск: 1 — график изменения скорости; 2 — зависимость ускорения от времени; 3 — перегрузка при спуске.

формула Циолковского примет следующий вид:

$$v_n=n\,u\,\ln\,(1+z), \qquad (5)$$

где n — число ступеней ракеты.

Если же учитывать действие сил тяжести и сопротивления воздуха, то окончательная формула для скорости, которую приобретает многоступенчатая ракета, будет

$$v_n=A\,n\,u\,\ln\,(1+z).$$

Рассмотрим теперь характерные особенности составных частей ракеты.

ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Двигатели для космических полетов отличаются от земных тем, что они при возможно меньшей массе и объеме должны вырабатывать как можно большую мощность. Кроме того, к ним предъявляются такие требования, как исключительно высокая эффективность и надежность, значительное время работы.

По виду используемой энергии двигательные установки космических аппаратов подразделяются на четыре типа: *термохимические, ядерные, электрические, солнечно-парусные.*

Каждый из указанных типов имеет свои преимущества и недостатки и может применяться в определенных условиях.

В настоящее время космические корабли, орбитальные станции и беспилотные спутники Земли выводятся в космос ракетами, оснащенными мощными термохимическими двигателями. Существуют также миниатюрные двигатели малой силы тяги. Это уменьшенная копия мощных двигателей. Некоторые из них могут уместиться на ладони. Сила тяги таких двигателей очень мала, но и ее бывает

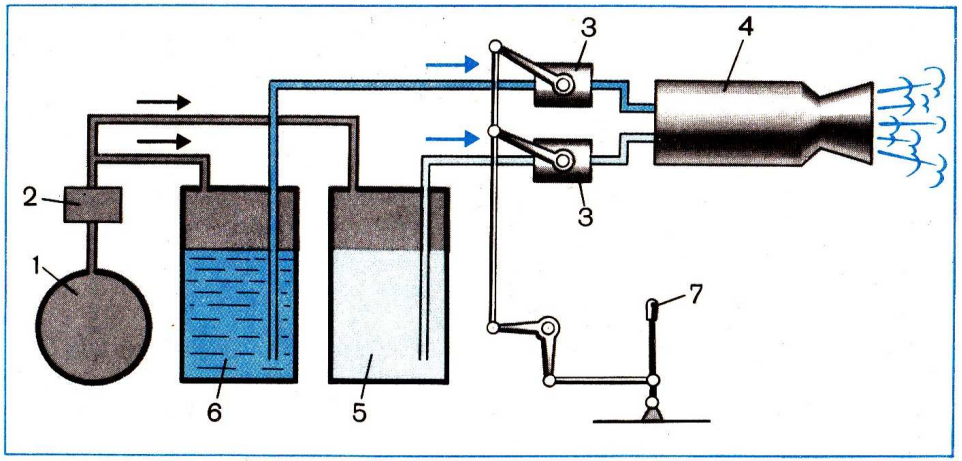


Рис. 17. Схема жидкостно-реактивного двигателя с баллонной подачей топлива.

1 — баллон со сжатым газом; 2 — редуктор; 3 — регулятор подачи; 4 — камера сгорания; 5 — окислитель; 6 — горючее; 7 — ручка управления.

достаточно, чтобы управлять положением корабля в пространстве.

Ядерные ракетные двигатели (ЯРД) еще находятся на стадии развития, но, очевидно, найдут самое широкое применение на межпланетных космических кораблях. То же самое можно сказать и об электрических и солнечно-парусных двигателях — это тоже перспективные и экономичные силовые установки для путешествий к далеким мирам.

Но давайте будем последовательны и рассмотрим все по порядку.

Термохимические ракетные двигатели. Из повседневной практики известно, что в двигателе внутреннего сгорания, топке парового котла — всюду, где происходит сгорание, самое активное участие принимает атмосферный кислород. Без него нет горения. В космическом пространстве воздуха нет, а для работы ракетных двигателей в космическом пространстве необходимо иметь два компонента — горючее и окислитель.

В жидкостных термохимических ракетных двигателях в качестве горючего используется спирт, керосин, бензин, анилин, гидразин, диметилгидразин, жидкий водород, а в качестве окислителя — жидкий кислород, пероксид водорода, азотная кислота, жидкий фтор.

Горючее и окислитель для ЖРД хранятся раздельно, в специальных баках и с помощью насосов подаются в камеру сгорания, где при их соединении развивается температура до 3000—4500°С.

Продукты сгорания, расширяясь, приобретают скорость 2500—4500 м/с. Отталкиваясь от корпуса двигателя, они создают реактивную тягу. При этом, чем больше масса и скорость истечения газов, тем больше сила тяги двигателя.

Насосы подают топливо к головке двигателя, в которой смонтировано большое число форсунок: через одни из них в камеру впрыскивается окислитель, через другие — горючее (рис. 17).

В любой машине при сгорании топлива образуются большие тепловые потоки, нагревающие стенки двигателя. Если не охлаждать стенки камеры, то она быстро прогорит, из какого бы материала она ни была сделана. ЖРД, как правило, охлаждают одним из компонентов топлива. Для этого камеру делают двухстеночной. В зазоре между стенками протекает холодный компонент топлива.

Большую силу тяги создает двигатель, работающий на жидком кислороде и жидком водороде. В реактивной струе этого двигателя газы мчатся со скоростью немногим больше 4 км/с. Температура этой струи около 3000°С, и состоит она из перегретого водяного пара, который образуется при сгорании водорода и кислорода. Основные данные типичных топлив для ЖРД приведены в таблице.

температуре он представляет собой газ. Понятно, что применять в ракете газообразный кислород нельзя, ведь в этом случае пришлось бы его хранить под большим давлением в массивных баллонах. Поэтому уже Циолковский, первый предложивший кислород в качестве компонента ракетного топлива, говорил о жидком кислороде.

Чтобы превратить кислород в жидкость, его нужно охладить до температуры —183°С. Однако сжиженный кислород легко и быстро испаряется, даже если его хранить в специальных теплоизолированных сосудах. Поэтому нельзя, например, долго держать снаряженной ракету, двигатель которой работает на жидком кислороде. Приходится заправлять кислородный бак такой ракеты непосредственно перед пуском.

Азотная кислота не обладает таким недостатком и поэтому является «сохраняющимся» окислителем. Этим объясняется ее прочное положение в ракетной технике, несмотря на существенно меньшую силу тяги, которую она обеспечивает.

Окислитель	Горючее	Плотность, кг/м^3	Удельная тяга, с	Удельная теплота сгорания, кДж/кг
Азотная кислота	Керосин	1,36	235	6 100
Жидкий кислород	Керосин	1,0	275	9 200
Жидкий кислород	Жидкий водород	0,25	340	13 400
Жидкий кислород	Диметилгидразин	1,02	285	9 200
Жидкий фтор	Гидразин	1,32	345	9 350

Но у кислорода наряду с рядом достоинств есть и один недостаток — при нормальной

Использование наиболее сильного из всех известных химии окислителей — фтора позволит

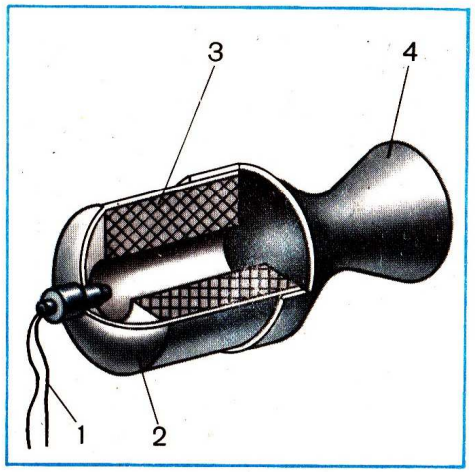


Рис. 18. Схема термохимического двигателя на твердом топливе.
1 — воспламенитель; 2 — стенка камеры; 3 — твердое топливо; 4 — сопло.

существенно увеличить эффективность ЖРД. Правда, жидкий фтор неудобен в эксплуатации из-за ядовитости и низкой температуры кипения (—188°С). Но это не останавливает ракетчиков: экспериментальные двигатели на фторе уже существуют.

Ф. А. Цандер предложил использовать в качестве горючего легкие металлы — литий, бериллий и др., в особенности как добавку к обычному топливу, например водородно-кислородному. Подобные «тройные композиции» способны обеспечить наибольшую возможную для химических топлив скорость истечения до 5 км/с. Но это уже, вероятно, предел ресурсов химии. Большего она практически сделать пока не может.

Хотя мы и начали рассказ с ЖРД, нужно сказать, что первым был создан термохимический ракетный двигатель на твердом топливе — РДТТ.

Топливо — специальный порох — находится здесь непосредственно в камере сгорания. Камера с реактивным соплом — вот и вся конструкция (рис. 18).

Ракетные двигатели на твердом топливе имеют много преимуществ перед двигателями на жидком топливе: они просты в изготовлении, длительное время могут храниться, всегда готовы к действию, взрывобезопасны. Но по удельной тяге твердотопливные двигатели на 10—30% уступают жидкостным.

Ядерные ракетные двигатели. Один из основных недостатков ракетных двигателей, работающих на жидком топливе, связан с ограниченной скоростью истечения газов. В ЯРД представляется возможным использовать колоссальную энергию, выделяющуюся при разложении ядерного «горючего», для нагревания рабочего вещества.

Принцип действия ЯРД почти не отличается от принципа действия термохимических двигателей. Разница заключается в том, что рабочее тело нагревается не за счет своей собственной химической энергии, а за счет «посторонней» энергии, выделяющейся при внутриядерной реакции. Рабочее тело пропускается через ядерный реактор, в котором происходит реакция деления атомных ядер (например, урана), и при этом нагревается.

У ЯРД отпадает необходимость в окислителе и поэтому может быть использована только одна жидкость.

В качестве рабочего тела целесообразно применять вещества, позволяющие двигателю развивать большую силу тяги. Этому условию наиболее полно удовлетворяет водород, затем следует аммиак, гидразин и вода.

Процессы, при которых выделяется ядерная энергия, подразделяют на радиоактивные превращения, реакции деления тяжелых ядер, реакции синтеза легких ядер.

Радиоизотопные превращения реализуются в так называемых изотопных источниках энергии. Удельная массовая энергия (энергия, которую может выделить вещество массой 1 кг) искусственных радиоактивных изотопов значительно выше, чем химических топлив. Так, для ^{210}Po она равна $5 \cdot 10^8$ кДж/кг, в то время как для наиболее энергопроизводительного химического топлива (бериллий с кислородом) это значение не превышает $3 \cdot 10^4$ кДж/кг.

К сожалению, подобные двигатели применять на космических ракетах-носителях пока нерационально. Причина этого — высокая стоимость изотопного вещества и трудности эксплуатации. Ведь изотоп выделяет энергию постоянно, даже при его транспортировке в специальном контейнере, при стоянке ракеты на старте.

В ядерных реакторах используется более энергопроизводительное топливо. Так, удельная массовая энергия ^{235}U (делящегося изотопа урана) равна $6{,}75 \cdot 10^9$ кДж/кг, т. е. примерно на порядок выше, чем у изотопа ^{210}Po. Эти двигатели можно «включать» и «выключать», ядерное горючее (^{233}U, ^{235}U, ^{238}U, ^{239}Pu) значительно дешевле изотопного. У таких двигателей в качестве рабочего тела может применяться не только вода, но и более эффективные рабочие вещества — спирт, аммиак, жидкий водород. Удельная тяга двигателя с жидким водородом равна 900 с.

Простейшая схема ЯРД с реактором, работающим на твердом ядерном горючем, показана на рисунке 19. Рабочее тело помещено в баке. Насос подает его в камеру двигателя. Распыляясь с помощью форсунок, рабочее тело вступает в контакт с тепловыделяющим ядерным горючим, нагревается, расширяется и с большой скоростью выбрасывается через сопло наружу.

Ядерное горючее по запасу энергии превосходит любой другой вид топлива. Так почему же установки на этом горючем имеют все-таки сравнительно небольшую удельную тягу и большую массу? Дело в том, что удельная тяга твердофазного ЯРД ограничена температурой делящегося вещества, а энергетическая установка при работе испускает сильное ионизующее излучение, оказывающее вредное действие на живые организмы.

В земных условиях атомный реактор, являющийся главной частью атомных электростанций, окружают толстыми бетонными стенами. Конечно, такой вид защиты не пригоден на космических летательных аппаратах (КЛА).

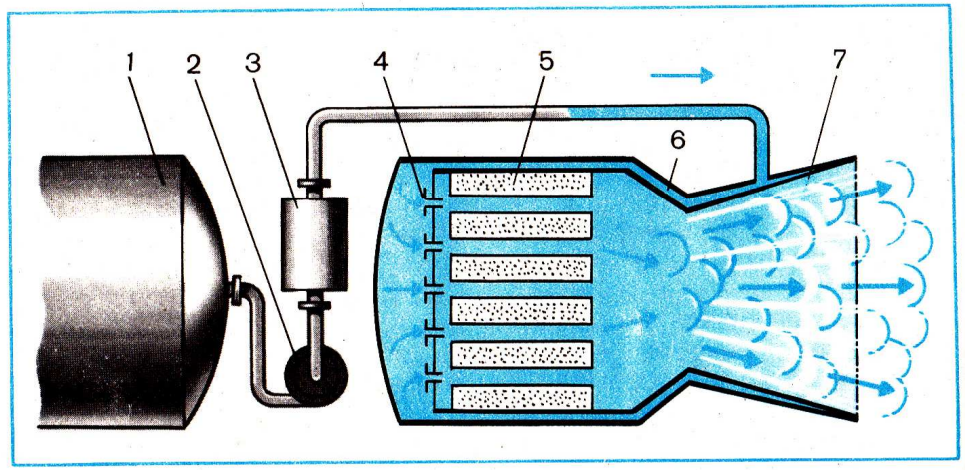


Рис. 19. Схема ядерного ракетного двигателя.

1 — бак с жидким рабочим телом; 2 — насос; 3 — регулятор подачи; 4 — форсунки для распыления рабочего тела; 5 — ядерное горючее; 6 — охлаждающий тракт; 7 — сопло.

Какая же защита экипажа от проникающей радиации, возникающей при работе атомного реактора, возможна на КЛА? По-видимому, ядерная энергетическая установка во время работы должна находиться не на борту, а на некотором отдалении от аппарата.

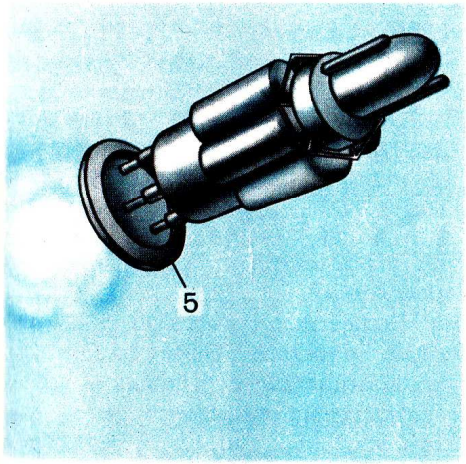
При такой схеме нейтроны и гамма-лучи будут рассеиваться в космическом пространстве, минуя корпус КЛА, но все же какая-то часть излучения будет попадать в помещение, где находятся люди, и от нее также нужна защита в виде экранов из металлических пластин. Но толщина — это масса, а увеличение массы для космических объектов очень нежелательно.

Экраном, защищающим человека от потока заряженных частиц и гамма-лучей, может служить свинец. Взаимодействуя с атомами свинца, эти излучения быстро поглощаются. Но для нейтронов даже толстые свинцовые стены не преграда. Зато эти частицы очень сильно поглощаются ядрами атомов некоторых элементов: кадмия, гафния, гадолиния. Тонкая пластинка из этих металлов преграждает путь почти всем нейтронам.

Практические разработки ЯРД, использующих твердое ядерное горючее, были начаты в середине 50-х гг., т. е. одновременно с введением в строй первых атомных электростанций.

Существуют и более экзотические проекты ядерных ракетных двигателей, в которых делящееся вещество находится в жидком, газообразном или даже плазменном состоянии, однако реализация подобных логически возможных конструкций при современном уровне техники встречает значительные трудности.

Импульсный ЯРД. Это очень интересный и перспективный двигатель. В нем используется



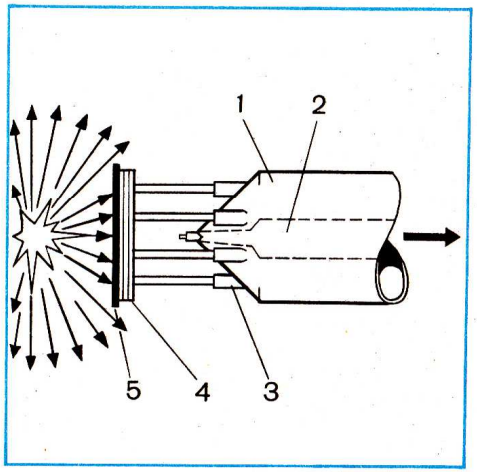


Рис. 20. Космический корабль с импульсным ядерным двигателем в момент взрыва ядерного устройства.

1 — запас ядерных зарядов; 2 — механизм выброса ядерных зарядов; 3 — демпфер поршневой; 4 — демпфер упругий; 5 — толкающая платформа.

энергия большого числа небольших ядерных зарядов (в том числе и термоядерных), находящихся на борту ракеты.

Эти ядерные заряды последовательно выбрасываются из ракеты и на некотором расстоянии за ней взрываются. При каждом взрыве часть расширяющихся газообразных продуктов в виде плазмы с высокой плотностью и скоростью ударяет об основание ракеты — толкающую платформу (рис. 20).

Под действием удара платформа движется вперед с большим ускорением. Ускорение гасится демпфирующим устройством таким образом, чтобы возникающая при этом перегрузка не превышала предела выносливости человека.

После цикла сжатия демпфирующее устройство возвращает толкающую платформу в начальное положение, после чего она готова принять новый очередной удар. Суммарное приращение скорости полета ракеты зависит от числа ядерных взрывов.

Термоядерные ракетные двигатели. Ядерные ракетные двигатели, по-видимому, не пригодны для установки на ракеты, стартующие с Земли. Для таких ракет может оказаться более предпочтительным термоядерный двигатель (ТЯРД). В качестве горючего для ТЯРД могут использоваться изотопы водорода. Энергопроизводительность водорода в этой реакции составляет $6{,}8 \cdot 10^{11}$ кДж/кг, т. е. примерно на два порядка выше энергопроизводительности ядерных реакций деления.

Ученые во многих странах мира работают над созданием термоядерных реакторов и энергетических установок на их основе.

Электрические ракетные двигатели. Итак, для вывода на орбиту космической ракеты необ-

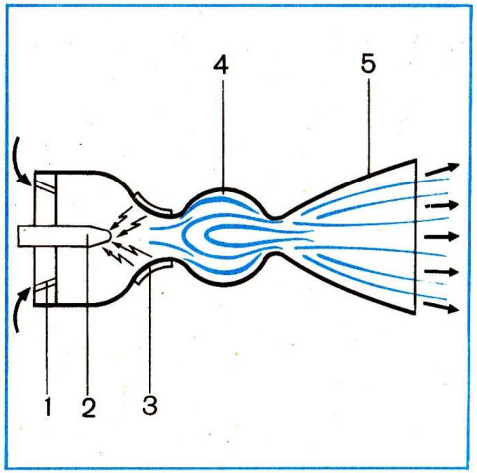


Рис. 21. Схема электродугового ракетного двигателя.
1 — впуск рабочего газа; 2 — катод; 3 — анод; 4 — регулировочная камера; 5 — сопло.

ходимы двигатели, развивающие огромную силу тяги. Совсем другое дело — двигательные установки для уже выведенных на орбиту космических аппаратов. Здесь, как правило, нужны двигатели малой мощности (несколько киловатт и даже ватт). Пожалуй, наиболее универсальными и простыми двигателями, удовлетворяющими этим требованиям, являются электрические ракетные двигатели (ЭРД).

В основу всякого реактивного движения заложен некоторый процесс ускорения вещества (рабочего тела) с последующим его истечением. Здесь разгон рабочего тела до определенной скорости производится за счет электрической энергии. Необходимая энергия поступает от бортового источника (панелей солнечных батарей, атомной электростанции).

Схемы разрабатываемых электрических двигателей разнообразны. Также различны способы нагревания тела.

На рисунке 21 показана схема двигателя, у которого нагрев производится с помощью электрической дуги. Электродуговой двигатель надежен в работе, выдерживает большое число включений.

Нагретое до высокой температуры рабочее тело (водород) превращается в плазму — электрически нейтральную смесь положительных ионов и электронов. При лабораторных испытаниях электродуговых двигателей достигнута скорость истечения 15—20 км/с. Если удастся осуществить магнитную изоляцию плазмы от стенок камеры, то температуру плазмы можно будет значительно увеличить и скорость истечения довести до 100 км/с.

Первый ЭРД был разработан в 1929—1933 гг. в Советском Союзе под руководством В. П. Глушко в знаменитой газодинамической лаборатории (ГДЛ). Своим рождением он на треть века опередил ход развития науки и техники.

Солнечно-парусные двигатели. В наше время увидеть на море парусное судно — большая редкость. Корветы и бригантины безвозвратно ушли в прошлое. Тем удивительнее возрождение парусов в самой современной области человеческой деятельности — космонавтике. Только действовать на паруса для космических «парусников» будет не морской бриз, а сила давления солнечного света.

Русский физик П. Н. Лебедев еще в 1899 г. опытным путем доказал, что солнечный свет оказывает давление на тела.

В земной обстановке это давление почти никак себя не проявляет, потому что оно ничтожно. Другое дело — в космосе. Представьте себе космический межпланетный корабль, единственным двигателем которого будет парус. Расчеты показывают, что аппарат массой 1 т, снабженный парусом диаметром 500 м, доберется до Марса примерно за 300 суток.

Космические бригантины смогут маневрировать не менее успешно, чем их земные предшественницы. К сожалению, с удалением от Солнца эффективность солнечного паруса быстро уменьшается.

ОРБИТАЛЬНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ КОРАБЛИ

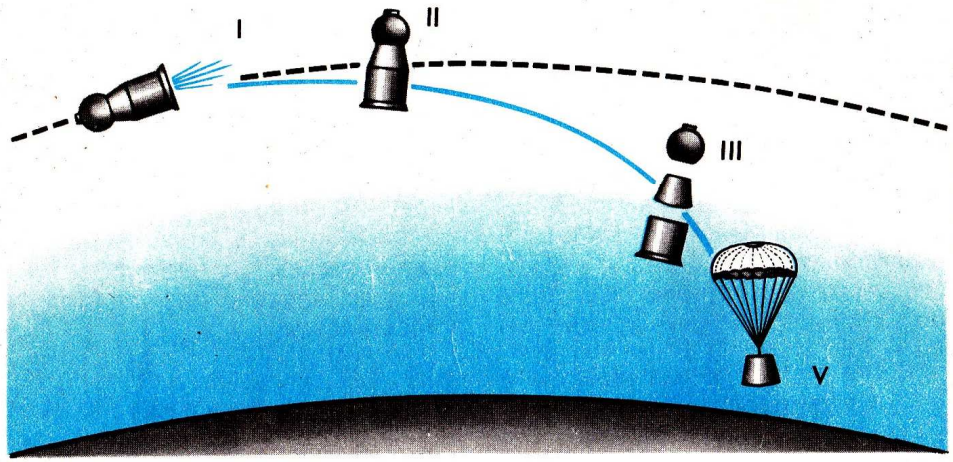
Если проследить за рядом величайших открытий, сделанных за всю многовековую историю человечества, то можно убедиться в том, что истина никогда не познавалась сразу. Шаг за шагом приближались ученые к открытию новых законов. У каждого великого творца были предшественники.

Созданные в нашей стране космические корабли в этом смысле были уникальными: никто, никогда, нигде не строил космических кораблей. Эскизные наброски Кибальчича, Циолковского, Цандера не представляли практической ценности для конструкторов. Это был редкий случай в науке и технике, когда начинали с нуля.

Орбитальный космический корабль — это летательный аппарат, предназначенный для передвижения в безвоздушном пространстве. Перемещаться в воздухе можно значительно быстрее, чем плыть по воде, а в безвоздушном пространстве можно развить еще большие скорости. Но чем больше скорость, тем важнее становится значение такого фактора, как масса корабля. Увеличение массы корабля приводит к увеличению массы всей системы.

Глядя на готовую к старту космическую ракету, поражаешься не только ее размерами, но и сложностью конструкции. Это поистине совершенство человеческого гения. И все это космическое сооружение создано только примерно для $\frac{1}{30}$ массы, сосредоточенной в головной части ракеты. Именно там под защитной оболочкой расположено то, что на языке инженеров называется *полезным грузом*. Для того чтобы доставить эту образно говоря «крошку» в космос, и разработано такое многоступенчатое сооружение (см. цв. вклейку).

Выполнив программу полета, экипаж начинает готовиться к спуску. Точка начала спуска лежит на огромном расстоянии от места посадки. Выбор места расставания с орбитой должен быть исключительно точным. Вспомните, что значит секунда при космической скорости полета.



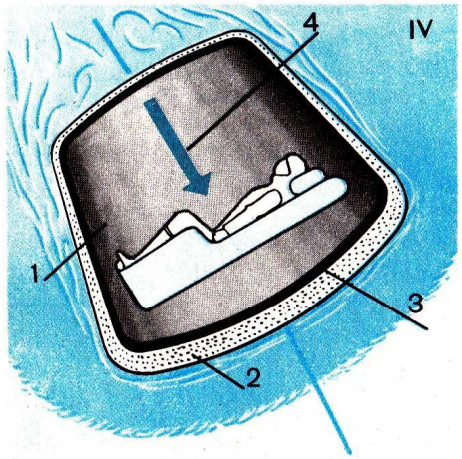


Рис. 22. Возвращение из космоса.

I — включение тормозного двигателя; *II* — разворот; *III* — разделение; *IV* — торможение в плотных слоях атмосферы; *V* — спуск на парашюте; *1* — спускаемый аппарат; *2* — теплозащитный слой; *3* — силовая обшивка; *4* — направление действующей перегрузки.

Одна из важных задач в полете — это точное определение своего местоположения в безбрежном космическом океане. Тут на помощь приходят звезды. Как только «глаза» автоматов поймали нужный ориентир, они немедленно передают сигнал вычислительному устройству, которое, проведя соответствующие расчеты, дает команду системе ориентации и двигательной установке.

Чтобы начать движение по траектории спуска, корабль должен потерять скорость (примерно до 180 м/с). А затем уже в атмосфере встречный поток воздуха, оказывая большое сопротивление движению, окончательно гасит скорость космического аппарата. Трение о воздух сопровождается выделением тепла. Наружная поверхность нагревается до такой степени, что самые тугоплавкие вещества способны испаряться. Мысль о том, как защитить корабль от действия высоких температур, родилась при исследовании метеоритов — железных и каменных глыб, упавших на Землю. Исследуя метеориты, ученые обнаружили, что поверхность их обычно оплавлена, а внутреннее строение остается без изменения. А что, если покрыть часть корабля «жертвенным слоем», который сгорал бы в атмосфере (рис. 22)?

Известно, что мороженое замораживают с помощью сухого льда. Сухой лед — это углекислый газ, который довели до твердого состояния, охладив до температуры —78°С. Твердый углекислый газ обладает замечательным свойством: при нагревании переходит из твердого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу. Такой процесс, при котором вещество из твердого состояния переходит сразу в газообразное, называют сублимацией.

Температура газов, непосредственно соприкасающихся со спускаемым аппаратом, достигает 7000°С. Однако температура поверхности «жертвенного слоя», из которого сделано защитное покрытие, всегда меньше температуры газов, с которыми оно соприкасается.

В практике строительства космических аппаратов большее распространение получили материалы с температурой сублимации 2500—3500°С. Основу этих материалов составляют эпоксидные или формальдегидные смолы. Толщина теплозащитного слоя не везде одинакова, наибольшей она делается на лобовой поверхности.

Вот как описывает посадку корабля «Союз-4» летчик-космонавт Е. Хрунов: «Корабль незаметно для глаза снижается, и мы еще находимся в состоянии невесомости. Заметное торможение начинается с высоты меньше ста километров. Перед входом в плотные слои атмосферы отделяются орбитальный и двигательный отсеки. Все более стремительно мчимся к Земле. Замечаем, что пылинки начинают приобретать упорядоченное по направлению полета движение и опускаются на пол. Значит, появилась перегрузка, которую физически мы пока еще не ощущаем. Заметно уменьшается высота полета: восемьдесят, семьдесят километров.

Растет перегрузка, наши тела вдавливаются в кресла. Видим, как снаружи начинают оплавляться некоторые металлические элементы (антенны, указатели). Пламя все больше увеличивается, переходит в сплошной поток и закрывает иллюминатор. Слышен все нарастающий шум, как в топке паровозного котла. Но страха и волнения нет, ибо обо всем этом мы знали заранее.

Скорость и высота полета начинают уменьшаться. Корабль трясется, подобно телеге, катящейся по булыжной мостовой. Это значит, что мы летим в диапазоне звуковых скоростей.

Примерно на высоте десять километров ощущаем сильный рывок, затем второй, более слабый. Это раскрылись тормозной, затем и основной парашюты... Несильный толчок — корабль стоит на Земле».

ЖИЗНЬ В ГЕРМЕТИЧЕСКОЙ КАБИНЕ

Путь в космос лежит через воздушный океан, охватывающий нашу Землю. По мере удаления от планеты давление воздуха неуклонно уменьшается, и на большой высоте оно становит-

ся столь малым, что практически соответствует вакууму. В связи с этим перед учеными возникла задача создать человеку условия для нормальной жизни в безвоздушном пространстве.

На всех пилотируемых космических летательных аппаратах устанавливаются герметические кабины, в которых поддерживается заданная воздушная среда. Какой климат должен быть в помещениях, в которых находится экипаж,— давление, газовый состав, температура и влажность воздуха?

Атмосфера герметической кабины. Человек — житель Земли не приспособлен для существования в условиях, отличных от тех, к которым привык.

Кислород, который мы вдыхаем вместе с атмосферным воздухом, служит источником энергии, обеспечивающей жизнедеятельность человека.

На уровне Земли артериальная кровь почти на 100% насыщена кислородом. При подъеме на высоту до 2 км содержание кислорода в крови уменьшается, но никаких заметных изменений у человека не наблюдается. При дальнейшем подъеме содержание кислорода в крови продолжает падать и организм человека с этим уже справляется с трудом. На высоте 4 км поступление кислорода из легких в кровь замедляется до такой степени, что наступает кислородное голодание — гипоксия. В этом состоянии человек теряет способность целенаправленно действовать. Следовательно, в кабине космического корабля необходимо поддерживать нормальное атмосферное давление и состав воздуха, к которому привык человек. Поэтому было решено в кабинах пилотируемых летательных аппаратов поддерживать давление 101,3 кПа (760 мм рт. ст.).

Мы знаем, что общее давление воздуха является суммой давлений входящих в его состав газов, и на долю кислорода приходится 21,1 кПа (159 мм рт. ст.). В процессе дыхания участвует только кислород. Что, если создать в кабине чистокислородную атмосферу? Сможет ли в этих условиях жить и работать человек в течение длительного времени?

Проделали много экспериментов и установили: человек может в течение длительного времени дышать чистым кислородом при давлении не менее 26,2 кПа (197 мм рт. ст.) и не более 41 кПа (308 мм рт. ст.). Но если вдыхать кислород при давлении большем, чем 41 кПа (308 мм рт. ст.), то появляются признаки кислородного отравления: кашель, сердечная недостаточность.

Сколь необходимо присутствие азота в атмосфере кабины, до сих пор неясно. Некоторые исследователи считают, что он не участвует в обмене веществ, происходящих в организме человека. Однако еще нет данных, дающих полную уверенность в его биологической инертности.

Весьма заманчивой является идея, согласно которой азот может быть заменен другим инертным газом — гелием. В силу своих физических свойств гелий обладает некоторыми преимуществами по сравнению с азотом: он в 7 раз легче и имеет значительно бóльшую теплопроводность. Исследования гелиево-кислородной атмосферы продолжаются.

Действие углекислого газа на организм человека хорошо известно. Он участвует в регуляции дыхания, кровообращения, газообмена и т. д.

Опытным путем установлено, что человек чутко реагирует на содержание углекислого газа во вдыхаемом воздухе. Даже при сравнительно небольшом количестве углекислого газа возникает ощущение недостатка воздуха, а если на его долю приходится более 5% от вдыхаемого воздуха, то человек теряет сознание.

Космонавт потребляет в сутки примерно 800 л (1,2 кг) кислорода. Экипажу из двух человек для пребывания на корабле в течение 10 суток понадобится около 24 кг кислорода.

Можно взять на борт корабля жидкий кислород массой 24 кг и по мере надобности испарять его в нужном количестве. Но такой способ только кажется простым. В действительности аппарат для хранения жидкого кислорода — это довольно сложное устройство, в котором происходит непрерывное испарение кислорода. Поэтому инженеры предпочитают хранить кислород в баллонах при большом давлении. Чем больше давление, при котором хранится кислород в баллоне определенного объема, тем больше его масса. В настоящее время применяются баллоны с давлением до 50 МПа. Это в 500 раз превышает давление атмосферного воздуха на уровне Земли. Масса баллона составляет 2,5 кг на 1 кг хранимого кислорода. Таким образом, масса «посуды» в 2,5 раза больше массы кислорода.

В процессе дыхания человек вдыхает кислород и выдыхает углекислый газ и влагу. Чтобы воздух кабины был пригоден для дыхания, необходимо не только добавлять в него кислород, но и одновременно удалять углекислый газ. Для этого удобно иметь вещество, которое выделяет кислород и в то же время поглощает из воздуха углекислый газ (рис. 23).

Такие вещества существуют. Это надпероксиды щелочных металлов (KO_2, NaO_2 и др.). Взаимодействуя с водой, они образуют щелочь и кислород:

$$4NaO_2 + 2H_2O \Longrightarrow 4NaOH + 3O_2.$$

В свою очередь образовавшаяся в процессе реакции щелочь взаимодействует с углекислым газом:

$$CO_2 + 2NaOH \Longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O.$$

В результате реакции образуется карбонат натрия и вода.

Надпероксиды разлагаются при взаимодействии с водой. Но откуда взять воду? Но об этом беспокоиться не нужно. Мы уже говорили, что человек при дыхании выделяет не только углекислый газ, но и пары воды. Влаги, содержащейся в выдыхаемом воздухе, достаточно для осуществления реакции.

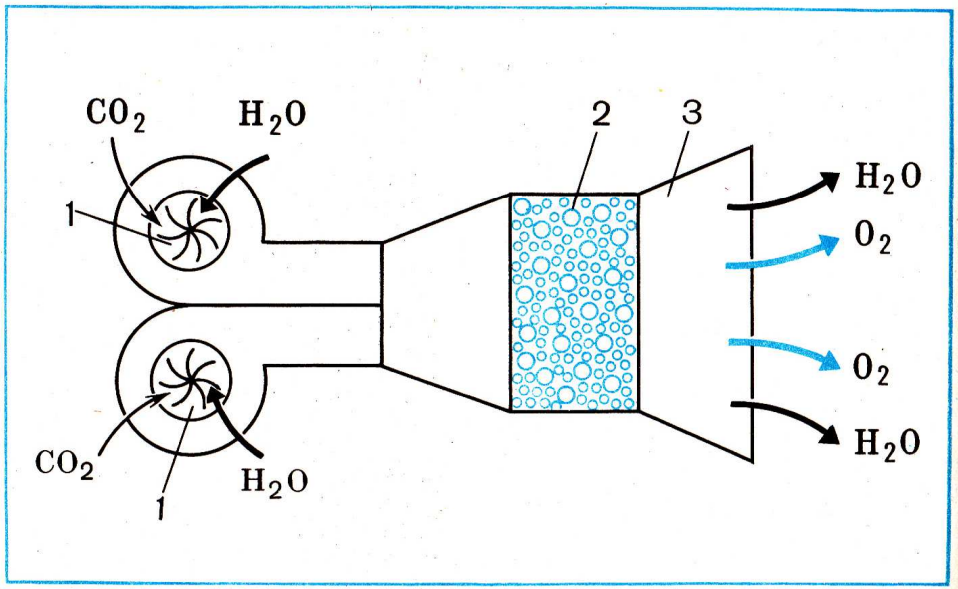


Рис. 23. Схема регенерации (очистки) воздуха кабины.
1 — вентилятор; 2 — кислородосодержащее вещество; 3 — выход газов в кабину.

Вещество массой 1 кг выделяет около 300 л чистого кислорода и поглощает примерно столько же углекислого газа. Таким образом, для обеспечения процесса дыхания в течение суток нужно иметь в кабине 2,7 кг вещества для каждого члена экипажа.

Снабжение кислородом и удаление углекислого газа — это главные, но далеко не единственные задачи поддержания должного состава воздуха в кабине. Даже в обычных условиях на Земле, у себя дома мы ощущаем неприятные запахи. Легко представить себе, насколько более вероятно появление запахов в небольшом замкнутом пространстве герметической кабины. Запах вызывается незначительными ароматическими веществами, присутствующими в воздухе в небольшом количестве. Но дело не в самом запахе, а в том, что некоторые из них оказываются вредными для здоровья человека. Еще хуже то, что вредными для здоровья могут быть вещества, которые вовсе не обладают запахом.

Различные вредные вещества выделяются в процессе жизнедеятельности человека, а также оборудованием и материалами, из которых изготовлена кабина. Сколь ни малы эти выделения, со временем их содержание может достичь опасной концентрации.

Специалисты тщательно отбирают материалы, которые «допускаются» в кабину, особое беспокойство вызывают пластмассы, лаки, клей.

Хорошим поглотителем пахнущих веществ является древесный уголь. Если прогонять воздух через патрон, заполненный древесным углем, то в нем будут задерживаться многие ароматические соединения, включая углеводороды, спирты, органические кислоты.

Температура воздуха в кабине. Известно, что существуют три вида передачи энергии от одного тела к другому — теплопроводность, конвекция, излучение.

Передача энергии за счет теплопроводности происходит при непосредственном контакте двух тел. Конвективный теплообмен возможен при наличии газовой среды, которая, соприкасаясь с телом, отнимает (или передает ему) энергию. В космическом пространстве тела не контактируют — там нет газовой среды, следовательно, теплопередача теплопроводностью и за счет конвекции исключается.

Космический корабль получает энергию от Солнца, Земли и других планет исключительно излучением. Стоит создать тень из тонкого листа какого-либо материала, который преградит путь лучам Солнца к поверхности корабля, и он перестанет нагреваться. Поэтому теплоизолировать корабль в безвоздушном пространстве нетрудно.

Однако при полете в космическом пространстве приходится опасаться не перегрева корабля солнечными лучами или его переохлаждения в результате излучения энергии стенками в окружающее пространство, а перегрева за счет той энергии, которая выделяется внутри самого корабля. Почему может повышаться температура в корабле? Во-первых, сам человек является источником, непрерывно излучающим энергию, а во-вторых, космический корабль — это сложная машина, оборудованная множеством приборов, в процессе работы которых тоже выделяется энергия.

Как можно в условиях космоса, где энергия передается только излучением, обеспечить в кабине необходимый температурный режим? Известно, что летом жара меньше ощущается в светлой одежде. В чем тут дело? Оказывается, светлая поверхность в отличие от темной плохо поглощает лучистую энергию Солнца. Она ее отражает и поэтому гораздо слабее нагревается.

Принципиальная схема системы терморегулирования показана на рисунке 24. Основными элементами этой системы являются трубопроводы, по которым циркулирует охлаждаемая или нагреваемая жидкость, радиаторы, устанавливаемые на наружной поверхности корабля, кабинные радиаторы, вентиляторы, влагосборник.

Системы охлаждения и обогрева работают по одной схеме. Различны только наружные радиаторы. Радиатор системы охлаждения окрашивают в белый цвет и монтируют на теневой стороне корабля. Радиатор системы обогрева окрашен в черный цвет и размещен на стороне, обогреваемой Солнцем.

Если температура в кабине повысится, это немедленно обнаружит датчик *3* и подаст сигнал для включения насоса *2*. Охлажденная жидкость начнет поступать в кабинный радиатор *4*.

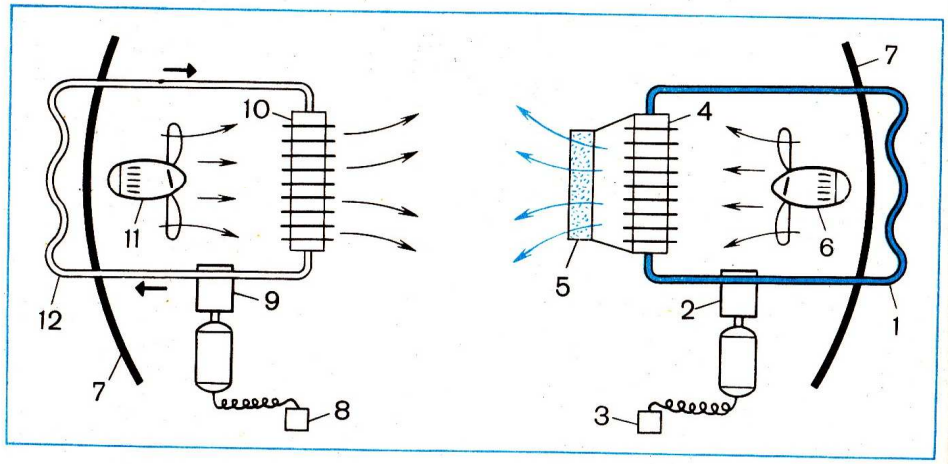


Рис. 24. Схема кондиционирования воздуха кабины.

1 и *12* — наружный радиатор (змеевик); *2* и *9* — насос; *3* и *8* — датчик температуры; *4* — теплообменник (радиатор); *5* — поглотитель влаги; *6* и *11* — вентилятор; *7* — борт кабины; *10* — теплообменник обогрева.

Этот радиатор будет нагреваться за счет энергии, отдаваемой воздухом, прогоняемым вентилятором *6*.

Аналогичным образом работает система обогрева, но только здесь датчик *8* подаст сигнал для включения насоса *9* системы обогрева, и в радиатор *10* начнет поступать нагретая жидкость.

Радиатор, охлаждающий воздух, служит еще одной цели. Вы знаете, что при дыхании человек выделяет влагу. Если не удалять из атмосферы водяные пары, то они будут в ней накапливаться до состояния насыщения. Насыщенный пар будет конденсироваться на стенках и приборах.

Вы замечали, что происходит с холодным предметом, внесенным зимой с улицы в теплую комнату? Он сразу же покрывается капельками воды. Таким холодным предметом в космическом корабле является радиатор, на котором конденсируются капельки воды. Движением воздуха эти капельки уносятся и попадают во влагосборник, где оседают в порах губчатого вещества.

Пища для космонавта. Для поддержания нормальной жизнедеятельности человек, как и все живые организмы, должен получать из окружающей среды определенные вещества, химическое превращение которых и является энергетическим источником жизни.

Биохимические процессы, протекающие в живых организмах, подчинены общим закономерностям. На них в полной мере распространяется закон сохранения энергии и закон сохранения материи.

Такое представление о характере химических процессов, лежащих в основе жизни, было высказано Леонардо да Винчи в XVI в.: «И если ты не даешь телу столько же пищи, сколько

оно израсходовало, то жизненные силы слабеют, а если ты совсем лишишь тело пищи, то прекратится и жизнь...»

С целью определения количества теплоты, выделяемого при сгорании, французский химик Лавуазье сжигал различные химические вещества в калориметре. Полагая, что в живых организмах непрерывно осуществляется процесс горения, Лавуазье поместил в калориметр морскую свинку. Результаты этого эксперимента показали, что подопытное животное выделяет энергию, строго эквивалентную количеству потребляемого им кислорода. Такое же количество теплоты было бы получено и при сгорании угля, если бы при этом был израсходован кислород воздуха соответствующей массы. Значит, горение угля и окисление, происходящее в организме животных, имеют одну и ту же природу.

Вскоре было установлено, что при потреблении 1 л кислорода человек выделяет примерно 20 кДж энергии. Это важная характеристика, дающая возможность определить теплопродукцию человека в зависимости от объема потребляемого кислорода.

Человек в состоянии покоя, на поддержание нормальной жизнедеятельности — работу внутренних органов: сердца, печени, почек и др., а также на сохранение тонуса мышц — тратит ежесекундно около 75 Вт. Эта величина характеризует так называемый основной обмен — минимальную теплопродукцию.

Выполнение физической работы сопровождается значительным увеличением теплопродукции. При выполнении тяжелой работы (землекопы, лесорубы) теплопродукция увеличивается в 7—10 раз.

Энергия, поступающая в организм с пищевыми продуктами, должна соответствовать теплопродукции.

У экипажа космического корабля «Союз-9» в составе А. Г. Николаева и В. И. Севастьянова в течение почти 18 суток полета теплопродукция в среднем на одного человека составляла 120 Вт. Исследования, проведенные при последующих полетах, показали, что среднесуточный расход энергии оставался примерно на этом же уровне.

Сколько же нужно пищевых продуктов — белков, жиров и углеводов, чтобы возместить расход энергии? Оказывается, не так много — примерно 700 г.

Однако энергетическая ценность пищевых веществ неодинакова. Так, 1 г углеводов или 1 г белка дает при сгорании в организме около 17 Дж. Жиры представляют значительно бóльшую энергетическую ценность, так как при сгорании в организме выделяют 38 Дж. Казалось бы, всего 300 г чистого жира было бы достаточно для удовлетворения суточной потребности космонавта в пище. Компактно и легко.

Физиологи утверждают: подходить к питанию человека только с энергетической точки зрения нельзя.

Пища не только источник энергии, но и строительный

материал, необходимый для непрерывного обновления клеток организма. Для осуществления этого процесса прежде всего нужны белки. В их химический состав входят различные аминокислоты, представляющие микроскопические «кирпичики», необходимые для постройки клеток.

Ученые установили наиболее рациональное соотношение этих веществ в рационе питания. В сутки космонавт должен получать примерно 400 г углеводов, 100 г белков, 100 г жира, около 2200 г воды, минеральные соли и витамины.

Удельная теплота сгорания q некоторых пищевых продуктов представлена в таблице. Посмотрите ее внимательно.

Продукт	q, кДж/кг	Продукт	q, кДж/кг
Сало	39 000	Хлеб пшеничный	8 930
Масло сливочное	32 700	Хлеб ржаной	8 620
Сахар	17 150	Мясо куриное	5 380
Творог	9 755	Картофель	3 770
Баранина	9 537	Капуста	1 160

В таблице этой на первый взгляд много неожиданностей. Оказывается, что жиры куда калорийнее угля.

Каким же требованиям должна удовлетворять пища, предназначенная для космонавтов?

Прежде всего она должна быть калорийной, вкусной, удобной для приема в условиях невесомости.

Набор продуктов должен быть таким, чтобы он содержал минимальное количество неперевариваемых веществ, был калорийным при небольшой массе, выдерживал длительное хранение при нормальных условиях и требовал наименьшей кулинарной обработки.

Для полетов в условиях невесомости немаловажное значение имеет упаковка пищевых продуктов, при которой нет необходимости пользоваться ножом и вилкой.

Эти требования накладывают известные ограничения на выбор продуктов для космонавтов. Перед первым космическим полетом ученые не знали, можно ли в условиях невесомости проглатывать твердую пищу, пить воду. Поэтому рацион Ю. А. Гагарина состоял из пастообразных продуктов, заключенных в металлические тубы. Содержащаяся в тубах пища выдавливалась таким же образом, как это делается с зубной пастой.

Вода, обработанная специальным консервантом, хранилась в полиэтиленовых мешках, снабженных мундштуком с зажимом. При необходимости космонавт ее просто высасывал из мешка.

В дальнейших полетах было установлено, что разжевывать и проглатывать пищу нетрудно, а продукты хорошо усваиваются. Поэтому в рацион питания были введены натуральные и консервированные продукты.

Суточный рацион питания распределен на четыре приема: первый завтрак, второй завтрак, обед и ужин. Набор продуктов выбирается в соответствии с вкусовыми требованиями каждого космонавта: куриное филе, язык говяжий, сыр, пирожки с паюсной икрой, ветчина, колбасы, вобла, хлеб бородинский и столовый, различные фрукты и соки, кондитерские изделия. Как видите, меню совсем не плохое.

ГДЕ ВЗЯТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

В повседневной жизни мы привыкли пользоваться радиоприемниками, телевизорами, электробритвами и т. д. Чтобы мог работать тот или иной прибор, достаточно включить его в сеть.

Откуда же взять электроэнергию для приведения в действие аппаратуры, установленной на борту космического корабля? Очевидно, нужно иметь свою электростанцию, которая вырабатывала бы электрическую энергию. Но при этом нельзя забывать о главном требовании, предъявляемом ко всей космической технике,— иметь минимальную массу, безотказно работать в течение длительного времени.

Существуют различные типы установок, пригодных для выработки электроэнергии на борту космического корабля. Целесообразнее использовать для этих целей солнечную энергию. Но как превратить энергию излучения Солнца в электрическую?

Можно представить такую установку. На наружной поверхности корабля смонтировано большое зеркало специальной формы так, что на него в любой момент времени падают лучи Солнца. В фокусе зеркала имеется змеевик, по которому непрерывно циркулирует жидкость. Нагреваясь солнечным теплом, жидкость испаряется. Пар вращает турбину, а турбина — генератор, вырабатывающий электрический ток. Рассмотренная конструкция хотя и возможна, но практического применения пока не получила.

На космических кораблях широко применяют преобразование солнечной энергии в электрическую с помощью полупроводниковых солнечных батарей. Солнечные батареи изготавливают, как правило, в виде больших по площади панелей, которые на Земле и во время подъема корабля находятся в сложенном состоянии, а после выхода на орбиту они развертываются. На поверхности таких панелей наклеиваются тонкие пластинки специального вещества (например, кремния, сульфида кадмия или арсенида галлия).

Солнечные батареи используют даровой источник энергии, но это еще не означает, что с их помощью просто и выгодно получать электрическую энергию на космическом корабле. В космическом пространстве у солнечных батарей есть весьма опасный враг. Это космическая пыль и микрометеорные тела, которые, действуя, как песок, царапают поверхность панели и тем самым понижают коэффи-

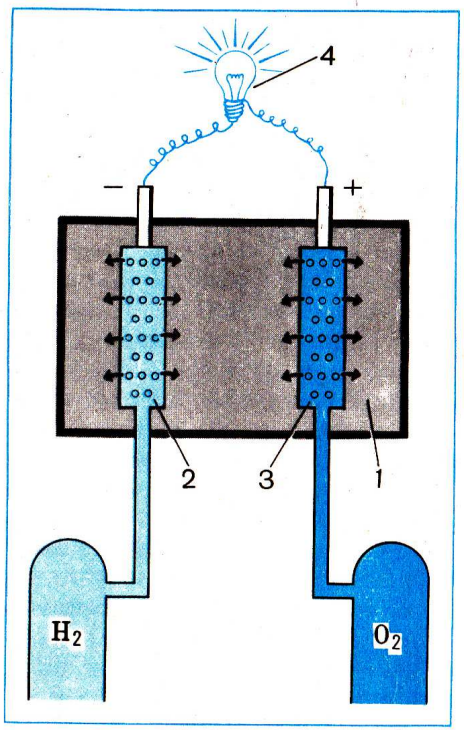


Рис. 25. Схема водородно-кислородного топливного элемента.
1 — электролит — водный раствор щелочи КОН; 2 — водородная камера; 3 — кислородная камера; 4 — потребитель электроэнергии.

циент полезного действия солнечных батарей.

При коротком полете это не так страшно, так как поверхность панели не успевает заметно ухудшить свои свойства. А если полет происходит длительно, да еще далеко от Земли и нет возможности заменить панели, то в подобной ситуации космический корабль может остаться без электроэнергии.

Специалисты в области энергетических установок ведут работу по изысканию других способов получения электрической энергии на космических летательных аппаратах. Значительный интерес представляют так называемые топливные элементы, в которых химическая энергия топлива непосредственно превращается в электрическую.

Для питания топливных элементов применяют водород и кислород, а в результате происходящих в них процессов получают электрическую энергию и воду.

Как же работают топливные элементы? Когда горючее вещество соединяется с окислителем (например, водород с кислородом), происходит горение — атомы горючего и окислителя, соединяясь друг с другом, образуют молекулу нового вещества.

В топливных элементах горение в том виде, к которому мы привыкли, отсутствует. Атомы горючего вещества и окислителя в топливном элементе реагируют друг с другом электрохимически. Выделяющаяся при этом вода может быть использована. Какими же достоинствами обладают топливные элементы? Главное их достоинство — высокий коэффициент полезного действия. Топливные элементы позволяют превратить химическую энергию топлива в электрическую почти без потерь (рис. 25).

Но не только высокий коэффициент полезного действия (теоретический КПД — 83%) определяет достоинства топливных элементов. В них нет вращающихся или трущихся частей. При их работе не создается шума, не образуются выхлопные газы. Все это делает

топливные элементы одним из перспективных источников электрической энергии на борту космического корабля.

Для выработки электроэнергии также используют энергию, выделяющуюся в результате радиоактивного распада изотопа. Эта энергия может быть преобразована в электрическую с помощью преобразователей, которые компонуются вокруг изотопного источника энергии, образуя вместе с ним так называемый радиоизотопный генератор.

Для радиоизотопных генераторов с ресурсом работы до нескольких месяцев наиболее предпочтительными являются короткоживущие изотопы (период полураспада менее полугода) полоний-210 и кюрий-242, а для радиоизотопных генераторов с ресурсом работы до нескольких лет — долгоживущие изотопы плутоний-238, кюрий-244.

В 1969 г. экипаж космического корабля «Аполлон-12» установил на поверхности Луны комплект научных приборов, электроэнергию для которых вырабатывал радиоизотопный генератор мощностью около 70 Вт. Генератор проработал более 5 лет. В СССР изотопные генераторы были исследованы на спутниках серии «Космос».

ОДЕЖДА ДЛЯ ВАКУУМА

В замкнутом объеме герметической кабины заключена частичка земной атмосферы: такое же, как на Земле, атмосферное давление и состав воздуха. Здесь космонавт может жить и работать в течение длительного времени. Надежна и многократно испытана космическая техника. Но полеты в космос связаны с определенным риском. Разгерметизация кабины при встрече с метеорным телом, пожар, который может возникнуть,— вот обстоятельства, могущие создать аварийную обстановку. При разгерметизации кабины на большой высоте космонавт погибнет, если на нем нет скафандра.

Скафандр — это, по существу, та же кабина, но сжатая до минимально возможных размеров (рис. 26). Скафандр — замечательное творение космической техники. В его конструкции воплощены последние достижения науки и техники. В разработке скафандра участвуют самые различные специалисты: ученые и инженеры, врачи и физиологи.

Скафандр является универсальным снаряжением для космонавта: он не только защищает его от низкого барометрического давления, но при попадании в воду обеспечит плавучесть, а в случае возникновения пожара предохранит от огня.

При разгерметизации кабины скафандр включается в работу немедленно и автоматически.

Важность и сложность задач, возлагаемых на скафандр и его системы, заставляют предъявлять к нему весьма жесткие требования. Эти требования подразделяются на физиологические и технические.

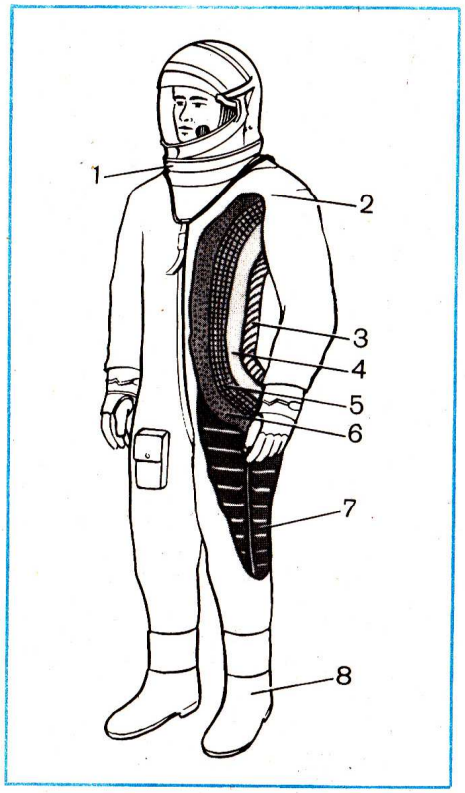


Рис. 26. Устройство спасательного скафандра.

1 — съемный шлем; *2* — верхняя одежда; *3* — силовая оболочка; *4* — герметическая оболочка; *5* — теплозащитный костюм; *6* — вентилирующая система; *7* — силовая система; *8* — съемный ботинок.

Физиологические требования характеризуют скафандр с точки зрения обеспечения нормальной жизнедеятельности человека: «высота» в скафандре[1], количество подаваемого кислорода и др.

[1] Когда говорят о «высоте» в скафандре, то под этим подразумевают давление, которое соответствует этой высоте. Так, например, если «высота» в скафандре 10 км, то это означает, что под его оболочкой поддерживается такое же давление, как на высоте 10 км, т. е. 26,2 кПа (197 мм рт. ст.).

Технические требования связаны с прочностью, надежностью и т. д.

Напомним читателю, что с подъемом на высоту уменьшается давление воздуха и соответственно ему давление содержащихся в нем газов. В итоге меньше кислорода поступает в кровь, а кровь, в свою очередь, меньше доставляет его тканям, и нормальная жизнедеятельность человека нарушается.

Уменьшение давления кислорода компенсируют увеличением его процентного содержания. Если для дыхания подается чистый кислород, то человек может находиться на высоте 10 км. Высота 12 км является предельной; на больших высотах, даже вдыхая чистый кислород, человек может жить считанные минуты. Таким образом, чтобы не нарушился процесс дыхания, «высота» в скафандре должна быть не более 10 км.

Следующее обстоятельство, с которым необходимо считаться при выборе режима работы скафандра,— это болевые ощущения, которые могут возникнуть у человека, находящегося на высоте более 7 км.

На этой высоте азот, растворенный в тканях организма, переходит в газообразное состояние. Появившиеся пузырьки газа нарушают кровоснабжение жизненно важных органов или вызывают боли, оказывая давление на нервные окончания. Вот второй важный критерий: чтобы не возникли высотные боли, «высота» в скафандре должна быть не более 7 км.

Таким образом, в космическом скафандре желательно иметь два режима:

— «высота» 7 км — для длительного пребывания в скафандре без высотных болей;

— «высота» 10 км, обеспечивающая потребность организма в кислороде и выполнение заданной работы с минимальной затратой сил.

Если космонавт находится в спокойном состоянии или работа, которую он выполняет, не требует больших усилий, то и «высота» в скафандре равна 7 км.

Если космонавт выполняет работу, требующую больших усилий, то «высота» в скафандре увеличивается до 10 км.

Человека в скафандре нужно обеспечить кислородом для дыхания, но не следует забывать, что организм непрерывно выделяет влагу и тепло. Влагу и тепло следует выводить из скафандра, иначе белье станет мокрым, а температура тела начнет повышаться и наступит тепловой удар. Чтобы этого избежать, скафандр снабжают системой трубок (вентилирующей системой), по которой непрерывно пропускается воздух. Воздух забирает избыток тепла, способствует испарению влаги и удалению ее из подскафандрового пространства (рис. 27).

Современные скафандры применяются не только как аварийно-спасательное средство при разгерметизации кабины, но и для выхода космонавтов в открытый космос.

Таким образом, в зависимости от назначения скафандры разделяются на *аварийно-спасательные* (или просто спасательные) и для *выхода в космос*.

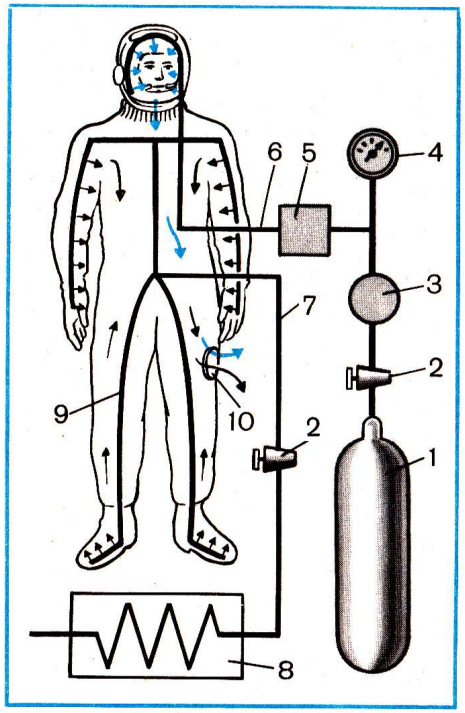


Рис. 27. Схема системы вентиляции скафандра.

1 — кислородный баллон; *2* — кран; *3* — редуктор; *4* — манометр; *5* — кислородный прибор; *6* — трубопровод подачи кислорода; *7* — трубопровод подачи воздуха для вентиляции; *8* — теплообменник; *9* — трубки вентилирующей системы; *10* — регулятор давления.

У этих двух типов скафандров много общего, но есть и конструктивные отличия.

Как устроен спасательный скафандр. Работы по созданию скафандров в СССР начались около 50 лет назад. С тех пор скафандры прошли большой путь развития — от малоподвижного герметичного комбинезона до сложного технического устройства.

Перечислим основные части скафандра. Прежде всего сле-

дует упомянуть оболочку, удерживающую заключенный в ней воздух, затем шлем с прозрачным остеклением, верхнюю одежду и целый ряд приборов, которые регулируют работу скафандра.

Оболочка скафандра изготавливается в виде комбинезона с чулками и съемными перчатками. Каждому космонавту в соответствии с особенностями его фигуры изготавливают «свой» скафандр.

Движения человека в скафандре ограничены. Оболочка скафандра под действием внутреннего давления всегда стремится распрямиться. Согнуть штанину или рукав не так-то просто, и, чем больше внутреннее давление, тем труднее это сделать. Чтобы обеспечить подвижность, скафандр снабжают шарнирами. Их размещают в области суставов (плечевых, локтевых, коленных, пальцев рук и т. д.).

Давление в скафандре поддерживается регулятором. При повороте регулятора до упора вправо «высота» в скафандре 7 км. Но если повернуть его влево, давление упадет до значения, соответствующего высоте 10 км.

Теперь несколько слов о верхней одежде для скафандра. Можно сказать, что верхняя одежда — это своего рода спецовка, которую космонавт надевает на скафандр. Читатель понимает, что к космической спецовке предъявляется много требований. Во-первых, она формирует внешний вид космонавта. Во-вторых, она предназначена для защиты оболочки скафандра от повреждений, а также для хранения различных предметов и документов.

Цвет верхней одежды выбирается в соответствии с назначением скафандра. Так, например, верхняя одежда скафандра Юрия Алексеевича Гагарина была оранжевого цвета. Этот цвет хорошо виден на фоне синего моря и белого снега и позволяет быстро обнаружить космонавта, совершившего вынужденную посадку.

Для изготовления одежды применяются прочные ткани из негорючих материалов.

Скафандр для выхода в космос. Очевидно, что дальнейшее развитие космической техники пойдет по пути создания больших орбитальных станций, тяжелых межпланетных кораблей.

Эти сложные устройства будут собираться и испытываться на орбите из секций, прибывающих с Земли. Космонавты будут управлять буксировщиками, сварочными аппаратами и прочими машинами, производящими сборку кораблей и монтаж оборудования.

Выход человека в космос будет также необходим для ремонта установленного на поверхности корабля оборудования: солнечных батарей, антенн, астрономических приборов, монтажа нового и замены устаревшего оборудования.

До первого выхода в космос высказывались противоречивые предположения. Одни считали: космонавт приварится к кораблю. Другие утверждали: бесконечное пространство вызовет

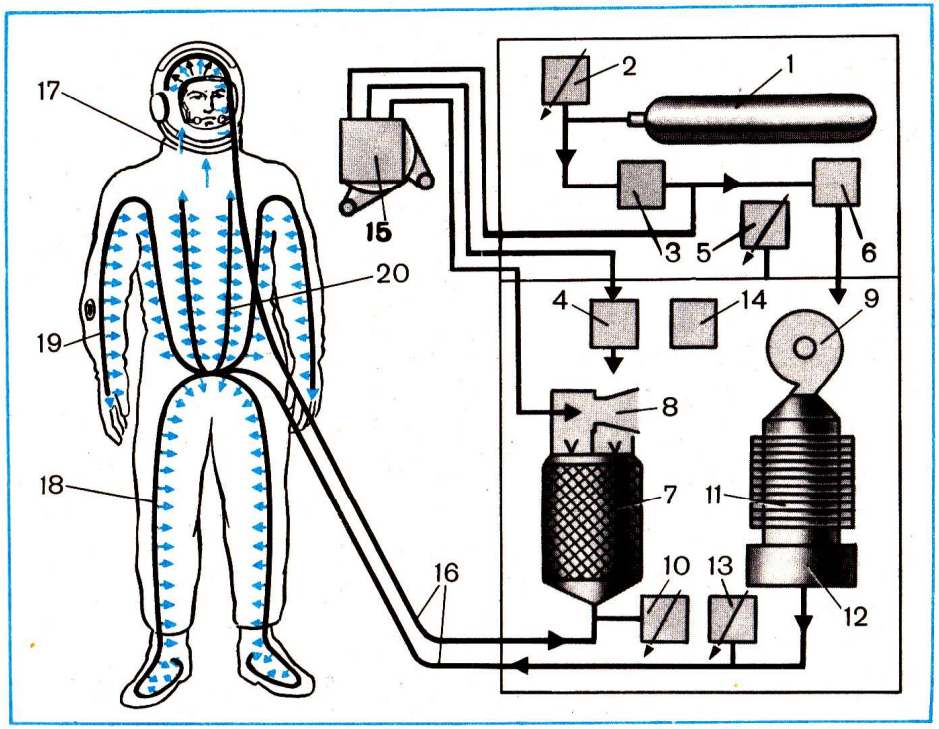


Рис. 29. Схема устройства регенерационного скафандра.

1 — баллон с кислородом; *2* — манометр; *3* и *6* — редуктор; *4, 5, 10, 13* — датчики телеметрического контроля; *7* — регенерационный патрон; *8* — инжектор; *9* — центробежный вентилятор; *11* — теплообменник; *12* — влагоотделитель; *14* — блок измерительной аппаратуры; *15*— дистанционное управление; *16* — трубопроводы подачи газа в скафандр и забора из него; *17* — направление потока вентилирующего газа под оболочкой скафандра; *18* — шланг для вентиляции ног; *19* — шланги вентилирующей системы рук; *20* — шланги для вентиляции туловища.

По-моему, самая важная причина спокойствия (хотя я по характеру далеко не хладнокровен) — это всесторонняя подготовленность к выходу в свободный космос. Я имею в виду подготовку на Земле».

Скафандр А. А. Леонова был вентиляционного типа (выдыхаемые газы, содержащие кислород, выбрасывались наружу). Такая система расходует много кислорода (более 30 л в минуту).

Перед учеными и конструкторами была поставлена задача создать более экономичный скафандр и тем самым увеличить время пребывания космонавта в открытом космосе. Для удовлетворения этих требований необходимо было разработать принципиально новую установку, в которой происходит очистка выдыхаемых газов от вредных примесей и влаги, после чего они вновь используются.

Устройство этой системы показано на рисунке 29. Установленный в ранце вентилятор обеспечивает циркуляцию кислорода между ранцем и скафандром. С помощью трубок вентилирующей системы кислород по-

ступает ко всем частям тела — охлаждает их, способствует испарению и удалению влаги. Очистка газов (поглощение CO_2 и прочих примесей) происходит в специальном патроне аналогично тому, как это делается в противогазе.

Еще одна особенность — наличие холодильника. Принцип действия холодильника весьма прост. Здесь используется свойство воды кипеть в вакууме при температуре около 0°С. Изготовлен холодильник в виде бачка, вмещающего примерно 3 л воды.

Кислород находится в баллоне под большим давлением. Прежде чем попасть в скафандр, он пройдет через редукторы и давление его существенно снизится.

Но представьте себе, что герметичность скафандра по какой-нибудь причине вдруг будет нарушена. Тогда кислород моментально устремится в образовавшееся отверстие и давление в скафандре начнет падать. Конструкторы предусмотрели и это. Как только давление начнет снижаться, специальные автоматы немедленно среагируют. По команде подача кислорода будет увеличена.

В качестве дополнительной гарантии на бедре космонавта размещен баллон с кислородом. Если потянуть за ручку пускового устройства, кислородный поток устремится в шлем.

ТРИ ПОКОЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ

Космические корабли «Восток». 12 апреля 1961 г. трехступенчатая ракета-носитель доставила на околоземную орбиту космический корабль «Восток», на борту которого находился гражданин Советского Союза Юрий Алексеевич Гагарин.

Трехступенчатая ракета-носитель (рис. 30) состояла из четырех боковых блоков (I ступень), расположенных вокруг центрального блока (II ступень). Над центральным блоком помещена III ступень ракеты. На каждом из блоков I ступени был установлен четырехкамерный жидкостно-реактивный двигатель РД-107, а на II ступени — четырехкамерный реактивный двигатель РД-108. На III ступени был установлен однокамерный жидкостно-реактивный двигатель с четырьмя рулевыми соплами.

Корабль «Восток» (рис. 31) состоял из соединенных вместе спускаемого аппарата и приборно-агрегатного отсека. Масса корабля около 5 т.

Спускаемый аппарат (кабина экипажа) был выполнен в виде шара диаметром 2,3 м. В спускаемом аппарате было установлено кресло космонавта, приборы управления, система жизнеобеспечения. Кресло располагалось таким образом, чтобы возникающая при взлете и посадке перегрузка оказывала на космонавта наименьшее действие.

В кабине поддерживалось нормальное атмосферное давление и такой же, как на Земле, состав воздуха. Шлем скафандра был открыт, и космонавт дышал воздухом кабины.

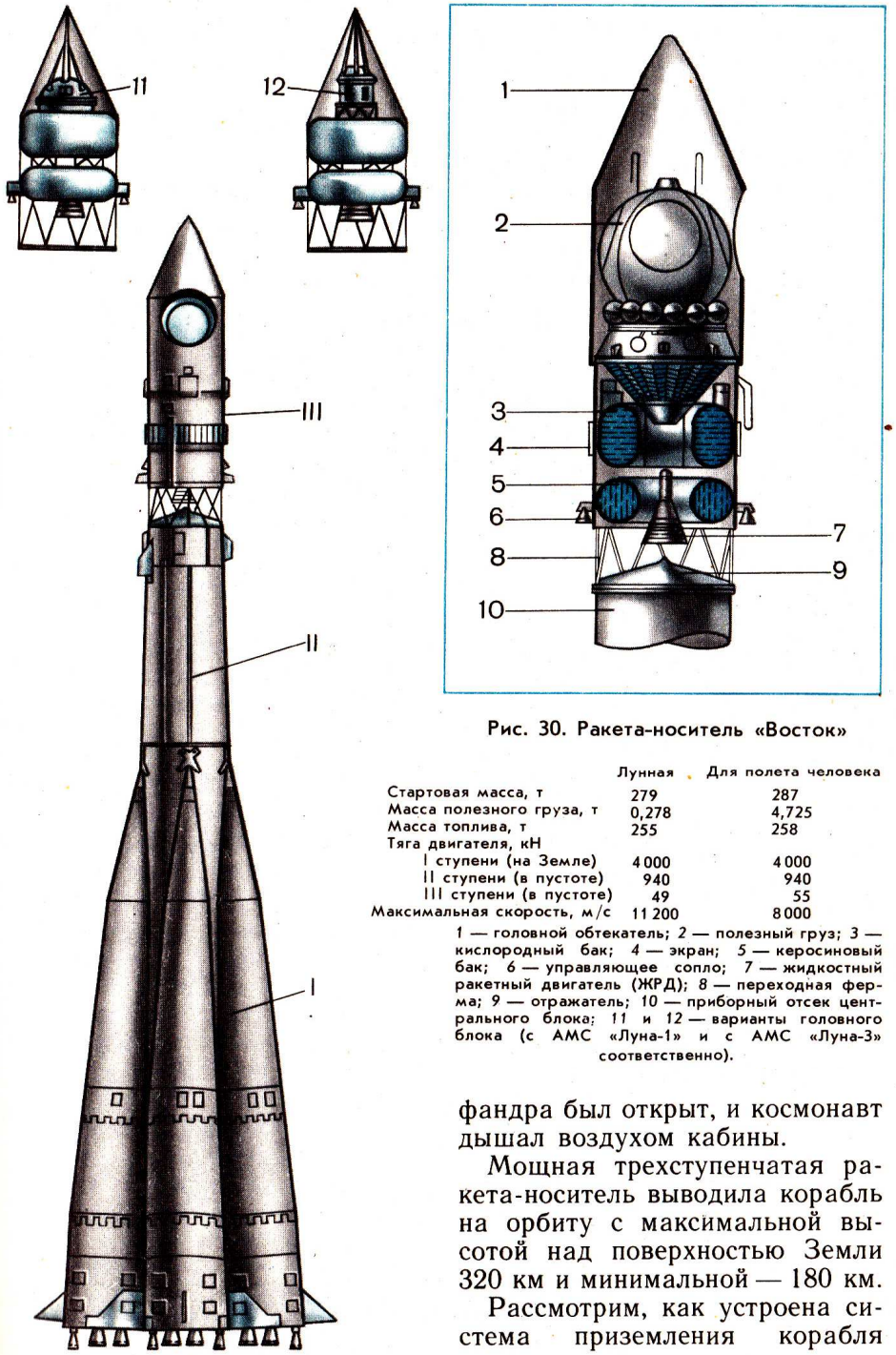


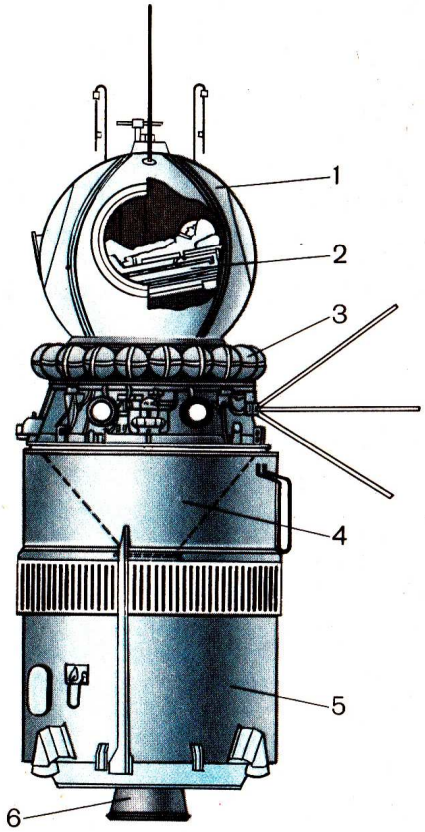
Рис. 30. Ракета-носитель «Восток»

	Лунная	Для полета человека
Стартовая масса, т	279	287
Масса полезного груза, т	0,278	4,725
Масса топлива, т	255	258
Тяга двигателя, кН		
I ступени (на Земле)	4 000	4 000
II ступени (в пустоте)	940	940
III ступени (в пустоте)	49	55
Максимальная скорость, м/с	11 200	8 000

1 — головной обтекатель; *2* — полезный груз; *3* — кислородный бак; *4* — экран; *5* — керосиновый бак; *6* — управляющее сопло; *7* — жидкостный ракетный двигатель (ЖРД); *8* — переходная ферма; *9* — отражатель; *10* — приборный отсек центрального блока; *11* и *12* — варианты головного блока (с АМС «Луна-1» и с АМС «Луна-3» соответственно).

Мощная трехступенчатая ракета-носитель выводила корабль на орбиту с максимальной высотой над поверхностью Земли 320 км и минимальной — 180 км.

Рассмотрим, как устроена система приземления корабля



«Восток» (рис. 32). После включения тормозного двигателя скорость полета уменьшалась и начиналось снижение корабля.

На высоте 7000 м открывалась крышка люка и из спускаемого аппарата выстреливалось кресло с космонавтом. В 4 км от Земли кресло отделялось от космонавта и падало, а он продолжал спуск на парашюте. На 15-метровом шнуре (фале) вместе с космонавтом спускался неприкосновенный аварийный запас (НАЗ) и лодка, которая автоматически надувалась при посадке на воду.

Независимо от космонавта на высоте 4000 м раскрывался тормозной парашют спускаемого аппарата и скорость падения его существенно уменьшалась. В 2,5 км от Земли раскрывался основной парашют, плавно опускающий аппарат на Землю.

Космические корабли «Восход». Расширяются задачи космических полетов и соответственно совершенствуются космические корабли. 12 октября 1964 г. сразу три человека поднялись в космос на корабле «Восход»: В. М. Комаров (командир корабля), К. П. Феоктистов (ныне доктор физико-математических наук) и Б. Б. Егоров (врач).

Новый корабль существенно отличался от кораблей серии «Восток». Он вмещал трех космонавтов, имел систему мягкой посадки. «Восход-2» имел шлюзовую камеру для выхода из корабля в открытый космос

Рис. 31. Космический корабль «Восток».

1 — спускаемый аппарат; 2 — катапультируемое кресло; 3 — баллоны со сжатым воздухом и кислородом; 4 — тормозной ракетный двигатель; 5 — третья ступень ракеты-носителя; 6 — двигатель третьей ступени.

«Союз» — третье поколение космических кораблей. Корабль «Союз» состоит из орбитального отсека, спускаемого аппарата и приборно-агрегатного отсека.

В кабине спускаемого аппарата расположены кресла космонавтов. Форма кресла позволяет легче переносить перегрузки, возникающие при взлете и посадке. На кресле расположены ручка управления ориентацией корабля и ручка управления скоростью при маневрировании. Специальный амортизатор смягчает удары, возникающие при посадке.

На «Союзе» имеются две автономно действующие системы жизнеобеспечения: система жизнеобеспечения кабины и система жизнеобеспечения скафандра.

Система жизнеобеспечения кабины поддерживает в спускаемом аппарате и орбитальном отсеке привычные для человека условия: давление воздуха около 101 кПа (760 мм рт. ст.), парциальное давление кислорода около 21,3 кПа (160 мм рт. ст.), температуру 25—30°С, относительную влажность воздуха 40—60%.

Система жизнеобеспечения производит очистку воздуха, собирает и хранит отходы. Принцип работы системы очистки воздуха основан на использовании кислородосодержащих веществ, поглощающих углекислый газ и часть влаги из воздуха и обогащающих его кислородом (см. рис. 23). Регулирование температуры воздуха в кабине производится с помощью радиаторов, установленных на наружной поверхности корабля. С работой системы охлаждения мы уже ознакомили читателей (см. рис. 24).

Автобус подъехал к стартовой позиции. Из него вышли космонавты и направились к ракете. В руке у каждого чемоданчик. Очевидно, многие сочли, что там уложено самое необходимое для дальней дороги. Но если присмотреться внимательно, то можно заметить, что чемоданчик связан с космонавтом гибким шлангом.

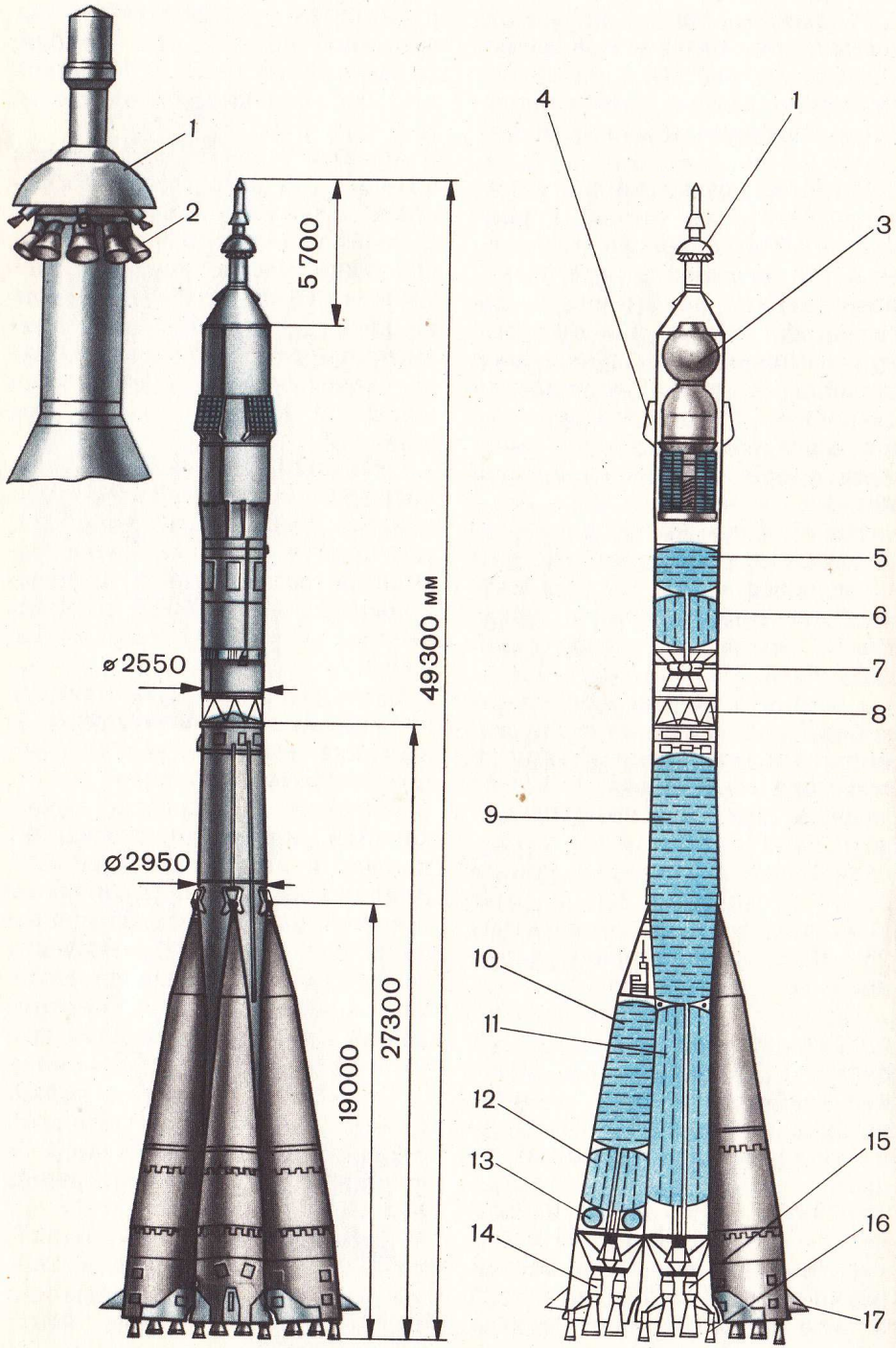
Скафандр ведь необходимо непрерывно вентилировать, чтобы удалять выделяемую космонавтом влагу. В чемоданчике находится вентилятор с электроприводом и источник электроэнергии — аккумуляторная батарея.

Вентилятор засасывает воздух из окружающей атмосферы и прогоняет его через вентилирующую систему скафандра.

Подойдя к открытому люку корабля, космонавт отсоединит шланг и войдет в корабль. Заняв свое место в рабочем кресле корабля, он подсоединится к системе жизнеобеспечения скафандра и закроет иллюминатор шлема. С этого момента воздух в скафандр подается вентилятором (150—200 л в мин).

Но если давление в кабине начнет падать, то включится аварийная подача кислорода из специально предусмотренных баллонов.

Космический корабль «Союз Т» создан на базе корабля «Союз». «Союз Т-2» впервые выведен на орбиту в июне 1980 г.



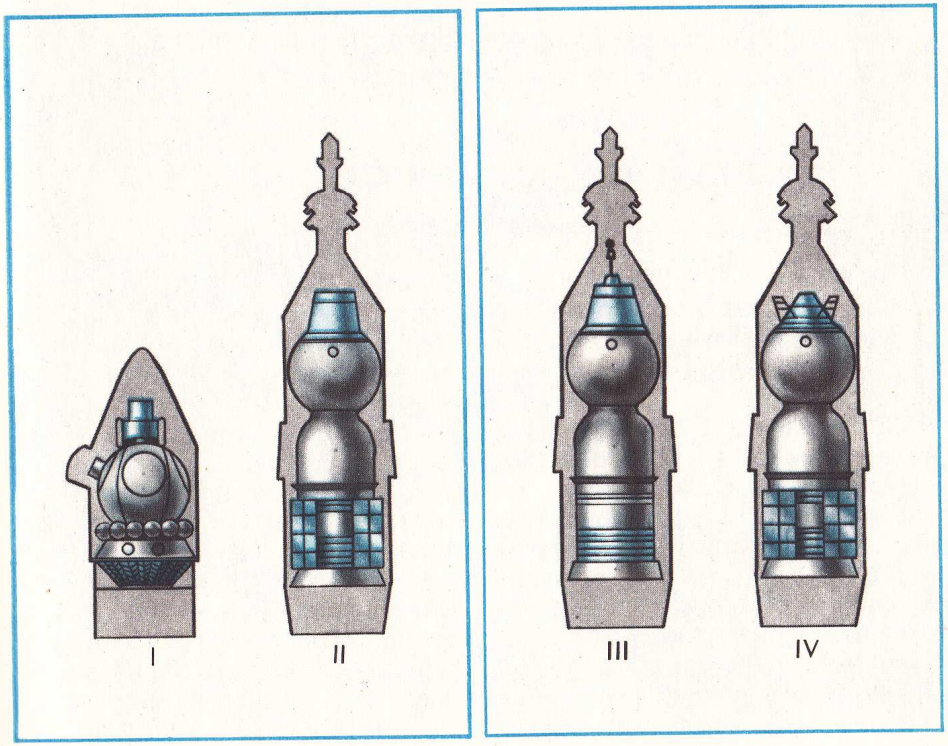


Рис. 34. Ракета-носитель «Союз».

Стартовая масса, т	300
Масса полезного груза, кг	
«Союз»	6800
«Прогресс»	7020
Тяга двигателей, кН	
I ступени	4000
II ступени	940
III ступени	294
Максимальная скорость, м/с	8000

1 — система аварийного спасения (САС); *2* — пороховые ускорители; *3* — корабль «Союз»; *4* — стабилизирующие щитки; *5* и *6* — топливные баки III ступени; *7* — двигатель III ступени; *8* — ферма между II и III ступенями; *9* — бак с окислителем II ступени; *10* — бак с окислителем I ступени; *11* и *12* — баки с горючим I ступени; *13* — бак с жидким азотом; *14* — двигатель I ступени; *15* — двигатель II ступени; *16* — камера управления; *17* — воздушный руль.

Варианты головного блока.

I — с кораблем «Восход-2»; *II* — с кораблем «Союз-5»; *III* — с кораблем «Союз-12»; *IV* — с кораблем «Союз-19».

с экипажем в составе командира корабля Ю. В. Малышева и бортинженера В. В. Аксенова. Новый корабль создан с учетом опыта разработки и эксплуатации КК «Союз» — состоит из орбитального (бытового) отсека с агрегатом стыковки, спускаемого аппарата и приборно-агрегатного отсека новой конструкции. На «Союзе Т» установлены новые бортовые системы, в том числе радиосвязи, ориентации, управления движением, и бортовой вычислительный комплекс. Стартовая масса корабля 6850 кг. Расчетная продолжительность автономного полета 4 суток, в составе орбитального комплекса 120 суток. Чем дольше работает на станции ее экипаж, тем больше расходует он кислорода, топлива, продуктов питания, воды и других полезных материалов. Наступает момент,

когда расходы должны быть как-то восполнимы, и делается это с помощью грузовых транспортных кораблей «Прогресс», также созданных на базе корабля «Союз».

ОРБИТАЛЬНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

АРХИТЕКТУРА И СИЛА ТЯЖЕСТИ

Прежде всего разберемся, в чем принципиальное отличие орбитальной космической станции от орбитального космического корабля.

Орбитальный космический корабль является транспортным средством, доставляющим на орбиту людей и различные грузы. Орбитальная космическая станция (ОКС) — это специально созданное и соответствующим образом оборудованное сооружение или комплекс сооружений, расположенных на орбитах вокруг Земли или других планет и в открытом космическом пространстве.

ОКС может быть своеобразной лабораторией в космосе, на которой размещено различное оборудование для проведения наблюдений и исследований природных ресурсов Земли. Станция может служить базой, где будут заправляться топливом различные летательные аппараты, с нее может производиться запуск межпланетных кораблей. К ней могут причаливать корабли, возвращающиеся из дальних странствий.

Выбор орбиты зависит прежде всего от ее назначения. Малая высота орбиты невыгодна из-за сокращения продолжительности существования, так как станция будет попадать в сравнительно плотные слои атмосферы и тормозиться.

Плоскость орбиты должна быть определенным образом ориентирована относительно плоскости экватора. При выведении станции на орбиту, которая лежит в плоскости экватора, а запуск производится тоже на экваторе с запада на восток, т. е. по направлению вращения Земли, энергия, затрачиваемая при этом, будет минимальной. Однако экваториальные и близкие к ним орбиты совершенно не пригодны для геофизических наблюдений, поскольку с таких орбит обзору доступна лишь небольшая полоса вдоль экватора. Полярные орбиты, плоскость которых проходит через полюсы Земли, обеспечивают наблюдение всей земной поверхности. Они выгодны также при использовании ОКС в качестве промежуточной базы, так как космические корабли, стартующие с ее борта, могут иметь сравнительно небольшую защиту от излучений (в районе полюсов интенсивность радиации близка к нулю).

Современные орбитальные станции (см. передний форзац) рассчитаны на работу экипажей в составе 2—5 человек. Высокая степень автоматизации управления бортовой аппаратурой позволяет такому экипажу проводить целый комплекс сложнейших экспериментов. Время работы станции исчисляется многими месяцами. Однако в будущем может оказаться целесообразной постройка станций, которые смогут работать не только годы, но и десятилетия и иметь сменные экипажи в 20—30 человек. В перспективе можно говорить о сверхкрупных многоцелевых комплексах, рассчитанных на экипажи до 100 человек и более.

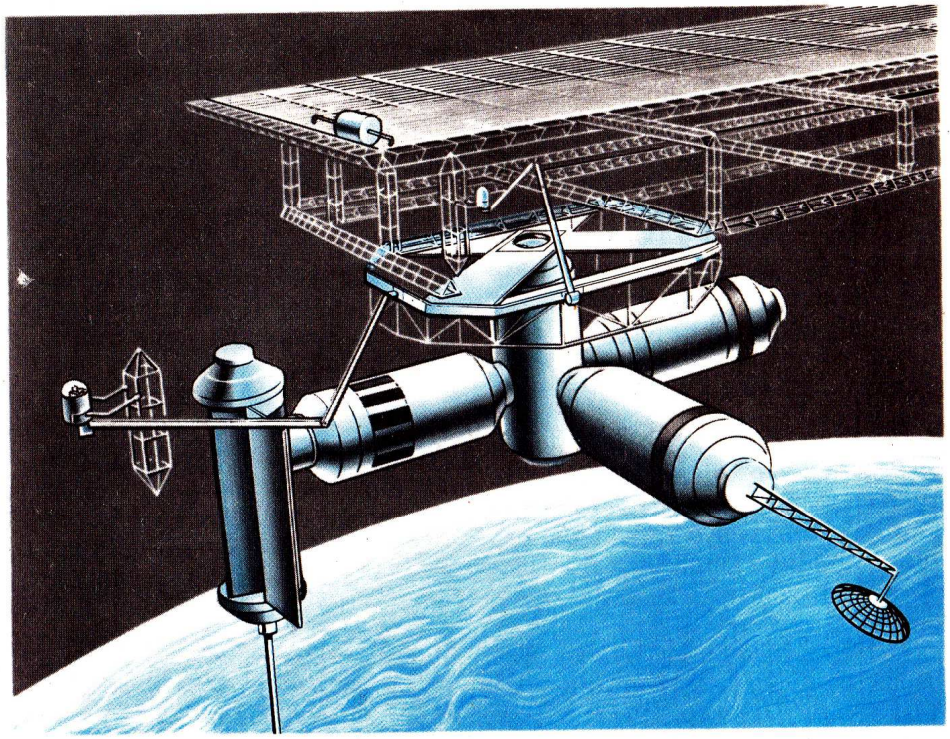


Рис. 35. Сборка блочной (модульной) станции на околоземной орбите (проект).

Для создания крупных орбитальных комплексов будущего придется, очевидно, применять сборку на орбите. Их станут монтировать из секций и блоков, по отдельности доставляемых с Земли. Каждая запускаемая в отдельности секция для сборки большой станции может представлять собой, например, лабораторию определенного назначения или жилой отсек. Наиболее целесообразной геометрической формой типовой станции является сфера или цилиндр. Такие секции имеют минимальную массу при заданном полезном объеме, они удобны и хорошо вписываются в контур ракеты-носителя. Собранная из таких блоков станция может иметь произвольную конфигурацию (рис. 35).

Первоначально считали, что сборку будут выполнять космо-

навты в скафандрах с индивидуальными средствами передвижения — поясными миниатюрными двигателями, реактивными пистолетами. Космонавты должны были бы в этом случае транспортировать блоки и стыковать их. Сегодня это выглядит, пожалуй, слишком кустарно. Сближение и причаливание, а также стыковку отдельных секций можно будет выполнять с помощью специального летательного монтажного аппарата — что-то вроде космического крана-буксировщика. Для выполнения монтажных работ буксировщик будет оборудован руками-манипуляторами, которые и произведут всевозможные операции.

Известный советский ученый академик А. А. Благонравов (1894—1975) писал: «Настанет время, когда будет совершать свой путь вокруг Земли постоянно действующая станция — лаборатория, на которую станут «летать в командировку» исследователи, чтобы работать в нормальных, обеспеченных комфортом условиях и возвращаться, когда необходимо, к своим обязанностям на Земле. Станцию свяжет с Землей не только радиосвязь, но и регулярная космическая почта. Подавая время от времени небольшие запасы топлива, можно будет обеспечить долговременное существование станции, приводя в работу двигатели, восстанавливающие скорость полета станции вследствие ее торможения в верхних слоях атмосферы».

Радиация, вакуум, большой перепад температур, невесомость — вот далеко не полный перечень факторов, с которыми встретился человек в космическом пространстве.

Вакууму противопоставили герметическую кабину, в которой сохраняется земная атмосфера. От радиационных излучений в известной степени защищает оболочка корабля. Температурному перепаду тоже нашли противодействие — многослойную изоляцию из алюминизированной органической пленки. А вот какое действие на организм человека окажет длительное пребывание в состоянии невесомости, пока неясно.

Если будущие исследования покажут, что человек может жить в этих новых для него условиях, то это окажет решающее влияние на устройство и внешний облик орбитальных космических станций. Если же организм человека не сможет находиться в состоянии невесомости в течение длительного времени, то придется создать искусственное поле тяготения: при помощи двигателя вращать космические объекты и тем самым создавать хотя бы частичную силу тяжести. Однако для этого потребуется дополнительная энергия.

Еще в 1895 г. К. Э. Циолковский предложил создать искусственную силу тяжести, причем он не настаивал на точном воспроизведении земной тяжести.

Можно разработать станцию в виде тора («баранки»), вращающегося вокруг оси, как колесо. На вращающейся станции

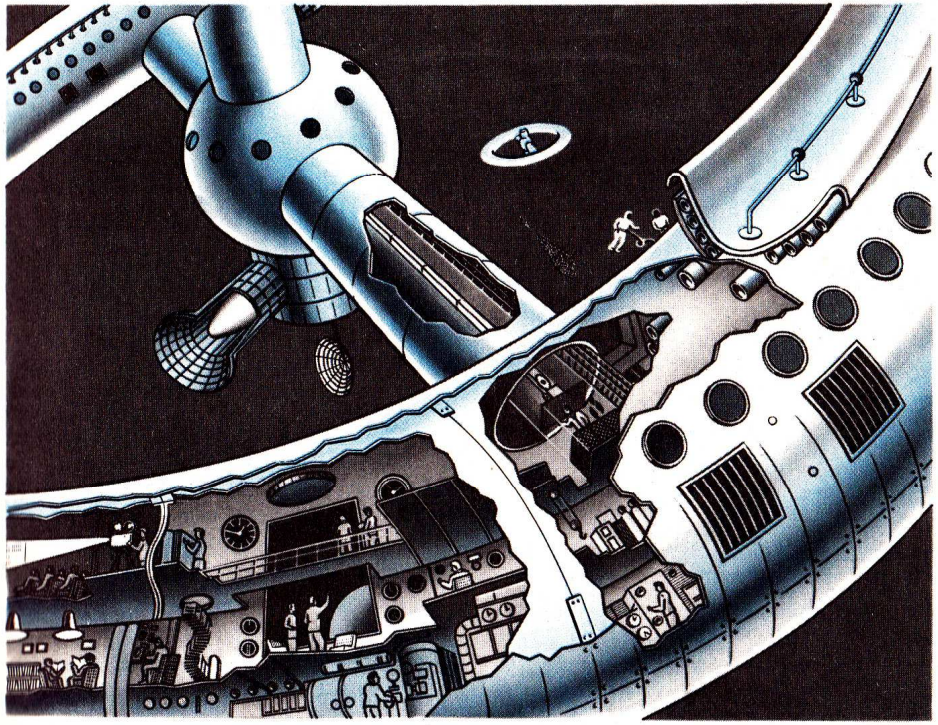


Рис. 36. Проект орбитальной станции. Станция представляет собой большое колесообразное трехпалубное сооружение диаметром 80 м, разделенное на отсеки. С целью создания искусственной силы тяжести станция вращается вокруг оси со скоростью 1 об за 22 с.

все предметы, находящиеся внутри нее, под действием центробежной силы будут прижиматься к наружной стенке, которую можно считать полом. Такая искусственная тяжесть ничем не отличается от настоящей (рис. 36).

Изменяя скорость вращения станции, можно увеличивать или уменьшать силу тяжести.

КАК ОБЕСПЕЧИТЬ ЖИЗНЬ НА КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Человеку в течение суток нужно кислорода 1200 г, обезвоженных продуктов 600 г, воды для питья и разбавления пищи около 2200 г, 20 г соли, витамины, кроме того, воды для хозяйственных и санитарно-гигиенических нужд не менее 2000 г.

Таким образом, самым весомым продуктом является вода — 4,2 кг в сутки. Нетрудно подсчитать, что экипажу из 2 человек понадобится в течение месяца 72 кг кислорода, 252 кг воды, 36 кг обезвоженных продуктов питания. Ну, а как быть, если полет более длительный?

Проблему можно решить, если организовать на станции очист-

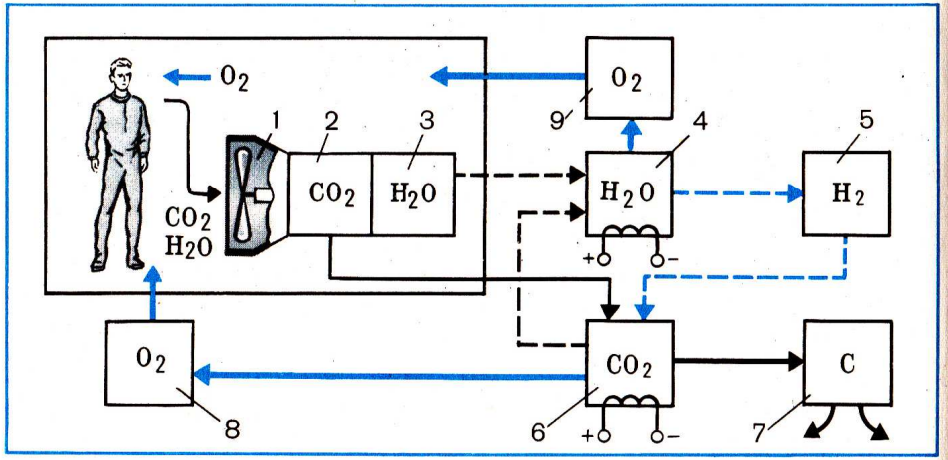


Рис. 37. Возможная схема системы жизнеобеспечения орбитальной станции.

1 — кабинный вентилятор; *2* — поглотитель углекислого газа; *3* — поглотитель влаги; *4* — электролизер; *5* — сборник водорода; *6* — каталитический реактор; *7* — сборник углерода; *8* и *9* — сборники кислорода.

ку воздуха и воды, а продукты питания и воду для питья доставлять с Земли грузовыми кораблями.

Кислород для дыхания. На отечественных космических кораблях и орбитальной станции «Салют» используются кислородосодержащие вещества, которые при взаимодействии с углекислым газом и водой выделяют кислород. Каждый килограмм кислородосодержащего вещества (KO_2 или NaO_2) выделяет около 300 г чистого кислорода. Образующаяся при этом щелочь хранится в виде балласта. Ученые работают и над другими способами получения кислорода. Один из них предусматривает восстановление кислорода из выдыхаемого углекислого газа.

При высоких температурах (примерно 300° С) водород способен вступать в реакцию с углекислым газом, при этом выделяется кислород.

Процесс получения кислорода из углекислого газа состоит из двух стадий: сначала водород окисляется углекислым газом до воды, а затем вода разлагается на кислород и водород (рис. 37).

Но как извлечь углекислый газ из воздуха? Для этого применяют так называемые молекулярные сита (их называют также цеолитами). Молекулярные сита имеют настолько малые отверстия — поры, что через них свободно проходят молекулы таких газов, как азот, кислород и т. п., а молекулы углекислого газа, большие по размерам, задерживаются.

Водоснабжение в космосе. Городские жители для питья пользуются водопроводной водой. Но поступающая в водопровод природная вода проходит предварительную очистку на специальных станциях. В сельской местности питьевую

воду берут из колодцев. Воде, поступающей в колодец, пришлось просачиваться через толщу песка и других пород. Слои почвы служат естественным фильтром, в котором задерживаются загрязнения, попавшие в воду. Таким образом, в природе осуществляется кругооборот воды, при котором загрязненные стоки после естественной очистки снова используются для питья.

Однако не все отходы влаги нуждаются в одинаковой очистке. Проще всего превратить в питьевую воду влагу, находящуюся в атмосфере корабля, которая образуется при испарении пота и дыхании. В этой влаге сравнительно мало загрязнений. Более трудная задача — восстановить воду из продуктов жизнедеятельности человека и довести ее до состояния, пригодного для питья.

Существует много способов очистки (регенерации) воды из продуктов жизнедеятельности человека. Расскажем об одном из них, в котором используется кипячение. Образующиеся при кипении пары направляют в холодильник, где они конденсируются. Полученный конденсат прогоняют еще через систему фильтров, после чего воду можно употреблять для питья и приготовления пищи.

Продукты питания на космической станции. На космической станции космонавты находятся в течение длительного времени, поэтому пища должна быть сбалансированная, в полной мере удовлетворяющая запросам организма.

Самым весомым компонентом является вода. Ее масса в три раза превышает массу продуктов питания. Но воду на корабле можно очищать (регенерировать), после чего повторно использовать для питья и хозяйственных нужд. Поэтому продукты, применяемые на космической станции, подвергаются обезвоживанию, чтобы они имели меньшую массу.

Взять, к примеру, огурец. В нем содержится более 90% воды. Годится такого рода пища для космических полетов? Нет, не годится, слишком много в ней балласта.

Вода имеется почти в каждом продукте — мясе, хлебе, рыбе. Для уменьшения массы этих продуктов их подвергают сублимированию (обезвоживанию). Сублимированные продукты становятся легче и, кроме того, могут храниться при комнатной температуре в течение многих месяцев, не теряя своих вкусовых качеств.

Сублимированию подвергаются не только натуральные продукты, но и такие блюда, как борщ, суп, куриный бульон, антрекот, фарш колбасный, творожный крем, напитки — кофе и какао. Различные соки, хлеб столовый, рижский, бородинский, конфеты, цукаты и др. Всего даже и не перечислишь.

Система питания космической станции — это не только пища, сюда относятся холодильники, в которых хранятся продукты, подогреватели, наборы столовых принадлежностей, контейнеры для сбора и хранения остатков пищи. Паек каждого космонав-

та на один день упакован в отдельном пакете. Энергетическая ценность (калорийность) суточного рациона примерно 12 600 кДж, масса около 1500 г.

Вот что рассказал о своих впечатлениях о полете на станции «Салют-6» летчик-космонавт А. А. Губарев: «Сам процесс еды в условиях невесомости не вызывает больших затруднений, к этому привыкаешь довольно быстро. Трудность в другом — не забыть закрепить пищу на обеденном столе. В первое время это случалось: забудешь об этой предосторожности, что-то плохо укрепишь на столе, повернешься в другую сторону, а со стола улетело второе. Куда? Непонятно. Потом-то мы уже знали, в каком месте надо искать».

Вот, например, пакет: «картофельное пюре с мясом». Видишь только порошок и в нем черные горошинки. Через специальный наконечник нужно наполнить пакет теплой водой и дать этой массе некоторое время размокнуть. Через несколько минут второе блюдо готово. Таким образом приготовляются супы, фруктовые соки и т. д.

В последние годы специалисты усовершенствовали процесс сублимации. Происходит он так. Продукт сначала замораживают в холодильнике, затем его помещают в вакуумную камеру. Здесь лед из твердого состояния сразу переходит в газообразное. Сублимация позволяет сохранить все питательные вещества. Кроме того, продукты, не портясь, могут храниться от года до двух с лишним лет. При сублимации масса продуктов уменьшается в 4—10 раз.

КАК УСТРОЕНА СТАНЦИЯ «САЛЮТ»

Непосредственная работа над «Салютами» началась в конце 60-х гг. Первая орбитальная станция «Салют» была запущена в космос 19 апреля 1971 г., в июне того же года три космонавта Г. Т. Добровольский, В. Н. Волков и В. И. Пацаев провели на ней 23 дня.

В последующие годы были созданы орбитальные научные станции «Салют-2», «Салют-3», «Салют-4», «Салют-5», «Салют-6». Седьмая станция из семейства «Салютов» стартовала 19 апреля 1982 г.

К моменту запуска станции «Салют-7» станция «Салют-6» находилась в космосе уже более 4,5 лет. На ней работали 5 основных экспедиций (с максимальной длительностью 185 суток), 10 экспедиций посещения (длительность от 3 до 7 суток каждая) и одна экспедиция для выполнения ремонтно-восстановительных работ. Осуществлена запланированная программа полетов с участием космонавтов из социалистических стран (9 международных экспедиций). С помощью 12 кораблей «Прогресс» на станцию «Салют-6» доставлено около 20 т грузов. 35 раз выполнялась сложнейшая операция — стыковка корабля со станцией.

«Салют-7» представляет собой усовершенствованный вариант станции. В связи с проведением новых исследований и экспериментов установлены рентгеновский телескоп, приборы для съемок звездного неба, оборудование для технологических экспериментов, усовершенствованное медико-биологическое оборудование, приборы для визуальных наблюдений и исследований, улучшены условия жизни и работы экипажа.

Первым новоселом на станции «Салют-7» был экипаж в составе командира корабля А. Н. Березового и бортинженера В. В. Лебедева. Стартовали они 13 мая 1982 г. в космическом корабле «Союз Т-5». 211 суток продолжалась их вахта на станции «Салют-7». 10 декабря после выполнения запланированной программы А. Н. Березовой и В. В. Лебедев возвратились на Землю.

А. Н. Березовой и В. В. Лебедев приняли и разгрузили четыре грузовых корабля «Прогресс», выступили в роли гостеприимных хозяев, встретив на борту станции членов советско-французского экипажа В. А. Джанибекова, А. С. Иванченкова и Ж.-Л. Кретьена, а также экспедицию посещения — Л. И. Попова, А. А. Сереброва и С. Е. Савицкую. Впервые в истории космонавтики на орбитальной станции стала работать женщина-космонавт. И естественно, основное внимание врачей в научной программе этой экспедиции привлекали медико-биологические исследования воздействия на женский организм факторов космического полета.

Космический корабль «Союз Т-9» стартовал в июне 1983 г. Командир корабля — В. А. Ляхов, бортинженер — А. П. Александров. После стыковки со станцией «Салют-7» экипаж приступил к выполнению программы научных исследований и экспериментов: провел фотосъемку обширных территорий Советского Союза, собрал обширную информацию о состоянии сельскохозяйственных угодий. Космонавты посеяли семена пшеницы и поддерживали необходимые условия для развития семян. В ноябре космонавты вышли в открытый космос и установили дополнительную солнечную батарею для увеличения мощности электропитания станции. Работа в открытом космосе продолжалась 2 ч 50 мин. В процессе второго выхода была установлена дополнительная солнечная батарея. 23 ноября 1983 г. В. А. Ляхов и А. П. Александров возвратились на Землю.

8 февраля 1984 г. стартовал космический корабль «Союз Т-10» с экипажем в составе командира корабля Л. Д. Кизима, бортинженера В. А. Соловьева и космонавта-исследователя О. Ю. Атькова. После стыковки экипаж перешел на борт станции «Салют-7» и приступил к выполнению программы научных исследований и экспериментов.

С 3 по 11 апреля продолжался полет советско-индийского экипажа, стартовавшего на корабле «Союз Т-11». Командир корабля — Ю. В. Малышев, бортинженер — Г. М. Стрекалов,

космонавт-исследователь — гражданин Республики Индии Ракеш Шарма. За время полета международный экипаж проводил фотографирование территории Индии и отдельных районов экватории Индийского океана.

Космический корабль «Союз Т-12» взял старт 17 июля 1984 г. Командир корабля — В. А. Джанибеков (четвертый старт в космос), бортинженер — С. Е. Савицкая (второй полет в космос) и космонавт-исследователь — И. П. Волк (первый полет в космос).

25 июля 1984 г. С. Е. Савицкая и В. А. Джанибеков осуществили выход в открытое космическое пространство. Основная задача выхода — испытания нового ручного инструмента, предназначенного для выполнения сложных технологических операций. УРИ — универсальный ручной инструмент — оригинальная аппаратура, созданная советскими учеными, конструкторами и специалистами. С ее помощью можно производить сварку, резку, пайку и напыление металлов в открытом космосе.

Впервые в мире выход в открытый космос совершила женщина-космонавт. Успешное выполнение ею уникальных экспериментов в условиях космического пространства показало возможность эффективной деятельности женщины при выполнении сложных работ не только на борту пилотируемого орбитального комплекса, но и в открытом космосе. Рекордный 237-суточный полет космонавтов Л. Д. Кизима, В. А. Соловьева и О. Ю. Атькова закончился 2 октября 1984 г.

Как же устроена эта легендарная станция «Салют»?

Воспользовавшись рисунком (см. передний форзац), попробуем разобраться в особенностях станции «Салют». Сама по себе эта станция не может ни взлететь, ни совершить посадку. Ее выводят на орбиту, как огромный спутник. На рисунке изображены орбитальная станция и состыкованные с ней корабли «Союз» и «Прогресс».

Общая масса системы «Салют» — «Союз» — «Прогресс» 32 500 кг. Причем на долю «Салюта» приходится почти 19 000 кг. Уже на первом из «Салютов» масса научных приборов составляла 1200 кг, а на последующих станциях этот груз увеличен до 1500 кг.

В состыкованном состоянии система «Союз» — «Салют» — «Прогресс» достигает в длину 29 м, причем на долю орбитального блока, т. е. станции, приходится 15 м. В самой широкой своей части «Салют» имеет поперечник 4,15 м, а при раскрытых солнечных батареях 17 м. Общая площадь солнечных батарей 60 м^2. Общий объем внутренних помещений станции около 100 м^3.

Станция «Салют» разделена на три отсека. Самый узкий из них (левый на рисунке) переходной. Длина этого цилиндра 3 м, диаметр 2 м. Переходной отсек — жилое помещение. Он герметичен, и в нем размещена научная аппаратура, системы жизнеобеспечения и терморегулирования. Шесть иллюминаторов отсека позволяют вести наблюдения за Землей и космосом. Через специальный люк из переходного отсека можно перейти в рабочий отсек. Это самое большое из помещений станции. Рабочий отсек состоит из двух цилиндров диаметрами 2,9 и 4,15 м, соединенных усеченным конусом.

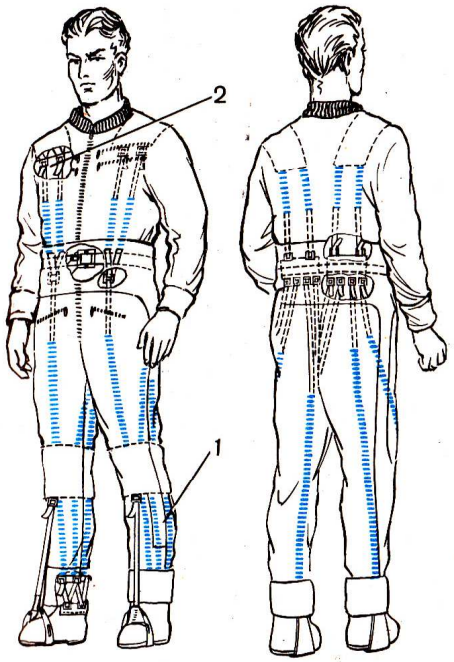


Рис. 38. Нагрузочный костюм «Пингвин».

Под оболочкой нагрузочного костюма «Пингвин» размещены резиновые жгуты (амортизаторы), которые нагружают костно-мышечный аппарат человека.

1 — резиновые жгуты; 2 — пряжки для регулирования длины жгутов.

Для устранения неблагоприятного действия невесомости на организм человека на станциях «Салют» установлен специальный тренажер.

Тренажер представляет собой «бегущую дорожку» с электрическим приводом. Это прочная широкая лента, соединенная концами в кольцо. Лента надета на ролики, и, когда электромотор вращает ролики, лента движется. Космонавт встает на нее и пристегивается резиновыми шнурами (тяжами). Они прижимают космонавта к дорожке.

На станции «Салют» применяются специальные костюмы «Пингвин», «Чибис», которые дают возможность нагрузить костно-мышечный аппарат человека искусственным весом или устранить неблагоприятное действие невесомости на сердечно-сосудистую систему.

Нагрузочный костюм «Пингвин» (рис. 38) разработан на специализированном предприятии. В его создании участвовали инженеры, врачи, текстильщики. Он изготовлен в виде комбинезона из трикотажного полотна. Основной частью костюма являются резиновые шнуры (амортизаторы). Эти шнуры размещены таким образом, что при каждом движении человека растягивается та или иная группа амортизаторов, на что, естественно, затрачивается мускульная сила, а это как раз и нужно, чтобы мышцы не слабели. Пневмовакуумный костюм «Чибис» внешне выглядит довольно странно. Представьте себе человека, у которого примерно на уровне пояса размещена бочка, из которой торчат гофрированные штанины с металлическими башмаками. Вверху бочки вместо дна имеется резиновая шторка, которая плотно облегает туловище. Если откачать из костюма воздух, то нижняя часть тела

окажется в более разреженной атмосфере, чем верхняя, а этого оказывается достаточно для того, чтобы кровь скапливалась в зоне пониженного давления.

Применяя и совершенствуя весь этот комплекс мероприятий, удалось значительно увеличить время пребывания космонавтов на космической станции.

ТРАНСПОРТНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ БУДУЩЕГО

СПАСИТЕЛЬНОЕ КРЫЛО

Любая современная ракета с ее мощными двигателями и многочисленными сложными системами служит лишь один раз! Произведен запуск, и, удалось или не удалось вывести полезный груз на космическую орбиту, все равно ракета перестает существовать.

Разумеется, положение улучшилось бы, если бы удалось создать космическую ракету-носитель, пригодную для повторного запуска. Для этого нужно обеспечить возврат ступеней ракеты на Землю без сколько-нибудь серьезных повреждений.

Как же этого можно добиться? Может быть, спускать отработавшие ступени на Землю на парашютах? Или, еще лучше, на воду? А может быть, вместо парашюта использовать специальное надувное планирующее крыло — пароплан? Или тормозные ракетные двигатели?

Но, пожалуй, наиболее перспективен иной путь. Кстати, он уже проверен практикой. Речь идет о создании ракетоплана. Именно крыло — основа всей современной авиации — может стать в буквальном смысле спасительным для космических ракет, и не только спасительным, но и выгодным.

В феврале 1940 г. летчик В. К. Федоров совершил полет на сконструированном С. П. Королевым планере с жидкостным ракетным двигателем, а 15 мая 1942 г. в воздух поднялся уже не планер с небольшим ЖРД, а ракетоплан, разработанный А. Я. Березняком и А. М. Исаевым под руководством Г. Я. Болховитинова. Пилотировал самолет летчик-испытатель Г. Я. Бахчиванджи. ЖРД самолета БИ разработан под руководством Л. С. Душкина. Стартовая масса самолета 1500 кг при запасе топлива массой 500 кг.

Это был первый полет ракетоплана, осуществленный в нашей стране.

Еще одно важное преимущество ракетоплана: на нем наряду с ЖРД могут быть установлены воздушно-реактивные двигатели авиационного типа. Принципиальное отличие воздушно-реактивных двигателей от ракетных состоит в том, что необходимый для сгорания топлива кислород находится не на борту, а черпается из окружающей среды. А это дает серьезный экономический выигрыш, так как масса кислорода примерно в 6 раз превышает массу горючего.

ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Теория воздушно-реактивных двигателей была разработана академиком, Героем Социалистического Труда, лауреатом Ленинской и Государственной премий Б. С. Стечкиным. В 1929 г. он опубликовал свою работу «Теория воздушно-реактивного двигателя».

Постараемся вкратце ознакомиться с устройством ВРД. Начнем с турбореактивных двигателей, затем рассмотрим турбовинтовые и двухконтурные двигатели, закончим обзор прямоточными двигателями и турбопрямоточными двигателями.

Турбореактивный двигатель (ТРД) состоит из входного устройства, компрессора, камеры сгорания, газовой турбины, выходного сопла (рис. 39, *А*). Атмосферный воздух поступает во входное устройство, где от скоростного напора происходит сжатие воздуха и давление увеличивается. Затем поток воздуха направляется в компрессор, в котором происходит дальнейшее увеличение давления. Из компрессора сжатый воздух устремляется в камеру сгорания, куда через форсунки впрыскивается мелкораздробленное топливо. В результате смешения воздуха и топлива получается топливовоздушная смесь, которая, сгорая, образует рабочее тело — горючие газы. Выходя из камеры сгорания, газы приводят во вращение турбину, а затем с большой скоростью выходят из сопла. При этом образуется сила тяги.

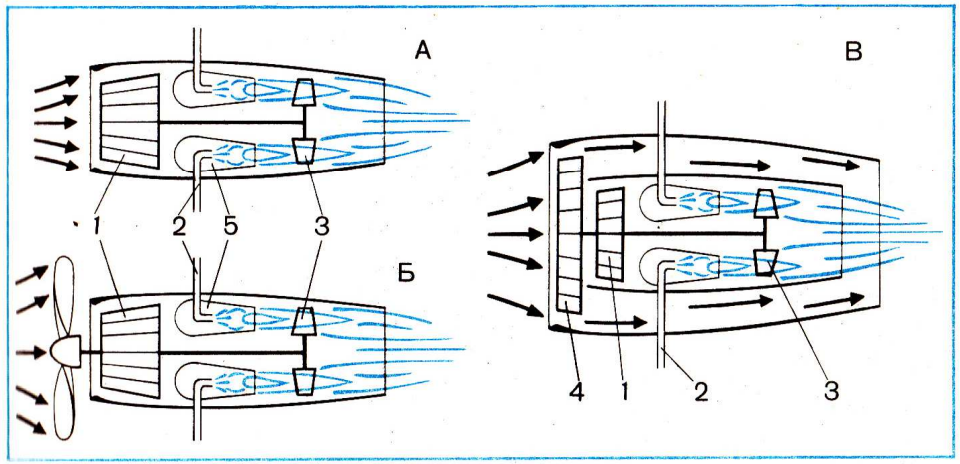


Рис. 39. Воздушно-реактивные двигатели.

А — турбореактивный двигатель; Б — турбовинтовой двигатель; В — двухконтурный турбореактивный двигатель; 1 — компрессор; 2 — горючее; 3 — турбина; 4 — вентилятор; 5 — камера сгорания.

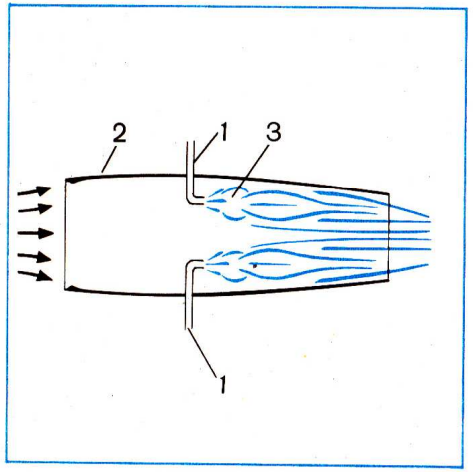


Рис. 40. Прямоточный воздушно-реактивный двигатель.
1 — поступление горючего; 2 — поступление воздуха; 3 — сгорание топлива.

В турбовинтовом двигателе (ТВД) в отличие от турбореактивного реактивная сила тяги создается лишь за счет небольшой части энергии горючих газов. В основном эта энергия используется турбиной, которая заставляет работать не только компрессор, но и воздушные винты. Они-то и создают главную силу тяги, заставляющую летательный аппарат двигаться вперед (рис. 39, *Б*).

В последнее время все более широкое применение находят двухконтурные (турбовентиляторные) двигатели (ТРДД). По своим характеристикам они занимают промежуточное положение между турбовинтовыми и турбореактивными (рис. 39, *В*),

В прямоточном воздушно-реактивном двигателе (ПВРД) встречный поток воздуха тормозится перед входом в него и во входном устройстве (диффузоре). При этом давление воздуха повышается до такой степени, что становится возможным горение впрыскиваемого топлива (рис. 40). При дозвуковых скоростях полета в ПВРД попадает мало воздуха. Следовательно, он будет создавать небольшую силу тяги. Возрастание скорости полета приводит к увеличению количества поступающего в двигатель воздуха и улучшению его экономичности.

В итоге нашего краткого ознакомления с ВРД можно сделать такие выводы. ТРД может обеспечить полет до скорости 1,0—1,2 км/с. При больших скоростях он не применим. Почему? ТРД выгоден в диапазоне скоростей полета, при которых давление поступающего в двигатель воздуха меньше давления газов за турбиной. Если же происходит выравнивание давлений, то компрессор не нужен. В этом случае целесообразно направлять воздух прямо в камеру сгорания двигателя. Равенство давлений достигается как раз при указанных скоростях полета.

Но мы уже знаем, что ПВРД, будучи эффективным при больших скоростях полета, не может самостоятельно стартовать и разгоняться. Турбореактивный же двигатель, наоборот, при разгоне развивает большую силу тяги. Возникла мысль объединить двигатели обоих типов в одной силовой установке. Двигатель, в котором органически объединяются турбореактивный и прямоточный двигатели, получил название турбопрямоточного (ТПРД).

На взлете и разгоне турбопрямоточный двигатель работает, как ТРД, но при скорости полета 1,0—1,2 км/с переходит на работу по схеме ПВРД.

Таким образом, поставленным требованиям наилучшим образом удовлетворяют турбопрямоточные двигатели. Однако таких двигателей нужной мощности еще нет.

КАКИМИ МОГУТ БЫТЬ ТКС В БУДУЩЕМ

В настоящее время во многих странах обсуждаются различные варианты ТКС, способных доставить на орбиту грузы, научное оборудование и людей. Рассмотрим некоторые из них в следующей последовательности:

А — двухступенчатые ТКС для доставки на орбиту и спуска на Землю различных грузов, технологического оборудования, пассажиров;

Б — воздушно-космические самолеты с ЖРД;

В — воздушно-космические самолеты с турбопрямоточными (многорежимными) двигателями и ЖРД;

Г — частично спасаемые транспортные средства;

Д — ТКС для доставки на орбиту, например, больших грузов.

Сегодня еще нет окончательных конструктивных решений и бесспорных суждений относительно того, какими должны быть космические транспортные средства в ближайшем будущем. Вероятно, только опыт, накопленный в процессе их постройки и эксплуатации, позволит выбрать наиболее оптимальный вариант.

Двухступенчатые транспортные космические системы (ТКС). Начнем ознакомление с транспортной космической системы, состоящей из самолета-носителя и воздушно-космического самолета (ВКС), снабженного ЖРД. Каковы же наиболее важные преимущества ТКС перед ракетами-носителями, выполняющими практически те же задачи?

Для ответа на этот вопрос рассмотрим, как изменяется расход топлива в процессе разгона до орбитальной скорости при ракетном и самолетном стартах. Оказывается, что разгон до одной и той же скорости этими двумя способами требует разной массы горючего. Например, для разгона трехступенчатой ракеты до скорости, равной 30% орбитальной, требуется топлива, масса которого составляет 50% стартовой массы ракетной системы, а до орбитальной скорости — более 85% стартовой массы.

Разгон с помощью самолета-носителя (рис. 41) до скорости, составляющей 30% орбитальной, требует расхода топлива, масса которого составляет всего 7% стартовой массы, а до орбитальной скорости — 65% стартовой массы. Как видим, разница в расходе топлива весьма существенная.

Указанные преимущества самолетного старта по сравнению с ракетным обусловлены, глав-

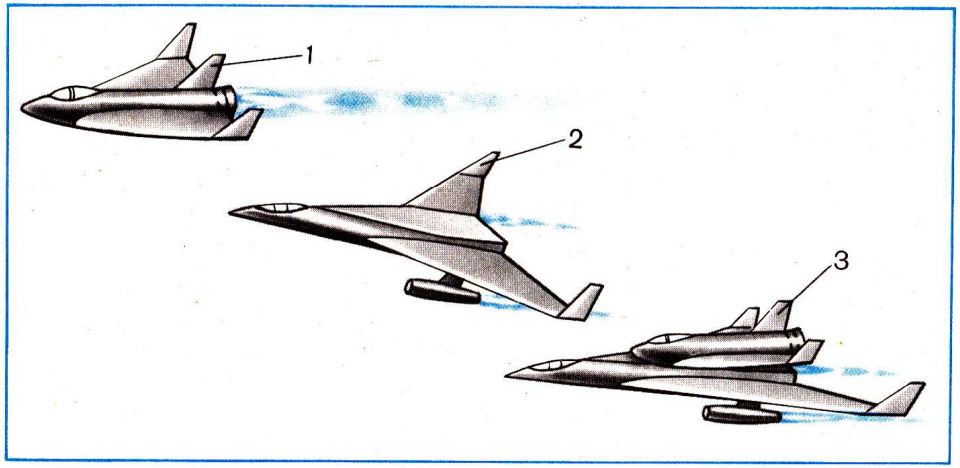


Рис. 41. Проект двухступенчатой транспортной космической системы.

1 — воздушно-космический самолет с ЖРД; 2 — самолет-носитель; 3 — совместный полет.

Стартовая масса, т	500
Масса полезного груза, т.	около 7

ным образом, экономичностью применяемых двигателей.

Итак, задача состоит в том, чтобы поднять ВКС на возможно большую высоту и разогнать до возможно большей скорости. Двухступенчатая ТКС, использующая сверхзвуковой самолет-носитель, сможет обеспечить доставку второй ступени — ВКС на высоту 20—30 км при скорости полета в 2,5—3 раза превышающей скорость звука (750—900 м/с).

После завершения стадии разгона ВКС сможет выводиться на орбиту с помощью ЖРД, а носитель возвратится на базу. Воздушно-космическим самолетам, или ракетопланам, предстоит выполнять самые разнообразные перевозки. Одни станут как бы машинами «скорой помощи» для экипажей, терпящих бедствие. В этом случае аппарат снабдят всем необходимым для ликвидации последствий аварии, для оказания медицинской помощи пострадавшим, для длительного пребывания космонавтов-спасателей в открытом космосе.

Другие машины будут выполнять функции грузовозов-контейнеров, содержащих в себе полностью смонтированный автоматический спутник Земли. Выйдя на орбиту, ракетоплан выпустит спутник, а сам возвратится на базу. Ученые предполагают, что и сам ракетоплан может быть использован как космическая научно-исследовательская лаборатория. Выполнив исследовательское задание, аппарат возвратится в заданную точку земного шара.

Наконец, космический «транспортник» сможет быть использован для перевозки пассажиров, доставки их на орбитальные станции и возвращения на Землю.

Конечно ракетоплан будет мало похож на своих земных собратьев. Общим у них останется только способ образования подъемной силы с помощью крыла.

При входе в плотные слои атмосферы поверхность ракетоплана будет нагреваться. Все космические аппараты выдерживают спуск благодаря наличию «жертвенного слоя» — специальной обмазки. У ракетоплана задача защиты от нагрева решается применением теплостойкого покрытия (в виде плиток) способного сохранять прочность при температуре более 1500°С. Наиболее подвержены нагреву передняя часть фюзеляжа и кромка крыла. Их покрытия изготавливают из бериллия. Это твердый металл, плавящийся только при температуре 1284°С. Особенно ценно то, что будучи в полтора раза легче алюминия, бериллий в то же время прочнее многих сталей.

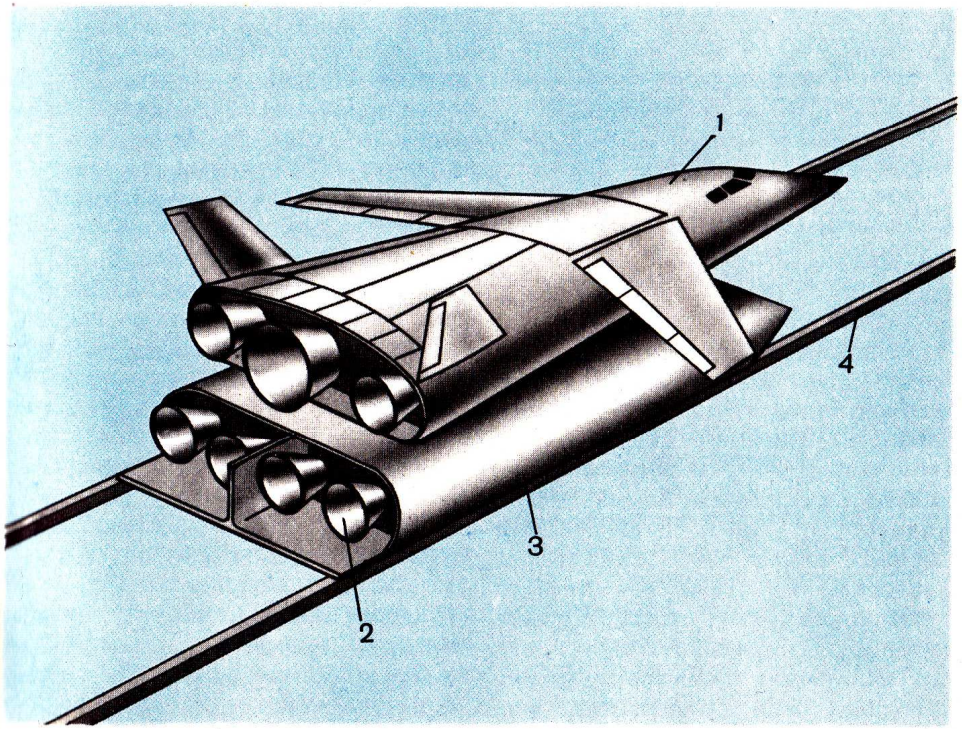
Воздушно-космический самолет с ЖРД. Воздушно-космический самолет сможет взлетать со стартовой тележки, а при посадке использовать несущую способность крыла. Не исключается также вертикальный взлет самолета с помощью ускорителей (рис. 42).

Рис. 42. Проект воздушно-космического самолета с ЖРД.

1 — воздушно-космический самолет; 2 — пороховые ускорители; 3 — стартовая тележка; 4 — направляющие рельсы.

Стартовая масса, т	2000
Масса доставляемого на орбиту полезного груза, т	около 30

Топливо —82,5%, конструкция — 10%; полезный груз —1,5%. Прочие агрегаты и вещества —6%.



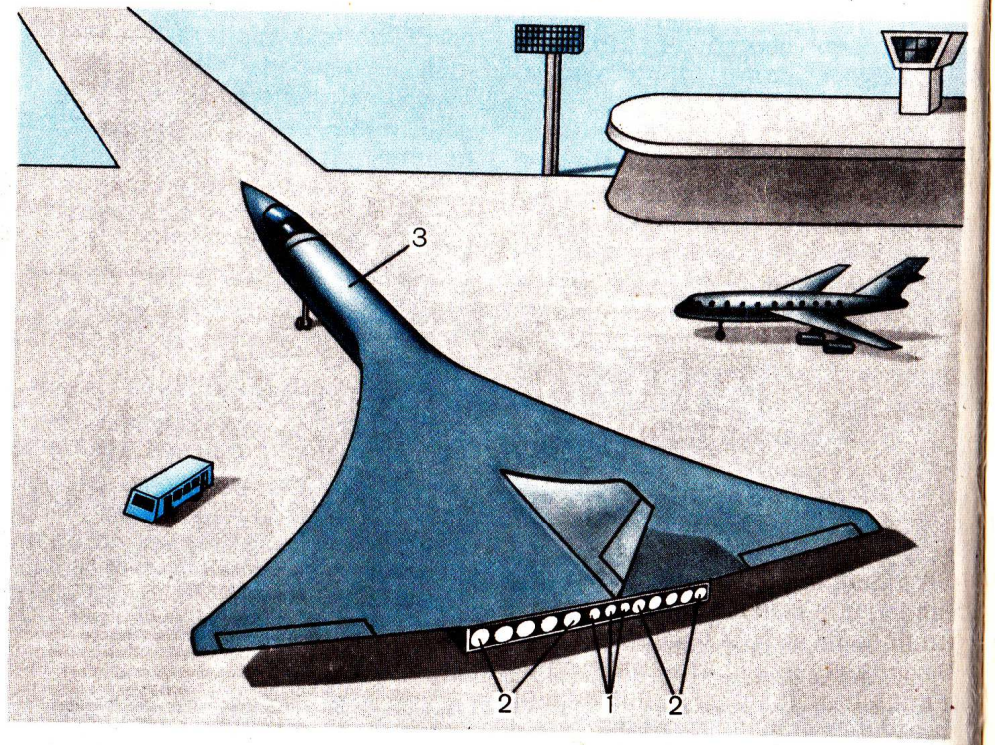


Рис. 43. Проект воздушно-космического самолета с турбопрямоточными двигателями и ЖРД.

1 — ЖРД; 2 — ТПРД; 3 — грузовой отсек.

Стартовая масса, т	2250
Масса доставляемого на орбиту полезного груза, т	около 90
Масса топлива, т.	1800
Тяга двигателей, кН	
ТПРД	500 кН×10=5000 кН
ЖРД	4000кН×3=1 2000 кН

Основные сведения, характеризующие массу самолета и геометрические размеры, приведены на рисунке. При стартовой массе 2000 т самолет способен доставить на околоземную орбиту полезный груз массой 30 т. Таким образом, масса полезной нагрузки по отношению к стартовой массе составляет 1,5%. Однако следует заметить, что при современном уровне космической техники построить такой самолет весьма сложно. Но намечающийся прогресс в создании более совершенных ЖРД и новых материалов позволит в ближайшем будущем решить и эту проблему.

На ВКС предполагается установить двухрежимные ЖРД. На этапе взлета в нижних слоях атмосферы в качестве топлива будет использоваться жидкий кислород и керосин. Затем включится второй режим, при котором горючим будет жидкий водород.

Керосин менее эффективное горючее, чем жидкий водород, но он значительно плотнее и, следовательно, требует баков меньших объемов.

Воздушно-космический самолет с ТПРД и ЖРД. В последние годы ученые и инженеры стали работать над созданием аппаратов с комбинированной силовой установкой, состоящей из нескольких турбопрямоточных двигателей (ТПРД) и жидкостно-реактивных двигателей (ЖРД) (рис. 43).

Треугольное крыло самолета имеет многочисленные отсеки, в которых размещается топливо. Под крылом установлены десять ТПРД и три мощных ЖРД. Взлет самолета и набор высоты 30 км с разгоном до скорости 1800 м/с осуществляется с помощью ТПРД. При дальнейшем разгоне до скорости 2200 м/с одновременно работают ТПРД и ЖРД. После этого работают только ЖРД, обеспечивающие выведение самолета на орбиту.

Компоненты топлива находятся в баках, стенки которых являются частью внешней поверхности аппарата. Жидкий кислород размещается в крыле, а жидкий водород в баках, находящихся в корпусе. В качестве одного из способов повышения эффективности силовой установки предлагается использовать ЖРД, работающий на двух видах горючего. На первом этапе взлета более эффективно углеводородное горючее большой плотности, а на втором этапе целесообразнее использовать менее плотное горючее, например жидкий водород.

Стартовая масса аппарата 2250 т, на топливо приходится 1800 т. Фактически это огромная летающая цистерна, способная доставить на орбиту полезный груз массой 90 т.

Частично спасаемая система. На рисунке 44 показана частично спасаемая транспортная космическая система «Спейс Шаттл», изготовленная в США. В составе системы имеются два ускорителя (ракеты, работающие на твердом топливе), центральный топливный бак и ВКС. Стартовая масса системы «Шаттл» около 2040 т, ВКС может доставить на околоземную орбиту полезный груз массой 29,5 т. А сам он имеет массу 68 т.

При взлете работают ЖРД, установленные на ракетоплане, и твердотопливные ускорители. После того как горючее вещество в ракетах сгорит, автомат на заданной высоте их сбрасывает и над падающей ракетой открывается купол парашюта. Скорость падения резко уменьшается, и ракета приводняется.

При посадке центральный бак не спасается. После отделения он совершает беспорядочное падение и разрушается.

ТКС для доставки на орбиту больших грузов. Будущие транспортные операции потребуют ежегодной доставки на орбиту грузов массой десятки тысяч тонн. Несомненно, грузовой поток будет непрерывно увеличиваться.

Проблема может быть решена при наличии транспортных средств грузоподъемностью в несколько сот тонн. Проект двухступенчатой транспортно-космической системы баллистического типа грузоподъемностью 450 т показан на рисунке 45.

При взлете работают двигатели I ступени. После израсходования топлива эта ступень от-

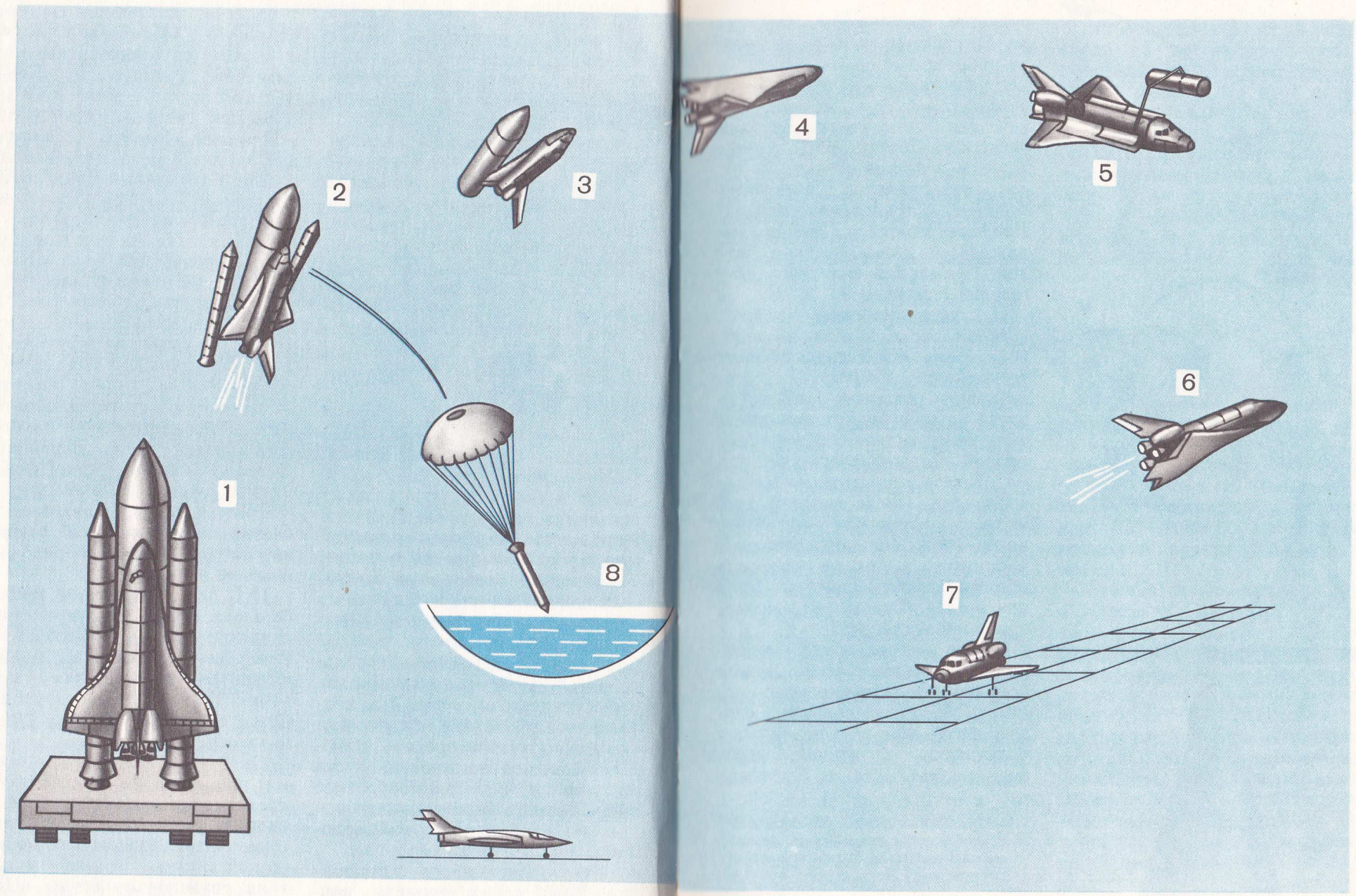
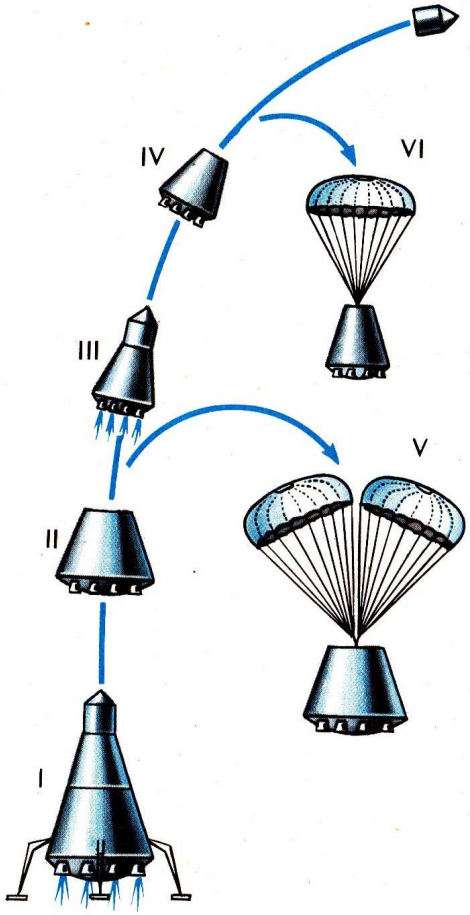


Рис. 44. Частично спасаемая транспортная космическая система.

1 — на стартовой позиции; 2 — отделение твердотопливных ускорителей; 3 — отделение центрального бака; 4 — конец участка выведения; 5 — отделение полезного груза; 6 — торможение и спуск; 7 — посадка; 8 — приводнение пороховых ускорителей.



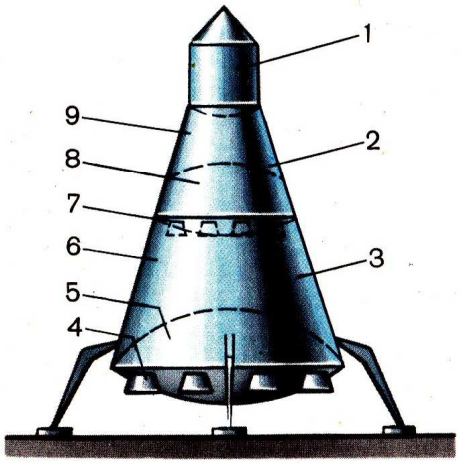


Рис. 45. Схема полета транспортной космической системы по доставке на орбиту грузов большой массы.

I — старт системы с Земли; II — отделение I ступени; III — включение ЖРД II ступени; IV — отделение II ступени; V — спуск на парашюте I ступени; VI — спуск на парашюте II ступени;

1 — отсек с полезным грузом; 2 — II ступень; 3 — I ступень; 4 — ЖРД I ступени; 5 — бак с углеводородным горючим; 6 — бак с жидким кислородом; 7 — ЖРД II ступени; 8 — камера с жидким водородом; 9 — камера с жидким кислородом.

деляется, включаются двигатели II ступени, и она выходит на орбиту.

На I ступени в качестве горючего используется керосин, а в качестве окислителя — жидкий кислород. Десять ЖРД расположены в днище ступени, которое одновременно выполняет функцию теплового экрана. Двойная обшивка днища охлаждается циркулирующей водой. Суммарная сила тяги двигателей I ступени $9 \cdot 10^7$ Н.

II ступень работает на жидком кислороде и жидком водороде. Семь ЖРД создают силу тяги около $1{,}5 \cdot 10^7$ Н и обеспечивают доставку полезного груза на орбиту. Ступень имеет абляционную теплозащиту. Тормозной импульс создается двумя двигателями системы маневрирования. После выпуска тормозного парашюта развертываются три больших основных парашюта. Мягкая посадка обеспечивается работой трех двигателей, которые включаются перед приземлением.

Какую массу будет иметь двухступенчатая транспортно-космическая система для доставки на орбиту полезного груза массой 450 т? Специалисты подсчитали: стартовая масса всей системы 9500 т, стартовая масса I ступени 6800 т, II ступени 2700 т. Масса топлива в I ступени 6000 т, II ступени 1900 т. Отношение массы полезного груза к стартовой массе составляет 4,7%.

Система сможет совершать до ста полетов в год и доставлять на околоземную орбиту грузы массой 45 000 т. Расчетный срок службы 15 лет.

Теперь остается выяснить, как будет реагировать окружающая среда на доставку на орбиту подобной космической техники массой 9500 т. На этот вопрос сегодня нет однозначного ответа. Одно только ясно: каждый объект, пробивающий «окно» в окружающем Землю тонком слое озона, открывает доступ к Земле коротковолновому излучению Солнца, а излучение это действует на живые организмы...

АСТРОИНЖЕНЕРИЯ

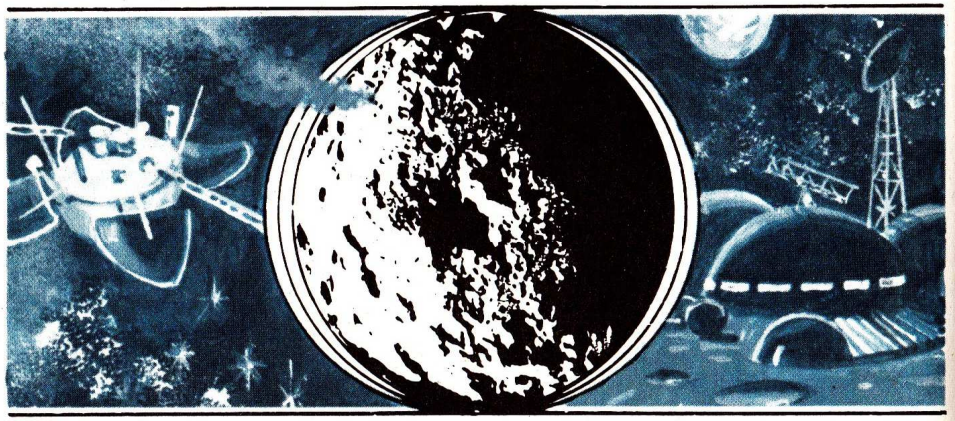
Еще в 1926 г. в Калуге отдельной брошюрой вышла работа К. Э. Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Брошюра эта вызвала горячие споры в научном мире: шутка ли, ученый всерьез говорит в ней о космических поселениях. Более того, он приводил расчеты и выкладки своих проектов.

К. Э. Циолковский писал: «Мы можем достигнуть завоевания Солнечной системы очень доступной тактикой. Решим вначале легчайшую задачу: устроить эфирное поселение поблизости от Земли в качестве ее спутника на расстоянии 1—2 тысячи километров от поверхности вне атмосферы... Поселившись тут, получим надежную и безопасную базу, освоившись хорошо с жизнью в эфире (в материальной пустоте), мы уже более легким путем будем удаляться от Земли и Солнца, вообще разгуливать где нам понравится».

История науки знает немало примеров, когда новые открытия, изобретения и идеи не сразу находили признание и понимание современников. Резерфорд до самой смерти (он умер в 1937 г.) находился в убеждении, что ядерную энергию невозможно практически использовать.

Конечно, в настоящее время о деталях астроинженерных сооружений можно говорить только в общих чертах.

Астроинженерные сооружения должны быть огромны как по объему, так и по размерам поверхности. Астроинженерные сооружения должны требовать минимальных затрат материалов. Этому условно удовлетворяют «оболочечные» конструкции. Основой такой модели служат большие цилиндрические объемы, внутри которых располагается все необходимое для обеспечения нормальной жизнедеятельности поселенцев. Проект такого поселения представлен на рисунке (см. задний форзац).



ЛУНА-ПЕРВАЯ СТАНЦИЯ НА ПУТИ В КОСМОС

АВТОМАТЫ ИССЛЕДУЮТ ЛУНУ

С начала многовекового развития астрономии человечество проявляло повышенный интерес к Луне. В 1610 г. итальянский ученый Галилео Галилей впервые направил на Луну объектив простейшего телескопа. Наблюдая нашу космическую соседку всего при трехкратном увеличении изображения, Галилей рассмотрел на ее поверхности «горы» и «моря». Морями он назвал обширные темные области, которые показались ему большими водными бассейнами.

Примерно к концу 40-х гг. XX в. стало известно, что Луна обращается вокруг Земли по эллиптической орбите со средней скоростью 1,02 км/с и периодом, равным примерно календарному месяцу.

День на Луне соответствует двум земным неделям. В это время ее поверхность в экваториальном поясе нагревается солнечными лучами до +120°С. За время длинной лунной ночи температура падает до —170°С. Среднее расстояние между Землей и Луной приблизительно равно 384 тыс. км. Следовательно, Луна в 100 раз ближе к нам, чем ближайшая из планет Венера при ее минимальном удалении от Земли.

Современные телескопы позволяют рассмотреть на Луне детали поперечником в несколько сот метров. Но происхождение многих лунных образований остается неясным. Так, например, вопрос о возникновении лунных кратеров (кольцевых гор) и в настоящее время является предметом многочисленных споров.

Радиус Луны 1738 км, а значит, диаметр Луны меньше диаметра Земли почти в 4 раза. Ускорение свободного падения на Луне составляет 1,62 м/с^2, что примерно в 6 раз меньше, чем на поверхности Земли.

Человек, весивший на Земле 800 Н, будет весить на Луне около 130 Н. Попав на Луну и сохранив свою мускульную силу, он сможет прыгать в 6 раз выше или дальше, чем на Земле, поднимать тяжести, в 6 раз большие, и, прыгая с высоты 15 м, не причинять себе вреда.

Луна повернута к нам всегда одной стороной. Поэтому о строении ее обратной стороны ничего не было известно.

Трудно было судить селенологам — ученым, изучающим Луну, и о различных физических характеристиках нашего спутника: о химическом и минералогическом составе его поверхности, строении лунных недр. На основании сведений, полученных в результате наземных наблюдений, они могли только строить гипотезы...

И вот началась космическая эра.

Запусками первых искусственных спутников Земли была решена научно-техническая проблема — получение первой космической скорости. В результате дальнейшей творческой работы советских ученых, конструкторов и инженеров была отработана многоступенчатая ракета, последняя ступень которой способна достигнуть второй космической скорости — около 11,2 км/с, что обеспечивает возможность проведения межпланетных полетов.

С помощью такой ракеты 2 января 1959 г. в СССР был осуществлен запуск первой в мире автоматической межпланетной станции «Луна-1». Автоматическая станция «Луна-1» массой 1472 кг пролетела вблизи Луны на расстоянии меньше 6000 км от ее поверхности и, выйдя на гелиоцентрическую орбиту, стала первой в мире искусственной планетой Солнечной системы. Связь с ней поддерживалась в течение 62 ч до расстояния около 600 000 км, что в то время явилось мировым рекордом дальности космической радиосвязи. А в сентябре того же года состоялся новый старт — «Луна-2» достигла поверхности Луны. Мечта фантастов сбылась: созданный человеком аппарат впервые достиг другого небесного тела.

Эти космические полеты существенно изменили наши представления о космосе: так, например, стало известно, что Луна в отличие от нашей планеты не имеет ни сильного магнитного поля, ни радиационных поясов.

Но «лунный» 1959 г. на этом не кончился. В октябре в космическое путешествие отправился следующий лунник — «Луна-3». Он принадлежал к космическим аппаратам другого типа — «облетным». Совершив облет Луны, станция передала ставшие уже историческими первые фотографии обратной стороны Луны.

Новый этап в исследовании

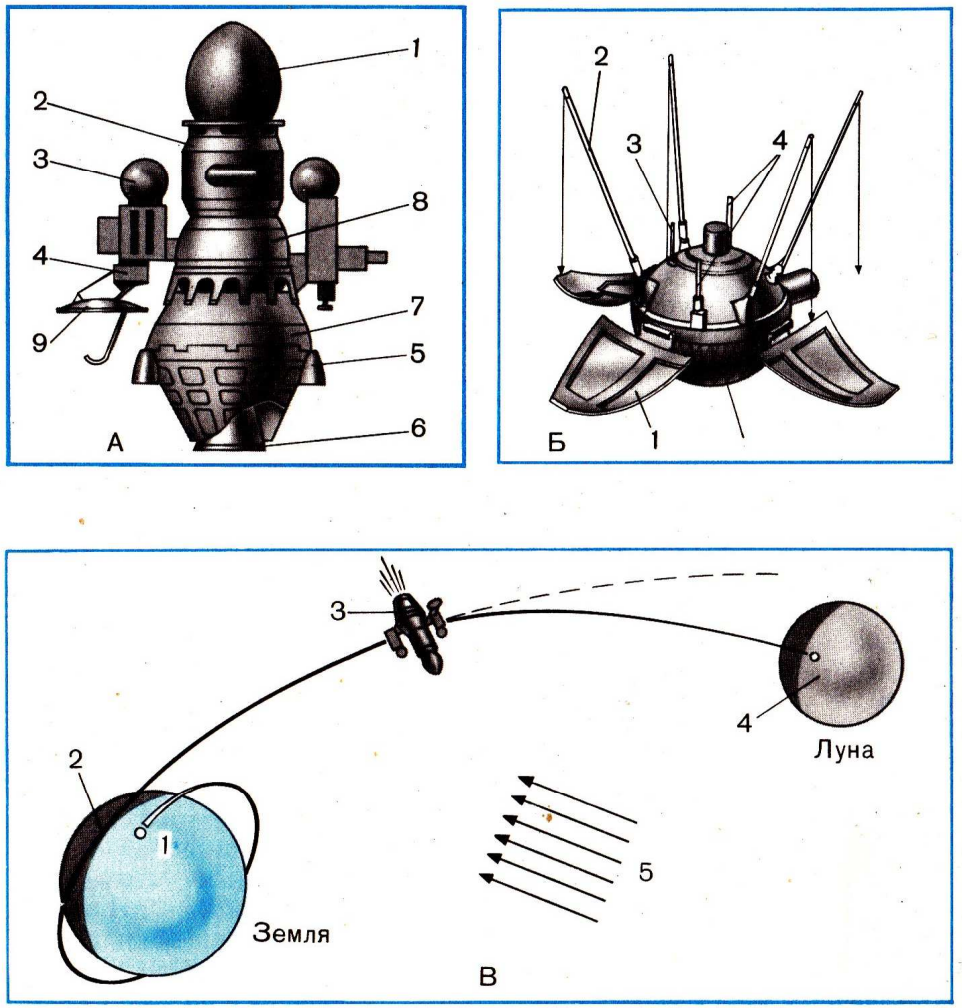


Рис. 46. Автоматическая станция «Луна-9».

Устройство автоматической станции «Луна-9» (А): 1 — автоматическая лунная станция; 2 — отсек системы управления; 3 — баллоны с газом; 4 — радиовысотомер; 5 — управляющее сопло; 6 — двигательная установка; 7 — экран; 8 — сферический бак; 9 — узконаправленная антенна.

Автоматическая лунная станция (Б): 1 — лепестковые антенны; 2 — штыревые антенны; 3 — эталоны яркости; 4 — двугранные зеркала.

Схема полета автоматической станции «Луна-9» (В): 1 — выведение на орбиту искусственного спутника Земли; 2 — разгон; 3 — коррекция траектории; 4 — посадка на Луну; 5 — лучи Солнца.

Луны наступил в результате успешного полета автоматической станции «Луна-9», стартовавшей в январе 1966 г. (рис. 46). Цель полета станции «Луна-9» — решение важнейшей технической задачи космонавтики — осуществление мягкой посадки на Луну.

С помощью телевизионной системы на Землю была передана панорама лунного ландшафта.

Плотность поверхностного слоя лунного грунта оказалась такой же, как у имеющихся на Земле зернистых материалов (вроде пемзы и др.).

Дальнейшее развитие космонавтики позволило решить еще более сложную задачу — доставку лунного грунта на Землю. Это сделала станция «Луна-16» в сентябре 1970 г. Станция совершила мягкую посадку в районе Моря Изобилия, произвела бурение и взятие образцов грунта. С помощью ракеты был обеспечен старт аппарата с поверхности Луны и доставка его с образцами лунного грунта на Землю (рис. 47).

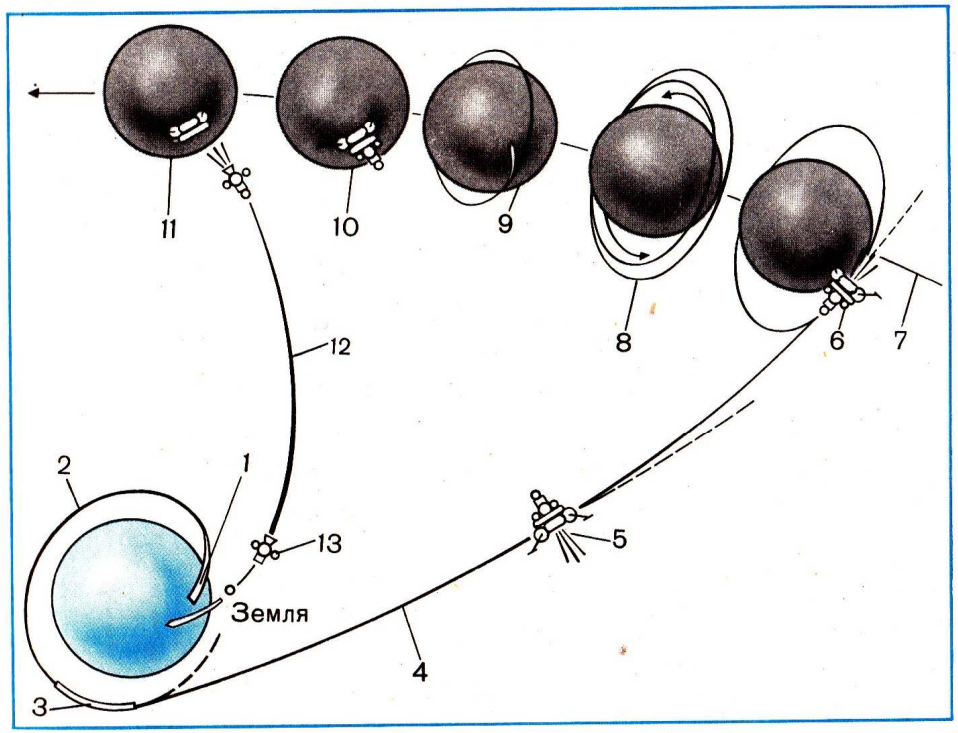
И вот снова внимание приковано к Луне. Стартовавшая в ноябре 1970 г. станция «Луна-17» доставила на ее поверхность передвижной аппарат «Луноход-1».

Таким образом, наступило время сделать качественно новый шаг в научных исследованиях Луны, а именно приступить к систематическому изучению больших площадей ее поверхности с помощью передвижных автоматических средств.

Учеными давно обсуждались способы передвижения по Лу-

Рис. 47. Схема полета автоматической станции «Луна-16».

1 — выведение на орбиту искусственного спутника Земли (ИСЗ); 2 — полет по орбите; 3 — разгон; 4 — трасса перелета Земля — Луна; 5 — коррекция; 6 — торможение и выход на орбиту искусственного спутника Луны (ИСЛ); 7 — орбита Луны; 8 — маневрирование на окололунной орбите; 9 — торможение и мягкая посадка; 10 — спутник на Луне; 11 — старт с поверхности Луны; 12 — трасса перелета Луна — Земля; 13 — отделение возвращаемого аппарата от ракеты.



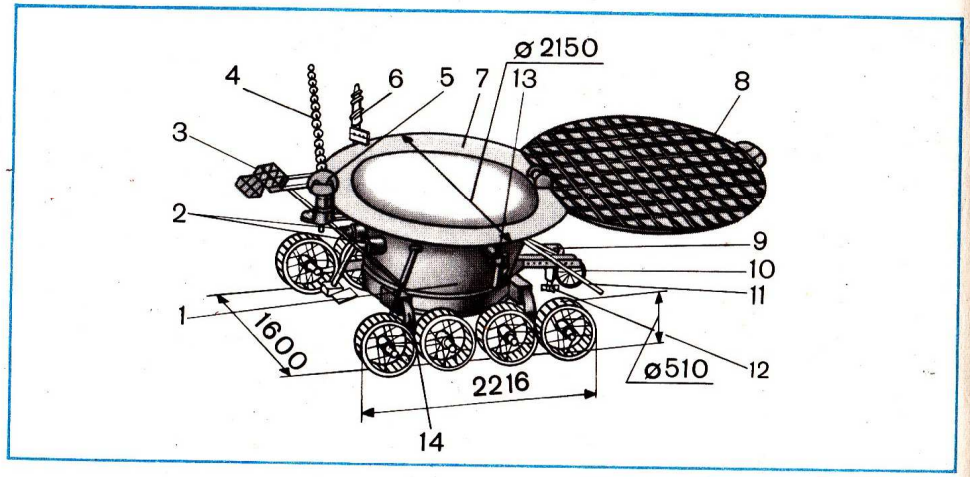


Рис. 48. Самоходный аппарат «Луноход-1».

1 — герметический приборный отсек; *2* — иллюминаторы телекамер; *3* — оптический уголковый отражатель; *4* — остронаправленная антенна; *5* — привод остронаправленной антенны; *6* — малонаправленная антенна; *7* — радиатор-охладитель; *8* — солнечная батарея; *9* — изотопный источник тепловой энергии; *10* — десятое колесо; *11* — штыревая антенна; *12* — прибор для определения физико-механических свойств грунта; *13* — телефотокамеры; *14* — блок колес шасси.

не и возможные конструктивные схемы луноходов. За основу, как правило, предлагались механизмы передвижения, созданные природой и человеком, а именно шагающие, прыгающие, ползущие, движущиеся на колесах или гусеницах. Большинство специалистов склонялось к тому, что для исследования Луны наиболее подходящими являются колесные варианты луноходов. Именно это конструктивное решение и было принято нашими инженерами при создании «Лунохода-1», которому предстояло на практике проверить эту гипотезу. Луноход (рис. 48) должен был работать в условиях, которые можно считать необычными для наземных транспортных средств. Это глубокий вакуум, пониженная сила тяжести, значительный перепад температур. Особые требования предъявлялись к системам управления самоходным аппаратом. Главную трудность при этом создавало огромное расстояние между центром управления и объектом управления, которое составляло более 380 000 км. Самоходный аппарат прошел расстояние, равное 10 540 м, что позволило ему обследовать лунную поверхность площадью 80 000 м^2. Более чем в 500 точках изучались физико-механические свойства поверхностного грунта.

В феврале 1972 г. в экспедицию на Луну отправился следующий космический аппарат — «Луна-20». Эта станция доставила на Землю образец лунного грунта из труднодоступного горного района. Теперь появилась возможность сравнить пробы, взятые из разных областей. И это сравнение показало различие в составе грунта лунных «морей» и «материков».

Прошло меньше года — и

по лунной целине пролег новый след лунохода: станция «Луна-21» доставила внутрь кратера Лемонье у восточной границы Моря Ясности «Луноход-2». И вновь перед нашими глазами возникли панорамы нашей соседки (рис. 49).

Исследование Луны проводили также американские космические аппараты серий «Рейнджер», «Лунар орбитер», «Сервейер». Аппараты серий «Рейнджер» и «Лунар орбитер» снабжены фото- и телевизионными системами для передачи на Землю телевизионных изображений лунной поверхности, получаемых на участке сближения с Луной. Аппараты серии «Сервейер» совершают мягкую посадку на поверхность Луны, они снабжены фототелевизионной аппаратурой для передачи на Землю снимков лунной поверхности и приборами для определения химического состава грунта.

Что же нового мы узнали о Луне и какой мы ее теперь представляем на основании исследований, проведенных советскими и американскими космическими аппаратами?

На Луне выделяются два основных типа геологических образований — материки и моря (рис. 49). Материки — это светлые области с неровным рельефом, занимающие около 83% поверхности. Поверхность материков испещрена множеством крупных кратеров, достигающих десятков и сотен километров в диаметре. Кратеры имеют все признаки ударно-взрывного происхождения, они образовались при бомбардировке лунной поверхности метеоритами.

Лунные моря представляют собой равнины, заполненные застывшей базальтовой лавой. Согласно одной из гипотез моря возникли в результате столкновения Луны с большим метеоритом — астероидом. При этом поверхностные слои лунного грунта были отброшены, образовав вокруг кратера горные цепи. Расплавленная лава, вырвавшаяся из недр Луны, заполнила все впадины. Анализ доставленных на Землю образцов лунных пород позволил составить представление о их химическом составе. Все исследованные образцы отличаются по составу от земных пород. В частности, анализ пород из Моря Спокойствия показал, что они содержат кислорода 40—45%, кальция 17—21%, алюминия 4—7%, титана и магния приблизительно 4—6%.

Интересное открытие сделали наши ученые. Они установили, что в лунном грунте содержатся частицы железа, титана и кремния, которые не окисляются на Земле в атмосфере кислорода. Земные породы таким свойством не обладают.

Луна, как и Земля, имеет оболочечное строение. Толщина ее материковой коры составляет 50—80 км. Под корой примерно до глубины 300 км располагается лунная верхняя мантия. Слой глубиной от 300 до 900 км представляет собой среднюю мантию, затем идет нижняя мантия. Ядро Луны имеет диаметр примерно 300 км (рис. 50). На стороне, обращенной к Земле, кора

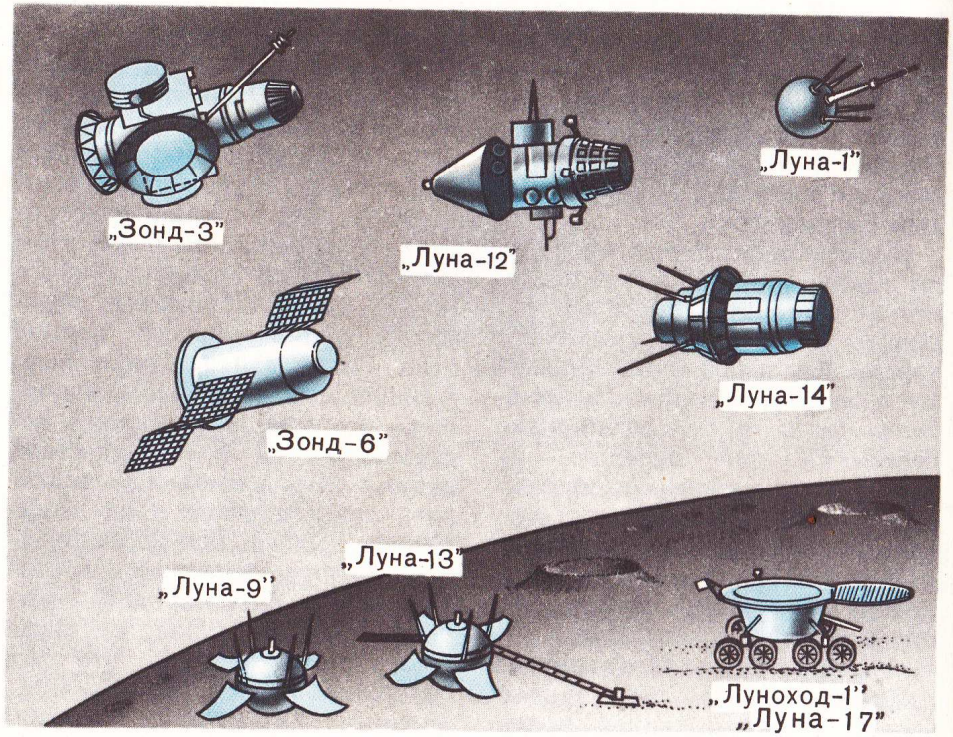


Рис. 49. Автоматические станции для исследования Луны.

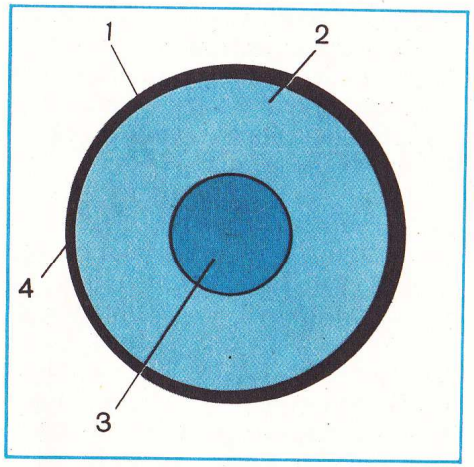
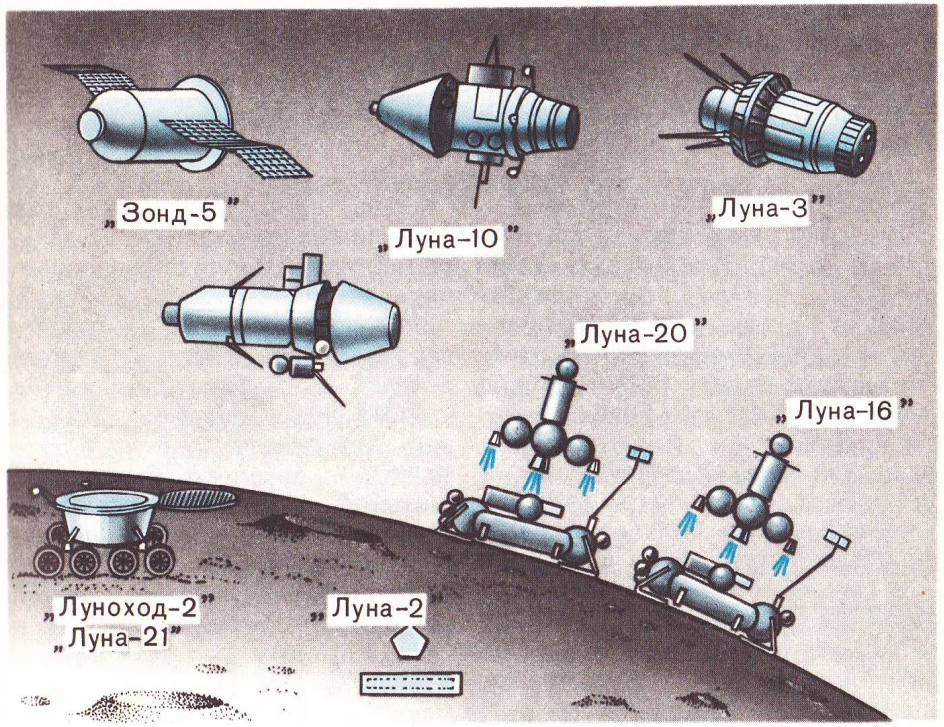


Рис. 50. Строение Луны.
1 — кора; 2 — мантия; 3 — ядро; 4 — сторона, обращенная к Земле.

тоньше, чем на обратной стороне. Этим объясняется отсутствие морей на обратной стороне Луны. Метеориты не смогли пробить здесь толстую кору и вызвать излияние лавы из расплавленных недр.

Изучение лунных пород позволило сделать вывод о возможности проведения на Луне строительных работ и о возможности переработки в лунных условиях пород с целью получения кислорода, воды и других нужных для человека веществ.

Из-за малой массы Луны вокруг нее отсутствует какая-либо атмосфера, или защитный газовый покров. Газовая оболочка вокруг небесного тела создается вследствие притяжения, оказываемого им на молекулы окружающего газа, поэтому молекулы газа не могут приобрести скорость, достаточную для того, чтобы покинуть небесное тело. Если Луна когда-либо имела атмосферу, то молекулы составляющих ее газов за счет солнечной энергии приобрели скорости, близкие ко второй космической, оторвались от Луны и рассеялись в мировом пространстве.



ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ НА ЛУНУ

КАК ПОПАСТЬ НА ЛУНУ

Полеты человека на Луну могут происходить по тем же траекториям, что и полеты автоматических станций. Однако требования безопасности заставляют отдавать предпочтение траекториям, исключающим прямое попадание на ночное светило. Траектория космического корабля рассчитывается таким образом, чтобы корабль пролетел на расстоянии нескольких десятков километров от Луны. В наиболее близкой к Луне точке траектории тормозной импульс превратит корабль в искусственный спутник Луны. При дальнейшем уменьшении скорости полета произойдет снижение и посадка корабля на поверх-

ность Луны. В случае, если на лунной орбите возникнет аварийная ситуация, корабль может вернуться обратно. Для этого нужно будет разогнать его до скорости, достаточной для полета на Землю, т. е. до второй космической скорости — 2,38 км/с.

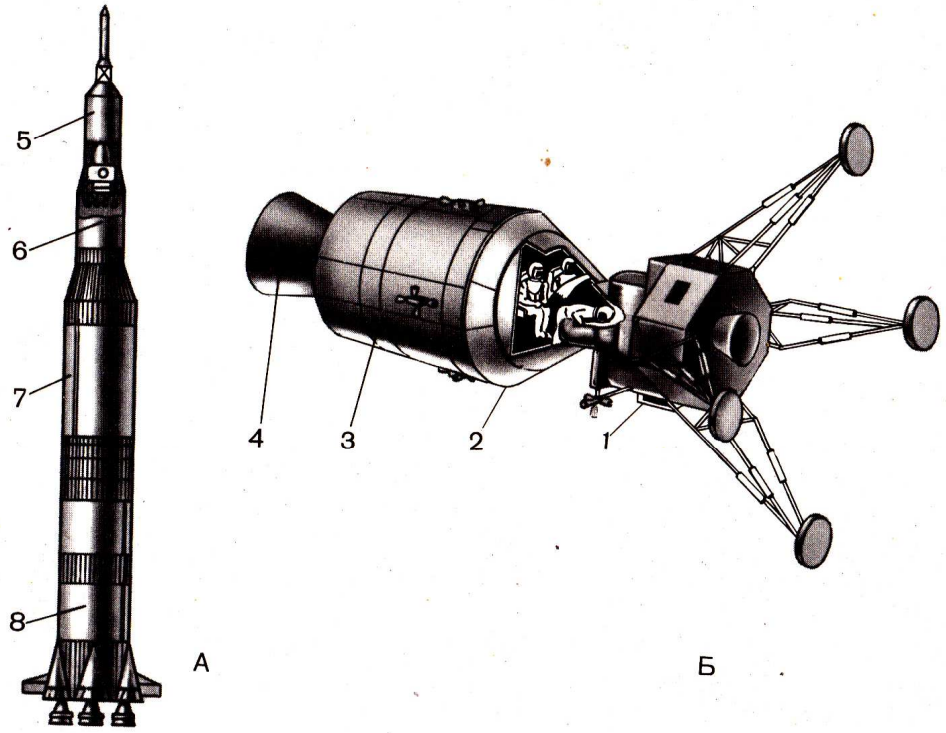
ПОЛЕТЫ ПО ПРОГРАММЕ «АПОЛЛОН»

Первым летательным аппаратом, доставившим человека на поверхность Луны, был американский космический корабль «Аполлон-11» (рис. 51). Полет состоялся 16 июля 1969 г. В кабине корабля находились три астронавта — Н. Армстронг (командир корабля), М. Коллинз (пилот корабля) и Э. Олдрин (пилот лунного экспедиционного аппарата).

21 июля в 5 ч 56 мин на поверхность Луны вступил первый человек — Н. Армстронг, затем к нему присоединился Э. Олдрин. Астронавты, одетые в скафандры с автономной ранцевой системой жизнеобеспечения, осмотрели свой корабль снаружи, установили телевизионную камеру, разместили на лунной поверхности несколько измерительных приборов, собрали образцы лунных пород около 22 кг. Они оставили на Луне пять медалей с изображением погибших космонавтов: Ю. А. Гагарина, В. М. Комарова, В. Гриссома, Э. Уайта, Р. Чаффи. Покидая Луну, астронавты оставили на ней телевизионные и фотокамеры, инструменты для сбора лунных камней, ранцевые системы жизнеобеспечения и другое снаряжение. 21 июля в 20 ч 54 мин астронавты стартовали с Луны, пробыв на ней 21 ч 36 мин. 24 июля в 19 ч 50 мин «Аполлон-11» приводнился в Тихом океане к юго-западу от Гавайских островов.

Рис. 51. «Сатурн-5»—«Аполлон».

А — ракета-носитель «Сатурн-5»; Б — корабль «Аполлон»; 1 — аппарат для посадки на Луну; 2 — спускаемый аппарат; 3 — агрегатный отсек; 4 — двигательная установка; 5 — корабль «Аполлон»; 6 — III ступень; 7 — II ступень; 8 — I ступень.



Так завершился первый полет на Луну. Еще недавно люди читали о путешествиях на наш естественный спутник только в научно-фантастических романах, а теперь стали свидетелями этого полета. Вот что говорил об удивительном лунном мире Н. Армстронг: «Из лунной кабины небо казалось черным, но на Луне было светло, как днем, и поверхность ее была рыжевато-коричневой. При ходьбе по Луне не приходилось затрачивать особых усилий. Правда, поверхностный рыхлый слой несколько препятствовал свободному передвижению — скользили ноги. Чтобы не потерять равновесия и не упасть, приходилось передвигаться, наклонившись вперед.

Конечно, в условиях лунного притяжения хочется прыгать вверх. Свободные прыжки возможны на высоту до одного метра. Прыжки на большую высоту часто заканчивались падением. Наибольшая высота прыжка составляла два метра — Олдрин прыгнул до третьей ступеньки лестницы лунной кабины. Падения не имели неприятных последствий. Скорость настолько мала, что нет оснований опасаться каких-либо травм».

После полета «Аполлона-11» США произвели еще шесть запусков космических кораблей на Луну.

Полеты астронавтов на Луну сопровождались выходами астронавтов на поверхность для установки научной аппаратуры, проведения экспериментов, сбора образцов минералов. При полете «Аполлона-14» в распоряжении астронавтов имелась ручная тележка, а начиная с полета «Аполлона-15» — вездеход массой 208 кг, способный передвигаться со скоростью 13 км/ч, обладающий ходом до 92 км и выдерживающий нагрузку до 4900 Н. Шесть экспедиций доставили на Землю около 400 кг образцов лунных пород.

ПОЛЕТ НА ЛУНУ ЗА 12 ЧАСОВ

Какие транспортные средства будут доставлять людей на Луну в ближайшем будущем?

Для перевозки людей и грузов лучше всего использовать ВКС с турбопрямоточными двигателями и жидкостно-реактивными. После старта ВКС начнет разгоняться и набирать высоту. Двигатели выведут его на круговую орбиту. После непродолжительного полета ВКС приблизит-

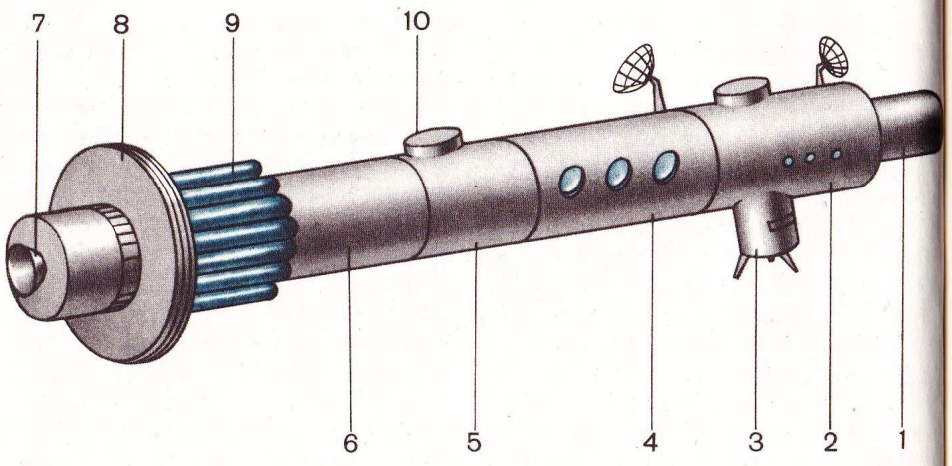
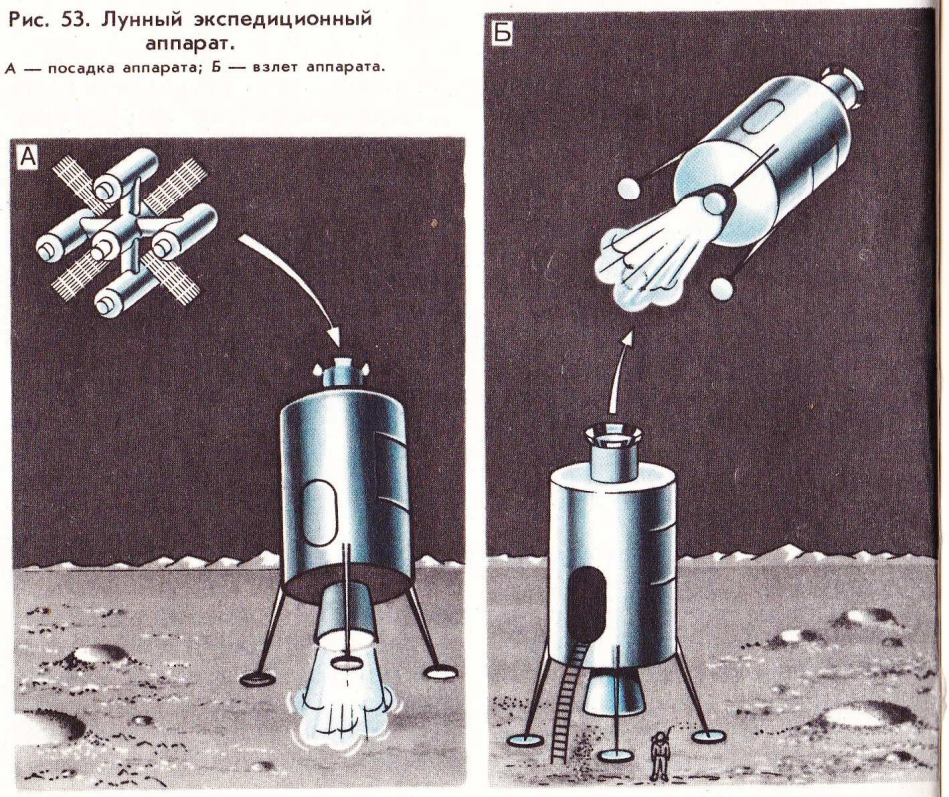


Рис. 52. Космический корабль на трассе Земля — Луна.

1 — переходный отсек; 2 — командный отсек; 3 — экспедиционный аппарат; 4 — кабина пассажиров; 5 — система жизнеобеспечения; 6 — полезный груз; 7 — двигательная установка; 8 — защитный экран; 9 — рабочее тело (водород); 10 — люк для выхода в космос.

Рис. 53. Лунный экспедиционный аппарат.

А — посадка аппарата; Б — взлет аппарата.



ся к орбитальной станции и пристыкуется к ней. Рельсовая система переведет его на внешнее кольцо станции, и он будет вращаться с ней, как единое целое. Здесь в условиях искусственной силы тяжести пассажиры смогут покинуть ВКС и войти в космическую станцию.

Орбитальная станция будет представлять собой комплекс из отдельных отсеков. Кроме помещений, предназначенных для пассажиров, направляющихся к Луне и выполняющих научную работу по исследованию космического пространства, на станции будут также служебные отсеки, необходимые для поддержания работоспособности самого комплекса, ремонта, связи и т. д.

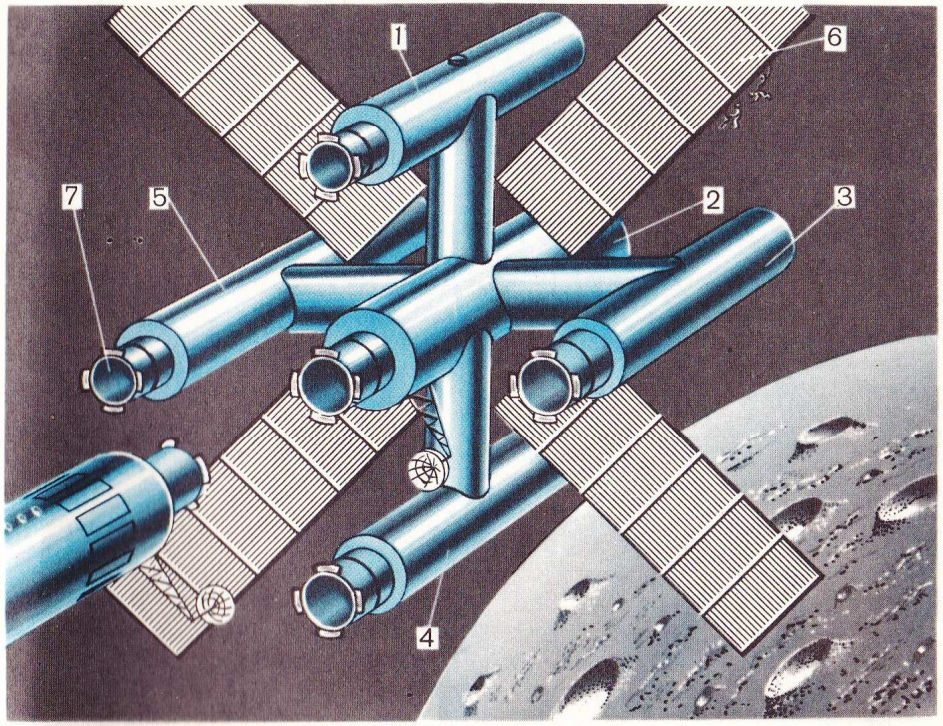
Часть пассажиров космического самолета остается на орбитальной станции, а часть продолжит свой путь в лунном космическом корабле (рис. 52).

На лунных космических кораблях могут быть установлены ядерные ракетные двигатели. На большей части траектории лунный корабль будет ускоряться, затем он развернется на 180° для торможения и перехода на орбиту спутника Луны.

В герметической кабине лунного корабля будет поддерживаться нормальное атмосферное давление 101,3 кПа (760 мм рт. ст.). Газовый состав будет

Рис. 54. Окололунная орбитальная станция.

1 — жилые помещения; 2 — блок системы жизнеобеспечения; 3 — производственные помещения; 4 — блок связи; 5 — научные лаборатории; 7 — стыковочный узел.



таким же, как на Земле: 21% кислорода и примерно 78% азота.

Даже при совершенных двигательных установках космический корабль не сможет совершить посадку на поверхность Луны без использования экспедиционного специального (посадочного) аппарата.

Вместо посадки можно предусмотреть встречу космического корабля с окололунной орбитальной станцией, после чего пассажиры перейдут в лунный экспедиционный аппарат, который доставит их на поверхность Луны (рис. 53).

Окололунная станция (рис.54) по размерам меньше орбитального комплекса на околоземной орбите, откуда взял старт лунный корабль. Станция находится на стационарной орбите и сохраняет постоянное положение относительно Луны.

По аналогии с околоземными станциями она будет мощным научно-исследовательским комплексом для всестороннего изучения космического пространства. Станция может вращаться вокруг своей оси, тогда будет исключено действие невесомости и обеспечен комфорт в жилых отсеках.

Для транспортировки грузов с поверхности Луны на Землю может быть принята такая система: с Луны стартует грузовой корабль, который, выйдя на заданную орбиту, стыкуется с кораблем, совершающим рейсы между Луной и Землей. После завершения стыковки контейнер с грузом будет перенесен в корабль, а грузовоз возвратится на свой лунодром.

Приняв таким образом несколько грузовозов, корабль разгоняется и направляется к Земле. На околоземной орбите произойдет стыковка корабля с ожидающим его здесь ракетопланом, который доставит груз на Землю.

ЛУНА — НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН

ЧТО ДАСТ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛУНЫ

Всего четверть века отделяет нас от первого полета в космос. За этот исторически короткий отрезок времени автоматические станции побывали на Луне, Марсе и Венере.

Эти достижения позволяют предположить, что Луна станет университетом перспективных исследований, на ней будут созданы многочисленные лаборатории, в которых будут производиться эксперименты и астрономические наблюдения, невозможные на Земле.

Дело не столько в том, что мы получим еще одну научно-исследовательскую базу, аналогичную созданной, например, в Антарктиде, а в том, что на Луне будут совершенно новые условия для наблюдений. Это связано с отсутствием атмосферы, с большим диапазоном температур, с пониженной силой тяжести.

БАЗЫ НА ЛУНЕ

Для нормальной жизнедеятельности человека на Луне необходимо наличие энергетических и сырьевых ресурсов, возможности создания необходимых помещений в специфических лунных условиях.

Обеспечение деятельности человека на Луне, особенно в условиях суровой двухнедельной ночи, потребует повышенного расхода энергии. Каковы же лунные энергетические возможности в сравнении с земными?

Исторически получилось так, что на Земле основным источником энергии служит органическое топливо: дрова, каменный уголь, торф, природный газ и нефть. Применение восстанавливаемых ресурсов и атомной энергии хотя и возрастает, однако имеет относительно скромные размеры. Использование солнечной энергии наземными станциями усложняется рядом обстоятельств. Подходящий к поверхности поток солнечной энергии ослабляется облачностью, изменяется в течение дня, времени года.

На Луне эффективнее всего использовать солнечную энергию. На поверхность в 1 м^2, перпендикулярную солнечным лучам, ежесекундно поступает сол-

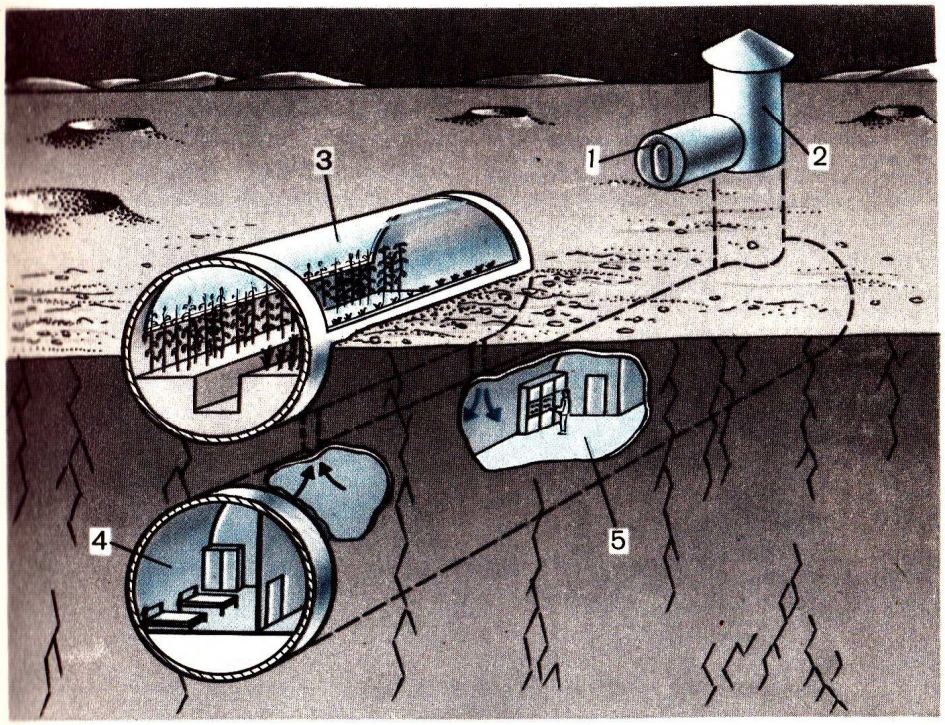


Рис. 55. Проект жилых помещений первых исследователей Луны.

1 — вход в помещение; 2 — шлюзовая камера; 3 — оранжерея; 4 — жилые помещения; 5 — пульт управления.

нечная энергия, равная 1400 Дж.

Основной формой использования солнечной энергии на Луне будет, очевидно, преобразование ее в электрическую.

Современные кремневые фотоэлементы, используемые для создания солнечных батарей на космических летательных аппаратах, имеют КПД в пределах 10—13%. Физики надеются, что в ближайшее время КПД солнечных батарей можно будет довести до 30%.

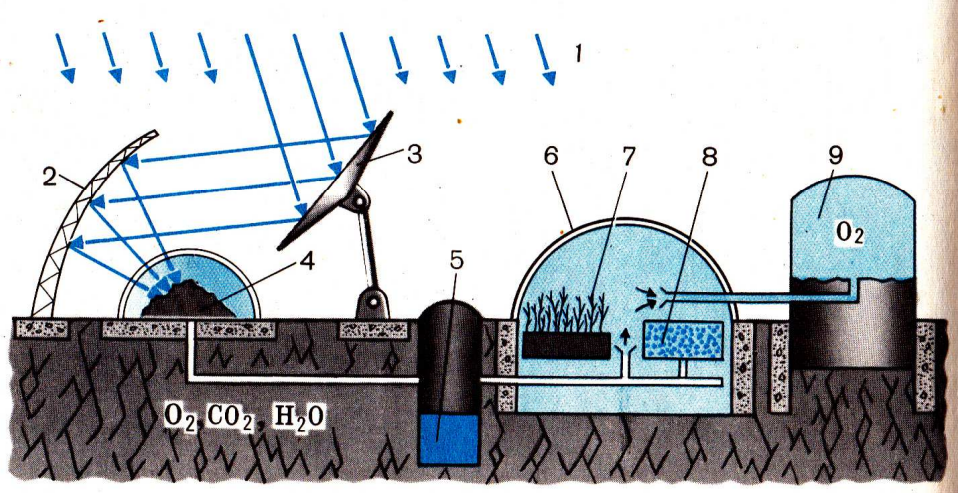
Таким образом, энергоснабжение всех лунных сооружений и установок, а также создание необходимого для них теплового и светового режимов не вызывают каких-либо инженерных трудностей.

Не исключено, что в недрах Луны будут обнаружены естественные запасы топлива. Однако использование их на Луне по прямому назначению вряд ли целесообразно. Более рационально применять лунное топливо для дозаправки космических кораблей, а также в качестве сырья для химического производства, тем более что при сжигании топлива приходится расходовать искусственно получаемый кислород.

Как повлияет пониженная сила тяжести на растения? Можно ожидать, что растения на Луне (конечно, в закрытых оранжереях) будут более крупными, чем на Земле. Питательные соки из лунной почвы смогут подниматься по стеблям быстрее, выше и в больших количествах. Наверное, по этим же причинам на Луне будут созревать на растениях более крупные плоды. Для обеспечения в лунных оранжереях соответствующего светового режима в период лунной ночи придется расходовать много энергии.

Рис. 56. Схема установки для производства на Луне кислорода, продуктов питания, воды.

1 — лучи Солнца; 2 — экран; 3 — поворотный рефлектор; 4 — перерабатываемая порода (лунный реголит); 5 — емкость для хранения воды; 6 — оранжерея; 7 — растения; 8 — одноклеточные водоросли; 9 — запас кислорода.



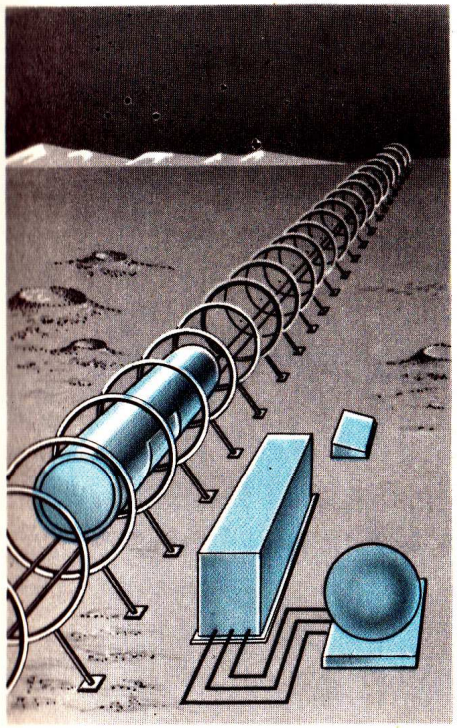


Рис. 57. Электромагнитный ускоритель (катапульта) для старта с Луны.

Сооружение лунной базы безусловно потребует значительных усилий. Сначала часть помещения и оборудование будут доставляться с Земли, однако в дальнейшем строительство будет производиться с использованием местных ресурсов, энергии и сырья (рис. 55, 56 и цв. вклейка).

Всестороннее исследование образцов лунного грунта, доставленного на Землю экипажами космических кораблей и автоматическими станциями, показало, что лунные породы после соответствующей переработки можно использовать для постройки лунных баз, космических солнечных электростанций. Установлено, что из лунных пород можно получить стекло и керамику, так как практически все образцы содержат селикаты.

Лунную породу целесообразно добывать открытым способом в горнодобывающих карьерах. Для выемки породы могут быть использованы экскаваторы, сходные по конструкции с земными. Доставка породы на перерабатывающие заводы будет осуществляться автоматическими транспортными средствами.

Другим вероятным объектом строительства на Луне может стать электромагнитный ускоритель для непосредственного запуска космических аппаратов на орбиту спутника Луны. Этот же ускоритель можно использовать для транспортировки грузов и накопления их в определенном месте лунного пространства. Использование электромагнитного поля для разгона космических кораблей или грузов представляется весьма заманчивым. Однако по современным представлениям этот ускоритель должен быть довольно громоздким сооружением (рис. 57).

Например, электромагнитный ускоритель для вывода космических кораблей с поверхности Луны на окололунную орбиту с перегрузкой, не превышающей 10, должен иметь длину 15 км и разгонять корабль около 20 с.

Полное отсутствие атмосферы, солнечное излучение, метеориты — вот некоторые факторы, с которыми может встретиться человек на Луне.

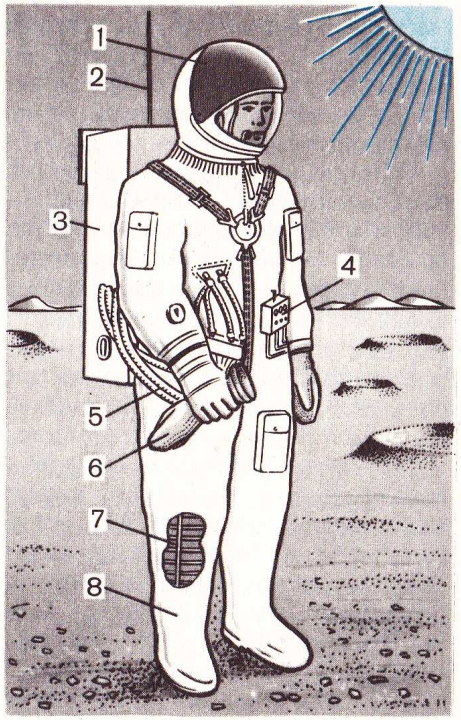


Рис. 58. Скафандр исследователя Луны (1-й вариант).

1 — светофильтр; 2 — антенна; 3 — система жизнеобеспечения; 4 — пульт управления; 5 — гибкие шланги; 6 — теплозащитная перчатка; 7 — силовая оболочка; 8 — теплозащитная оболочка (ЭВТИ).

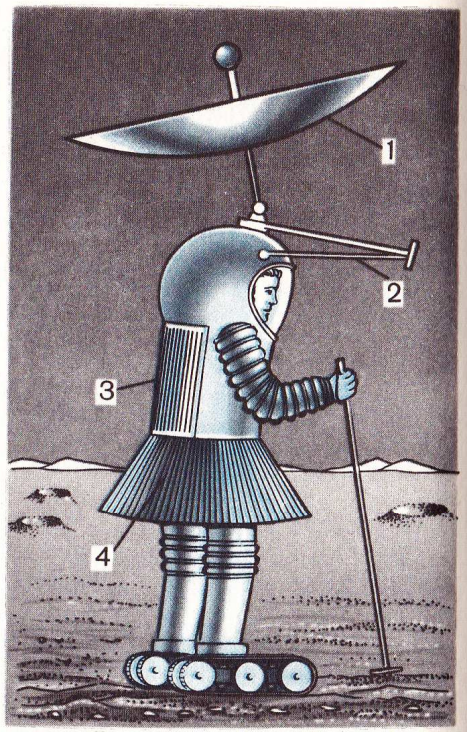


Рис. 59. Скафандр исследователя Луны (2-й вариант).

1 — преобразователь солнечной энергии; 2 — защитное приспособление (при падении); 3 — система жизнеобеспечения; 4 — радиатор.

Какое же снаряжение следует иметь, чтобы не только выйти на поверхность Луны, но и передвигаться по ней и выполнять работу? Таким снаряжением является скафандр. Но это должен быть специальный скафандр, снабженный системой жизнеобеспечения для подачи кислорода, создания избыточного давления, поглощения продуктов дыхания. Скафандр должен иметь источник электрической энергии и радиостанцию для связи с базой. Ни скафандр Ю. А. Гагарина, ни специальный скафандр А. А. Леонова — первого человека, побывавшего в открытом космосе, здесь не применимы. Лунный скафандр имеет 14 оболочек. Только такая многослойная конструкция может спасти человека от холода в течение лунной ночи. Для защиты от лунного зноя космонавту необходим костюм с водяным охлаждением, по трубкам которого течет вода. На ногах особые ботинки, тоже многослойные (рис. 58). Масса такого скафандра с наспинным ранцем превышает 90 кг.

Скафандр другой конструкции снабжен преобразователем

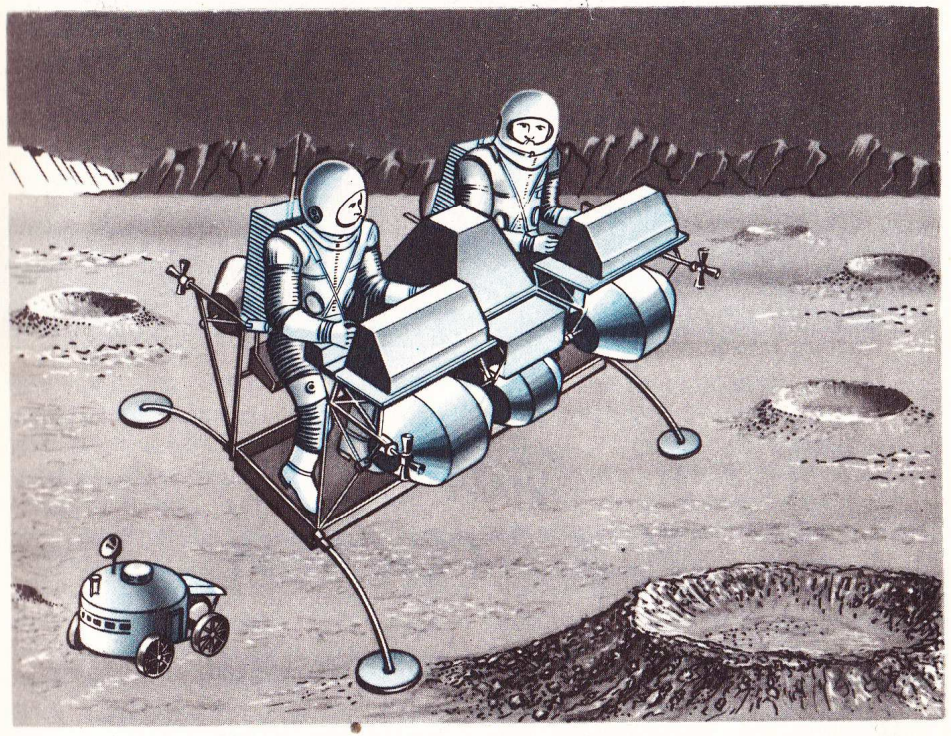


Рис. 60. «Такси» на Луне (возможная конструкция).

солнечной энергии и ботинками на «гусеничном ходу». По замыслу его создателей гусеницы должны обеспечить хорошую проходимость по лунному бездорожью (рис. 59).

Жесткие требования предъявляются к шлему скафандра. Он должен обеспечивать хороший обзор, защищать от ослепления и перегрева. Остекление шлема изготавливается из ударопрочной пластмассы — поликарбоната. Обычно стекла двойные. В пространстве между стеклами создается разряжение, как в термосе. Поликарбонат отличается прозрачностью в видимой части солнечного спектра, но вредные для глаз ультрафиолетовые лучи он не пропускает. Снаружи шлема установлены два светофильтра. Они пропускают только 5—10% солнечного света, но и этого достаточно, чтобы ориентироваться на Луне. В шлеме есть клапан, через который космонавт может пить воду и принимать питательные смеси.

Очевидно, на Луне найдет применение и «лунное такси» с реактивным двигателем. Два человека, облачившись в скафандры, могут с его помощью преодолевать препятствия (рис. 60).

МАРС ЖДЕТ ГОСТЕЙ

ЗАГАДКИ КРАСНОЙ ПЛАНЕТЫ

Планета Марс занимает наше воображение тем сильнее, чем больше мы знаем о ней. С тех пор как итальянские астрономы Д. Секки и Д. Скиапарелли в 1877 г. оповестили людей о наличии на Марсе довольно тонких и прямых линий, а П. Лоуэлл высказал гипотезу о возможности разумной жизни на Марсе, этот загадочный мир и поныне привлекает наше внимание.

Но ответить на волнующие человека вопросы стало возможно лишь после полета на планету советских и американских автоматических станций. Первый в истории земной цивилизации аппарат — космическая станция «Марс-1» — отправился к Марсу в ноябре 1962 г. Семь с половиной месяцев продолжался его полет. Станция прошла от поверхности Марса на расстоянии 195000 км, после чего стала искусственным спутником Солнца. Автоматическая станция «Марс-3» в декабре 1971 г. впервые совершила мягкую посадку на поверхность Марса. В феврале 1974 г. станция «Марс-4» прошла на близком расстоянии от Марса, станция «Марс-5» вышла на орбиту искусственного спутника планеты. В марте 1974 г. от станции «Марс-6» был отделен спускаемый аппарат, который затем был переведен на траекторию встречи с Марсом. Спуск этого аппарата на планету осуществлялся на парашюте, а передаваемая информация ретранслировалась на Землю через аппаратуру станции «Марс-6». Примерно в это же время около Марса проходила траектория автоматической станции «Марс-7». Большой вклад в исследование Марса сделали американские ученые. Станции «Маринер-4, -5, -6, -7 и -9» передали на Землю много информации и фотографий, а «Викинг-1» и «Викинг-2» совершили посадку на поверхность планеты.

Из школьного курса астрономии известно, что Марс — четвертая по порядку от Солнца планета Солнечной системы. Ее среднее расстояние от Солнца около 228 млн. км. Максимальное расстояние между Марсом и Землей равно 400 млн. км, а минимальное — от 55 до 100 млн. км и приходится на периоды так называемых противостояний Марса, которые повторяются каждые 2 года 50 дней. На расстоянии 55 млн. км от Земли Марс оказывается во время великих противостояний, которые повторяются через каждые 15—17 лет. В XX в. великие противостояния были в 1909, 1939, 1956 и 1971 гг. В эти годы складывались наиболее благоприятные условия для изучения Марса.

Полный оборот вокруг Солнца Марс совершает за 687 земных суток. Марс меньше Земли. Его диаметр 6787 км. Площадь поверхности Марса в 3,7 раза меньше площади поверхности Земли. Бóльшая часть поверхности имеет красно-оранжевый цвет. Эти области называются условно материками и, по-видимому, представляют собой пустыни, покрытые мелкой пылью. Остальная часть поверхности имеет более темный цвет и называется условно морями.

Масса Марса значительно меньше массы Земли и составляет немногим более до 10% от нее. Результатом этого является малая сила тяжести на его поверхности — только 38% от силы тяжести на поверхности Земли. Человек весом 700 Н на Марсе будет весить только 270 Н. Вторая космическая скорость, которую нужно сообщить космическому аппарату, стартующему с Марса в межпланетный полет, равна всего лишь 5 км/с, и соответственно первая космическая скорость — 3,55 км/с.

Большим своеобразием отличаются климатические условия на Марсе. На поверхность в 1 м^2 приходится на 36—52% меньше солнечной энергии, чем на поверхность Земли той же площади. В середине лета в экваториальных областях днем температура поднимается до +10°С, а ночью опускается до —100°С. Такие колебания температуры объясняются разреженностью и низкой влажностью атмосферы.

Атмосферное давление у поверхности планеты примерно 1 кПа (8 мм рт. ст.), т. е. такое же, как на высоте 30 км над поверхностью Земли. В основном атмосфера состоит из углекислого газа (около 95%).

Марс имеет два спутника — Фобос и Деймос. Спутники эти небольшие, но легенд, связанных с их возникновением, было много. В 1945 г. американский ученый Б. Шарплесс, сравнивая свои результаты наблюдений с расчетами, сделанными 50 лет

назад русским астрономом В. Я. Струве, обнаружил, что Фобос движется гораздо быстрее, чем это должно было быть. Диаметр Фобоса около 15 км. Если учесть его массу и наблюдаемое ускорение, то время существования этого спутника не должно было превышать нескольких тысячелетий. По прошествии этого срока спутник должен был достигнуть поверхности планеты и, ударившись о нее, разлететься на множество мелких осколков... Между тем астрономы были уверены, что оба спутника существуют у Марса уже по крайней мере 500 млн. лет. Возникла серьезная неувязка теории с практикой.

И сразу возникла гипотеза: когда-то Марс был населен высокоразумными и добрыми существами. Они строили города, подчинили себе природу Марса и изучали космос. Может быть, стремясь покинуть свою умирающую планету, лишенную воды и полезных ископаемых, они миллионы лет назад побывали на Земле? Однако трудные для марсиан земные условия отпугнули пришельцев. Ведь по сравнению с Марсом на Земле и повышенная сила тяжести, и плотная атмосфера, и страшное окисляющее действие кислорода. По сравнению с Марсом на Земле изнуряющая жара...

Полеты автоматических межпланетных станций к Марсу разрушили красивую легенду. На фотографиях, переданных с борта станции,— безжизненная, изрытая кратерами, загроможденная скалами поверхность. Марсианский пейзаж больше похож на лунный, чем на земной. И никаких лесов, никаких городов и каналов на Марсе нет.

Американская станция «Маринер-9» сфотографировала Фобос и передала снимок на Землю. И здесь нас ждало разочарование. Естественный спутник Марса представляет собой обычный обломок скалы. Скорее всего, оба они — и Фобос и Деймос — бывшие астероиды, захваченные из космического пространства полем тяготения Марса.

— Вы спросите: «А как же расчеты ускорения Фобоса?» Они оказались ошибочными.

В начале XX в. астрономы были уверены в существовании жизни на Марсе. Сегодня ученые исключают возможность жизни на Марсе в высокоразвитой форме. А в простейших формах? В ответ на этот вопрос никто не решается сказать «да» или «нет».

О том, что на Марсе возможна жизнь, свидетельствуют эксперименты, во время которых изучалась приспособляемость земных организмов к марсианским условиям. В аналогичные марсианские условия, созданные в лаборатории, помещали грибы, семена растений, червей, насекомых, пресмыкающихся и земноводных, некоторые бактерии. Для отдельных земных видов эти условия оказались гибельными. Некоторые организмы впадали «на Марсе» в анабиоз, а вернувшись на Землю, оживали и как ни в чем не бывало продолжали свой жизненный путь. Иные же из них, например низшие грибы и бактерии, даже росли и размножались при полном отсутствии кислорода. В ряде опытов «на Марсе» прорастали семена цветковых растений.

Известно, что на Земле многие растения в процессе эволюции выработали ряд приспособлений к суровым условиям существования. Похожие или какие-то иные своеобразные приспособления, позволяющие выжить в суровых условиях, могли выработаться в процессе эволюции у марсианских растений.

С тем чтобы узнать, есть ли в грунте Марса живые организмы, «Викинг-1» и «Викинг-2» были снабжены портативными химическими лабораториями, но полученные результаты не дали однозначного ответа.

Итак, вопрос о жизни на Марсе остался открытым. В итоге бесспорно лишь одно — исследования должны быть продолжены. Они могут проводиться как на поверхности Марса, так и путем анализа на Земле образцов грунта, который доставят автоматические станции. У каждого из этих методов есть свои достоинства и недостатки.

Если не брать во внимание транспортировку грунта, то, безусловно, анализировать на Земле марсианский грунт значительно проще. Но...

Есть два не совсем приятных обстоятельства, оценить которые в каких-то количественных величинах наука пока не может. Не исключено, что за время долгого пути с Марса на Землю условия в капсуле окажутся непригодными для существования микроорганизмов. Обнаружить же погибшие микроорганизмы, тем более реконструировать их и доказать, что они принадлежат внеземной жизни,— задача, пожалуй, невыполнимая.

Но возможно и обратное. Марсианские микроорганизмы, попав в земные условия, начнут энергично размножаться. Не надо объяснять, к каким неприятным последствиям может привести подобная ситуация. Распространившись по нашей планете, они могут уничтожить все живое, что на ней есть.

ДОРОГИ К МАРСУ

Мысль о путешествиях на другие планеты, о странствованиях в межзвездных пустынях еще недавно была не более как заманчивая греза. Как полеты космических кораблей из красивой мечты превратились в реальную действительность, так должна со временем осуществиться и мысль о межпланетных путешествиях.

Нет сомнения в том, что в обозримом будущем межпланетный корабль стартует с поверхности Земли и полетит к Марсу, Венере и более отдаленным планетам Солнечной системы.

Для достижения другой планеты траектория полета межпланетного корабля должна быть рассчитана таким образом, чтобы после выхода из сферы действия Земли и попадания в поле притяжения Солнца корабль

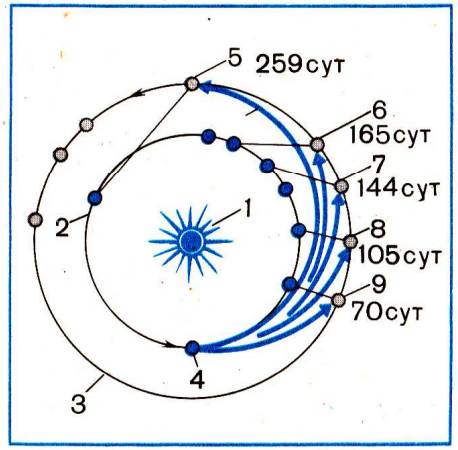


Рис. 61. Время полета к Марсу при различной начальной скорости.
1 — Солнце; 2 — орбита Земли; 3 — орбита Марса; 4 — положение Марса при старте; 5 — 259 суток; 6 — 165 суток; 7 — 144 суток; 8 — 105 суток; 9 — 70 суток.

продолжал полет в точку встречи с намеченной планетой. Траектория космического летательного аппарата определяется, с одной стороны, модулем и направлением начальной скорости, а с другой — силами притяжения небесных тел, постепенно изменяющими эту траекторию. Пространство, в каждой точке которого действует сила притяжения небесных тел, называется гравитационным полем. Оно создается многочисленными телами Солнечной системы и изменяется по мере движения небесных тел.

В путешествиях на Земле на любом виде транспорта мы выбираем самый короткий маршрут, соединяющий место отправления с местом назначения. При межпланетных перелетах, наоборот, короткий маршрут требует большого расхода энергии. Поэтому наиболее выгодными с энергетической точки зрения являются те траектории, которые пролегают в направлении орбитального движения планет.

Пользуясь законами Кеплера, можно определить время полета космического аппарата к Марсу. Так, например, при отлете с Земли с минимальной скоростью — 11,57 км/с корабль долетит до Марса за 259 суток (рис. 61). Если же отлет с Земли космического аппарата будет происходить со все большей скоростью, то время перелета будет сокращаться.

Уже при начальной скорости 11,8 км/с (траектория *6*) аппарат достигнет Марса через 165 суток. Увеличение скорости на 0,2 км/с уменьшит продолжительность перелета на 21 сутки (траектория *7*). При скорости 13 км/с перелет продолжится 105 суток (траектория *8*), а если космический аппарат начнет полет с начальной скоростью 16,7 км/с, т. е. с третьей космической скоростью (по параболической траектории), то он достигнет планеты за 70 суток (траектория *9*). Такова одна из самых замечательных особенностей межпланетной навигации.

Мы рассмотрели перелет космических аппаратов к Марсу, не касаясь вопросов, связанных с их возвращением. Однако при полетах пилотируемых кораблей к Марсу нужно рассчитать и траекторию обратного перелета на Землю. Из огромного семейства траекторий перелета космического корабля на Марс с возвращением на Землю рассмотрим сначала перелет по траектории, требующей минимального расхода энергии (рис. 62).

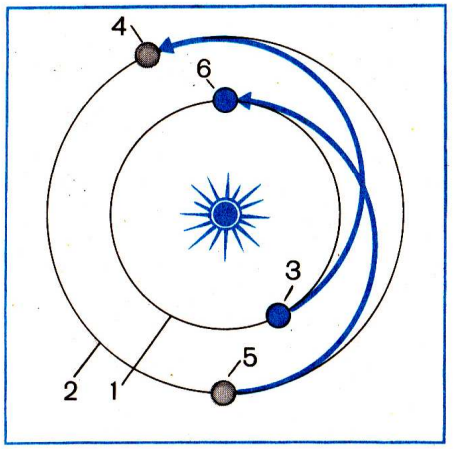


Рис. 62. Схема полета к Марсу и возвращения на Землю.
1 — орбита Земли; 2 — орбита Марса; 3 — отлет с Земли; 4 — прилет на Марс (259 суток); 5 — отлет с Марса (709 суток); 6 — возвращение на Землю (968 суток).

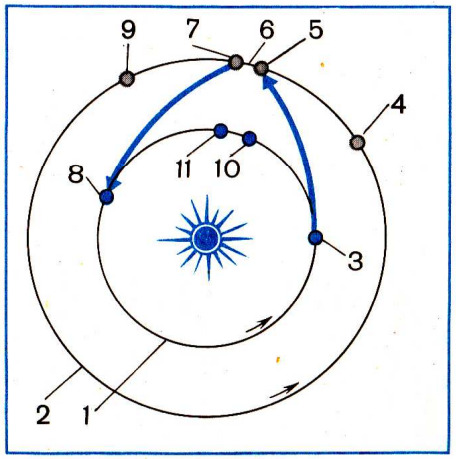
Стартовав с Земли, космический аппарат через 259 суток произведет посадку на Марсе. Если же корабль сразу отправится с Марса на Землю, то через 259 суток, подойдя к земной орбите, он не встретится с Землей, так как в это время она будет находиться в другом месте своей орбиты. А для того чтобы аппарат встретился с Землей, он должен пробыть на Марсе 450 суток. Таким образом, полет в оба конца с ожиданием на Марсе займет 968 суток.

При увеличении скорости полета космического корабля время полета значительно уменьшается. Так, например, если полет на Марс производить по параболической траектории, когда первая ветвь соответствует отлету с третьей космической скоростью 16,7 км/с, а вторая представляет зеркальное отражение той же дуги параболы, проходимой в обратном направлении, то время пребывания на Марсе можно сократить до 12 суток и все путешествие продлится 152 дня (рис. 63).

При выборе межпланетной трассы необходимо учитывать расположение метеорных потоков, существенную роль играет также и состояние Солнца. Поэтому межпланетные перелеты на пилотируемых кораблях необходимо осуществлять вне метеорных потоков и в периоды «спокойного Солнца».

Наилучшие условия для полета возникнут в 1986 г., когда период «спокойного Солнца» совпадет с наибольшим сближением Земли и Марса.

Рис. 63. Путешествие Земля — Марс — Земля за 152 дня.
1 — орбита Земли; 2 — орбита Марса; 3 — отлет с Земли (0 суток); 4 — Марс в момент отлета ракеты с Земли; 5 — прилет на Марс (через 70 суток); 6 — 12 суток на Марсе; 7 — отлет с Марса; 8 — возвращение на Землю через 152 дня; 9 — Марс в момент возвращения ракеты на Землю; 10 и 11 — Земля через 70 суток и 82 дня — в моменты прилета ракеты на Марс и отлета с Марса соответственно.



КАКИМ БЫТЬ МАРСИАНСКОМУ КОРАБЛЮ

К Марсу должны лететь два корабля. Один из них будет резервным и в случае возникновения аварийной ситуации сможет принять на борт космонавтов. И вообще, экспедиция в космосе всегда лучше одиночного корабля. При этом и научные результаты будут выше: в экспедиции может участвовать больше специалистов и они в большем объеме проведут исследования.

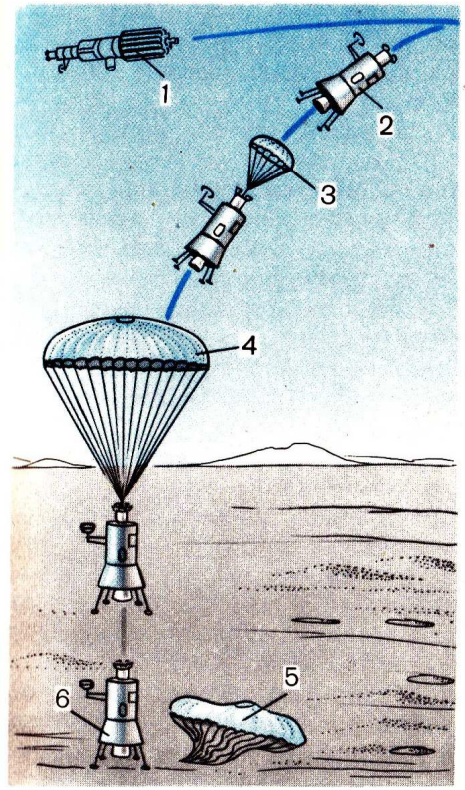
Посмотрите на рисунок марсианского корабля (см. цв. вклейку). В хвостовой части расположен атомный двигатель и запас рабочего тела (жидкого водорода). Затем следует агрегатный отсек, заполненный оборудованием, и помещения, в которых живут и работают космонавты. Непосредственно за жилыми помещениями находится оранжерейный отсек. Завершает все сооружение марсианский экспедиционный аппарат. Для связи между кораблями имеется трехместное «космическое такси». Массивный металлический экран защищает экипаж от излучений, возникающих при работе атомного двигателя.

...В одно прекрасное утро 20... года Центральное телевидение покажет старт мощных ракет, которые доставят на околоземную орбиту секции марсианского корабля и бригаду космических монтажников.

При запуске корабля сначала включается ядерный ракетный двигатель (ЯРД), который разгонит корабль до третьей космической скорости. Как только будет достигнута расчетная скорость, ядерный двигатель выключается. Затем следует участок перелета с остановленным двигателем. Снова включается ЯРД, осуществляющий торможение и выход корабля «на орбиту ожидания» вокруг Марса. От корабля отделяется «марсианский экспедиционный аппарат» (рис. 64), снабженный всем необходимым для пребывания экипажа на Марсе в течение 12 суток. За это время оставшиеся на борту корабля космонавты поддерживают связь с экспедиционным аппаратом и Землей, проводят ремонтные работы.

Выполнив задание, экспедиционный аппарат взлетает, стыкуется с кораблем, и все происходит в обратном порядке: ядерный двигатель удаляет корабль от Марса, затем снова включается для торможения и вывода корабля на орбиту вокруг Земли. Здесь происходит встреча и стыковка с прибывшим с Земли ракетопланом. Затем, взяв с собой экипаж, образцы марсианского грунта, ракетоплан возвращается и совершает посадку на Земле. А марсианский корабль будет находиться на орбите, пока не понадобится для следующего межпланетного путешествия...

Мы рассказали обо всем подробно и, возможно, довольно правдоподобно. Однако «забыли» упомянуть об одном «маленьком» обстоятельстве, что все это может произойти только в том случае, если к указанному сроку будут построены ядерные ракетные двигатели, обеспечена защита от излучений, создана система жизнеобеспечения, решена проблема биологической совместимости членов экипажа, длительно работающих в тяжелых условиях.



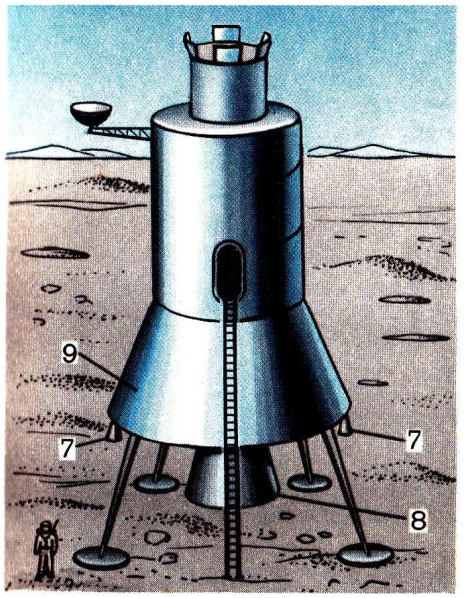


Рис. 64. Схема посадки марсианского экспедиционного аппарата.

1 — межпланетный корабль; 2 — экспедиционный аппарат; 3 — спуск на тормозном парашюте; 4 — спуск на основном парашюте; 5 — отделение основного парашюта; 6 — включение двигателей мягкой посадки; 7 — управляющие сопла; 8 — камера ЖРД; 9 — теплозащитный экран.

Мы уже знаем, что полеты, совершаемые ниже радиационных поясов и в период «спокойного Солнца», не представляют опасности для космонавтов. Однако во время длительных полетов в космическом пространстве экипаж может получить дозу облучения, намного превышающую допустимую. За пределами атмосферы постоянно действующим фактором будет галактическое космическое излучение (ГКИ) и излучение, возникающее при солнечных вспышках.

ГКИ обладает большой мощностью и проходит сквозь оболочку корабля без ослабления. Получаемая при этом доза облучения составляет около 0,2 бэр в сутки. Это сравнительно малая доза, но если экспедиция к Марсу продлится более трех лет, то общая доза облучения составит 220 бэр, что может привести к развитию лучевой болезни. При солнечных вспышках большой мощности экипаж в течение короткого времени будет облучен дозой, близкой к смертельной.

Следовательно, человек может отправиться в длительный

путь только тогда, когда вероятность радиационного поражения будет устранена. Но как решить эту проблему?

Очевидно, что создание массивного экранирующего отсека практически неосуществимо, так как масса убежища, в котором могли бы разместиться три человека, по самым скромным подсчетам, превысит несколько тонн.

Другой способ защиты кажется сегодня фантастическим. Правда, фантастическим его можно назвать условно, поскольку сейчас претворяются в жизнь самые необычные проекты.

Чтобы понять идею, лежащую в основе этого способа, обратимся сначала к физике. Известно, что заряженные тела взаимодействуют друг с другом. По закону Кулона сила взаимодействия двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. А радиация космического пространства не что иное, как электроны, протоны или ионы, т. е. заряженные частицы.

Так нельзя ли создать активную защиту от радиации, окружив корабль плотным слоем электричества, заставив заряд выступать против заряда? Оказывается, можно. Простейшей защитой такого рода может служить положительно заряженная оболочка.

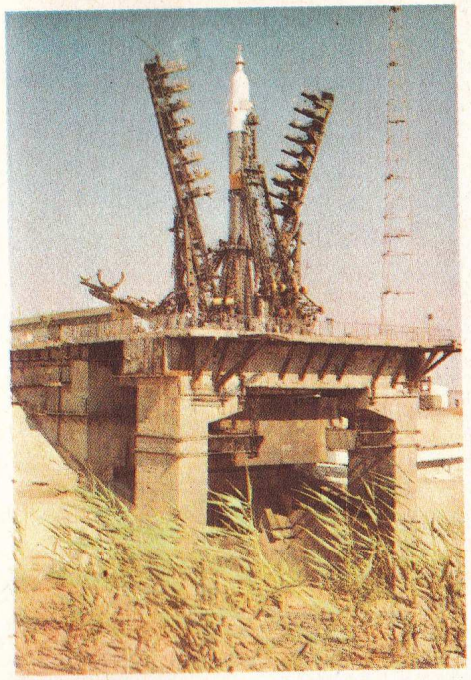
Изготовить оболочку можно из материала, обладающего хорошими электропроводными свойствами. Алюминиевый сплав как раз отвечает поставленным требованиям и отличается необходимой прочностью.

Такая электростатическая защита весьма привлекательна. Действительно, если оболочку зарядить положительно, то она будет защищать от любых положительно заряженных частиц. Однако она будет бессильна против электронов, имеющих отрицательный заряд. Больше того, электроны, попавшие в зону действия электростатических сил положительной оболочки, будут притягиваться к ней, непрерывно ускоряясь. В этом случае может помочь вторая оболочка, помещенная внутрь первой, но заряженная отрицательно. Получается нечто подобное двойной скорлупе, окружающей корабль. Крепление оболочек должно быть достаточно прочным и изготовленным из хорошо изолирующего материала.

Для защиты корабля может использоваться не только электростатическое, но и магнитное поле. Мы уже говорили о защитной роли магнитного поля Земли, образовавшего вокруг нее пояса радиации.

На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, действует сила, перпендикулярная скорости частицы и направлению индукции магнитного поля. Положительные и отрицательные частицы отклоняются полем в противоположные стороны.

Остается добавить, что активная защита космического корабля с помощью электро-



Старт ракеты-носителя

Космонавты на тренировке

На тренировке в макете космической станции «Салют»

На тренировке в бассейне

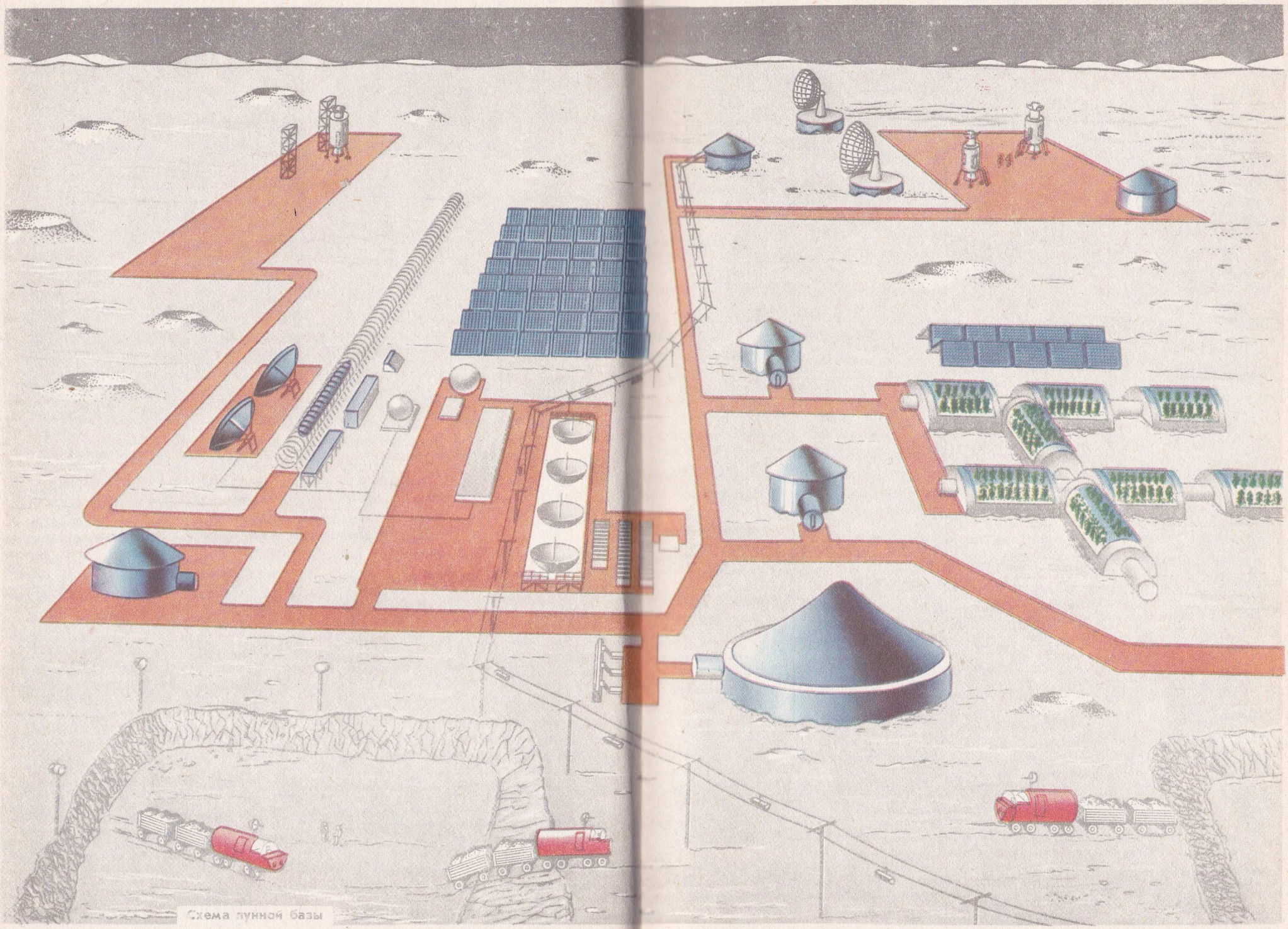
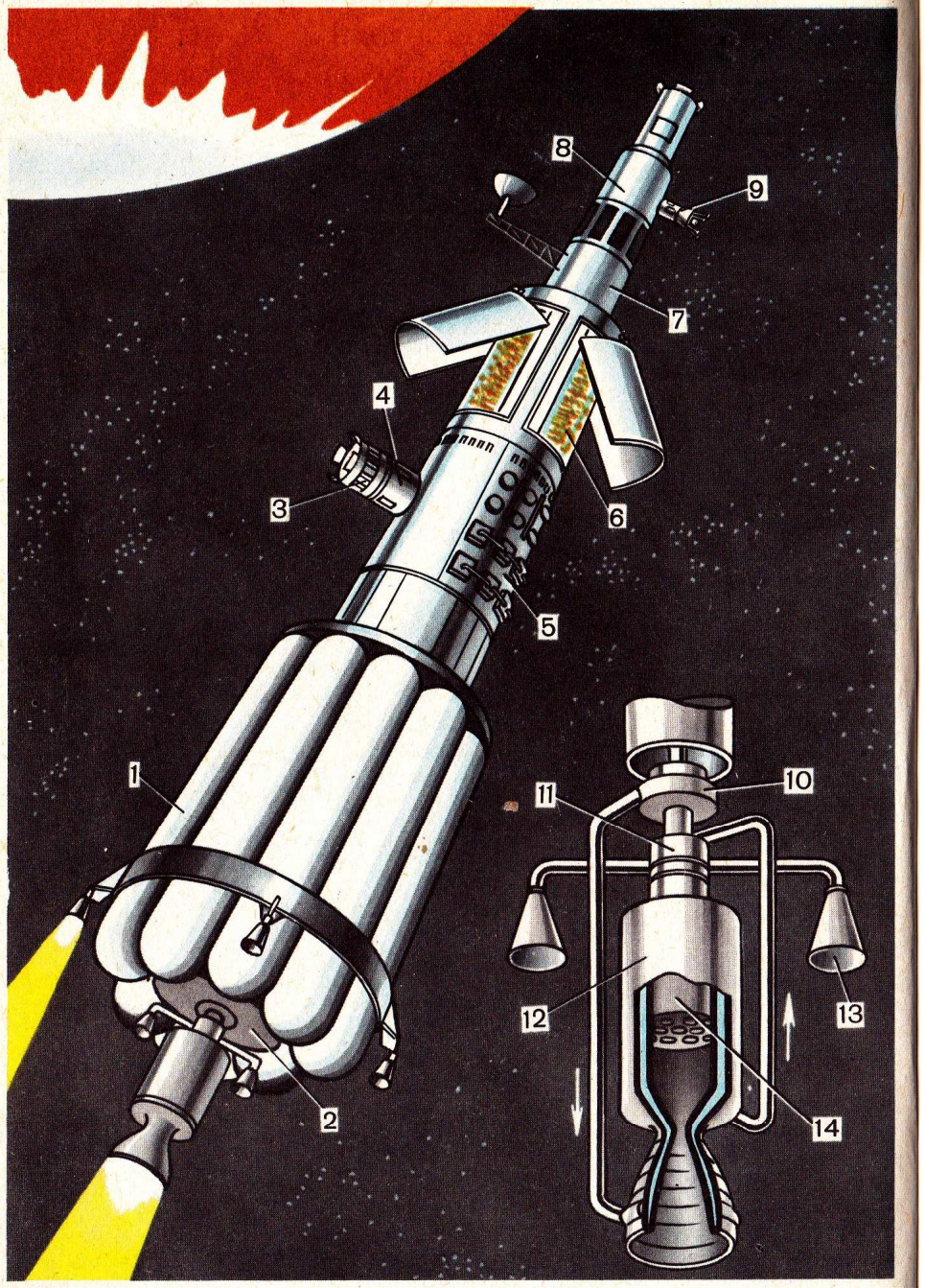


Схема лунной базы



Межпланетный корабль приближается к Марсу

1 — баки с запасом рабочего тела (жидкого водорода); 2 — силовая установка ЯРД); 3 — защитный экран; 4 — аппарат для посадки на спутник Марса; 5 — жилые помещения; 6 — оранжерейный отсек; 7 — научные лаборатории; 8 — командный отсек; 9 — «космическое такси» для связи между кораблями; 10 — насос подачи жидкого водорода; 11 — турбины; 12 — внешняя оболочка ядерного реактора; 13 — выхлопные патрубки; 14 — реактор.

статического или магнитного полей принципиально возможна, однако ее осуществление связано с большими техническими трудностями, и здесь есть над чем подумать...

СИСТЕМА ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МЕЖПЛАНЕТНОГО ПОЛЕТА

Кругооборот веществ на корабле. Может показаться, что не так уж сложно обеспечить условия для жизни, необходимые человеку, если он взял с Земли все необходимое. Но такой путь оказывается неприемлемым для длительных космических путешествий: любые запасы исчерпываются.

Полет к Марсу по трассе Земля — Марс — Земля может продолжаться более 3 лет. Для обеспечения экипажа из 3 человек понадобится примерно 3 т обезвоженных продуктов и столько же кислорода, более 5 т воды. Возникает новая проблема: как разместить и хранить на корабле такое количество пищи, кислорода и воды?

Решение этой задачи было в свое время подсказано К. Э. Циолковским. Он предложил создать на корабле замкнутую экологическую систему, представляющую собой некоторое подобие кругооборота веществ, который наблюдается на Земле.

Продукты, дающие энергию организму человека и идущие на построение его тканей, не должны теряться, а вновь и вновь совершая кругооборот, попадать в организм и усваиваться им.

Жизнедеятельность человека в космическом полете должна протекать таким образом, чтобы все то, что выделяется, поглощалось, а все то, что поглощается, восстанавливалось и могло быть вновь использовано.

Растения, выращенные в условиях космического корабля, могут не только употребляться человеком в пищу, но, кроме того, поглощая углекислый газ и солнечную энергию, выделять кислород для дыхания.

Ученые давно искали растения, которые могли бы снабжать космонавтов белками, углеводами и жирами. Такое растение найдено. Это скопление зеленой водоросли — хлореллы. Ее в водоемах бесчисленное множество. А каждая отдельная особь состоит всего из одной клетки, размер которой в 200 раз меньше миллиметра.

Хлорелла содержит зеленый пигмент-хлорофилл и, подобно высшим растениям, способна выделять в воздух кислород, а взаимодействуя с углекислым газом и водой, образовывать сложные вещества, из которых состоит ее тело.

Размножается хлорелла просто и быстро: взрослая клетка делится на несколько маленьких, которые, вырастая, прорывают оболочку материнской клетки и начинают самостоятельную жизнь.

Хлореллу удобно выращивать в больших прозрачных со-

судах, освещенных солнцем или электрическим светом, добавляя в воду минеральные соли. Для более быстрого роста в раствор вдувают воздух с добавлением углекислого газа. В этих условиях хлорелла быстро размножается и за короткое время дает много ярко-зеленой массы, из которой можно приготовить пищевые продукты. Но как? В разных странах инженеры, химики, биологи и кулинары много думали над этим вопросом. Наконец совместными усилиями был разработан способ переработки хлореллы, при котором из несъедобной водоросли получают вкусные и питательные продукты. А делается это с помощью аппарата, который сначала разрушает крепкие оболочки клеток и извлекает горькие и дурно пахнущие вещества. Затем масса превращается в пасту и высушивается. Из полученного продукта можно варить суп, готовить котлеты, печь пироги. Если в сок, выжатый из очищенных водорослей, добавить сахар и лимонную кислоту, получится вкусный и питательный напиток.

В высушенной хлорелле массой 1 кг содержится до 500 г белка, 150 г жира, 250 г углеводов, неорганические вещества и витамины. Чтобы при помощи хлореллы обеспечить едой одного человека, в сутки потребуется всего лишь 300 г сухого вещества водоросли. Недостающие для питания углеводы, животные жиры и прочие продукты должны дополнительно добавляться в рацион за счет продуктов, получаемых с оранжереи, где выращиваются высшие растения, и животных.

На рисунке 65 показана принципиальная схема установки для выращивания хлореллы. Воздух, содержащий углекислый газ, засасывается насосом и подается в резервуар, заполненный водой и плавающей в ней хлореллой. Под действием солнечного света водоросли поглощают углекислый газ и выделяют кислород.

А смогут ли одноклеточные водоросли жить и размножаться в условиях длительной невесомости? Оказывается, смогут. Опыты показали, что невесомость не влияет на поведение индивидуальной клетки — не изменяются ни скорость размножения, ни энергетические процессы.

«Огород» в космосе. Одним из семи чудес света библейские предания называют роскошные сады ассирийской царицы Семирамиды. Они поражали воображение древних тем, что висели в воздухе. Однако теперь известно, что корни этих растений находились в земле, в обычных кадушках, которые садоводы хитроумно маскировали самой же буйно разросшейся зеленью. А если говорить о настоящих воздушных садах, то в некоторых овощных хозяйствах можно увидеть, что овощи действительно растут и плодоносят в воздухе без единого грамма почвы. Впрочем, эти чудеса научно обоснованы. Ученые разработали метод выращивания растений не только без почвы, но и без какой-либо опоры для корней — аэропонику. Раз в сутки корни растений опрыскиваются питательным раствором, и этого вполне достаточно для нормального развития растений (рис. 66).

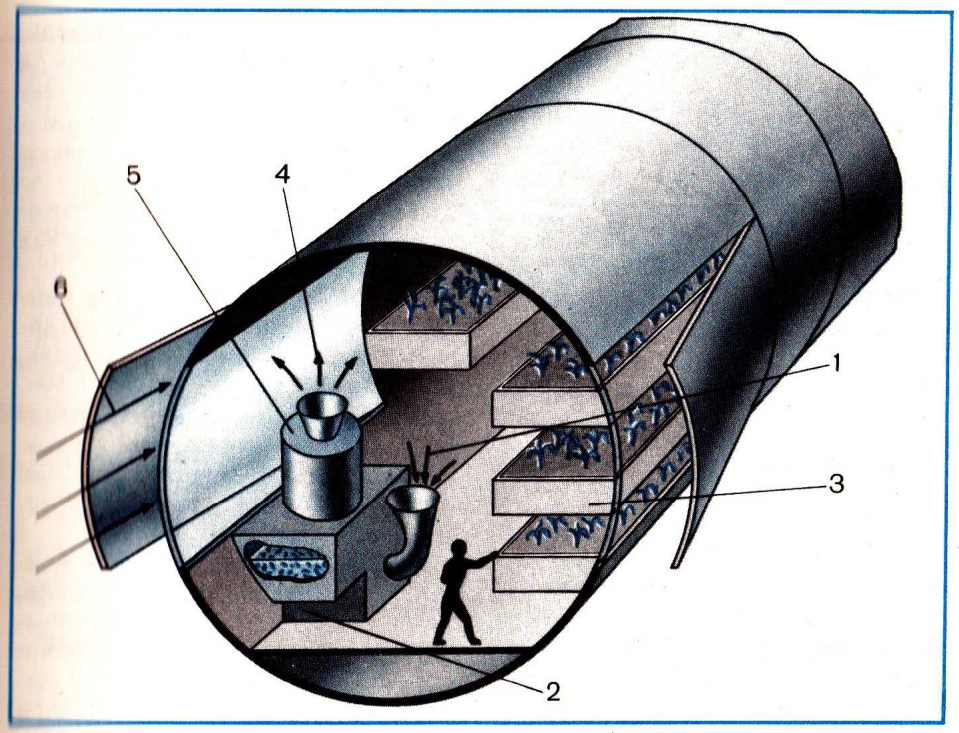


Рис. 65. Установка для выращивания хлореллы и высших растений.

1 — заборник кабинного воздуха; 2 — установка для очистки воздуха одноклеточными водорослями (хлореллой); 3 — установка для выращивания растений; 4 — выход очищенного воздуха; 5 — фильтр-поглотитель ароматических веществ; 6 — лучи Солнца.

Разработан также гидропонный способ выращивания растений в искусственном грунте. Диаметр зерен искусственной почвы 1—1,5 см. Зерна могут быть изготовлены из пористых легких материалов — шлака или пемзы. Периодически лоток заполняется питательным раствором. После наполнения раствор из лотка сливается. Весь цикл слива и наполнения занимает всего несколько минут. Корневая система растений забирает влагу и питательные вещества из смоченной поверхностной части зерен. По свидетельству специалистов, с единицы площади гидропонного хозяйства можно получить в 10 раз больше продуктов, чем с равновеликой площади обычного земледелия.

Идея создания космического огорода была в свое время высказана К. Э. Циолковским весьма образно: «Люди будут

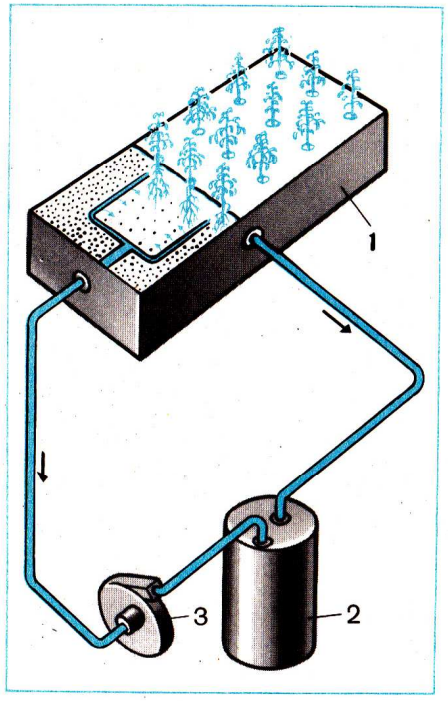


Рис. 66. Схема установки для выращивания растений.
1 — лоток с растениями; 2 — бак с питательным раствором; 3 — насос.

портить воздух и поедать плоды, а растения будут очищать воздух и производить плоды. Человек будет возвращать в полной мере то, что он похитил от растений, в виде удобрений для почвы и воздуха». Общий итог из расчетов калужского мечтателя таков: 1 $м^2$ оранжереи, обращенной к солнечному свету, теоретически обеспечит питание человека.

Сейчас широко обсуждаются принципы выбора растений для включения в звено замкнутой экологической системы. Прежде всего эти растения должны быть высокоурожайными и качественно удовлетворять потребности человека в пище. Немалое значение имеет совместимость всех выбранных растений между собой и с человеком. Необходимо также учитывать технологическую особенность приготовления из них пищи.

В космическом огороде могут выращиваться соя, сахарная свекла, картофель, фасоль, морковь, щавель, салат, лук, редис, петрушка, перец сладкий, капуста пекинская, удовлетворяющие потребность человека в белках, жирах, углеводах и витаминах.

Какие животные будут взяты на космический корабль, пока сказать трудно. Высказываются интересные предложения об использовании в качестве пищи для космонавтов рыб или простейших организмов. Они очень неприхотливы и дают высококачественный продукт.

Теоретически описанная экологическая система полностью балансируется и в наземных условиях многократно испытана. Такие факторы, как невесомость, ионизирующая радиация, магнитное поле Земли, трудно воспроизвести в эксперименте, но то, что они влияют на рост растений, уже известно.

Нельзя ли добывать пищу как-нибудь иначе, хотя бы с помощью химии?

Всего лишь полтора века назад ученые резко разделяли в природе мир живого и неживого. Считалось, что мостика между ними нет: органические

вещества создаются только животными, только растениями, в пробирках они не появляются, и потрясающим событием был синтез мочевины, продукта распада белков, выполненный Ф. Велером в 1828 г.

А там пошло и пошло. Химия начала повторять природу, а потом и превосходить ее. За синтетическими красками пришли синтетические лекарства, ткани, кожа, меха — всего и не перечислишь. Химия помогает сельскому хозяйству удобрениями. Видимо, скоро начнет и кормить... Ведь пища наша в конечном итоге состоит из химических веществ. В нее входят соли, вода, углеводы, жиры, белки.

Опыты по изготовлению синтетической пищи начаты во всем мире.

Учеными ведутся исследования таких путей получения продуктов питания, которые позволили бы быстро и в большом количестве получать вещества, пригодные для употребления их живыми организмами. Если будет решена эта задача, то в космический полет не придется брать большого запаса продуктов питания.

Много проблем надо решить, прежде чем космический корабль возьмет курс к Марсу. Некоторые из них мы уже рассмотрели.

Прежде всего это энергетика движения. Куда бы ни направился космический корабль, ему нужен источник энергии. Он нужен не только для работы маршевых двигателей, позволяющих осуществить полет в мировом пространстве, но и для работы бортовых систем и оборудования.

Не менее сложными проблемами являются защита от излучений, снабжение кислородом, продуктами питания и водой. Важен вопрос о действии на человека длительного состояния невесомости. В зависимости от того, как будет решен этот вопрос, определятся конструкция и внешний вид корабля.

Остановимся еще на одном вопросе, который имеет большое значение.

Космический корабль движется по своей орбите... Небольшой экипаж: пилот, инженер и врач. Однообразная обстановка. Сравнительно тесное помещение. И так проходят месяцы, годы.

В течение всего полета перед взором космонавтов, вглядывающихся в бездны космоса, одна и та же картина. На иссиня-черном небе в одни иллюминаторы они видят лишь яркие, немигающие звезды, а в другие — ослепительный огненный диск незаходящего Солнца. И несмотря на то что корабль движется с огромной скоростью, все кажется космонавтам неподвижным, как будто застывшим.

Для членов экипажа установлен своеобразный распорядок дня: каждый член экипажа 4 ч отдает оперативной работе, 4 ч активно отдыхает и 4 ч спит. Во время активного отдыха члены экипажа занимаются на специальных тренажерах, принимают пищу,

читают, слушают музыку, смотрят кинофильмы, телевизионные передачи с Земли, анализируют научный материал и т. д. В распорядке дня предусмотрено, чтобы все бодрствующие космонавты или по крайней мере большинство из них одновременно садились за стол. Ведь питание — это не просто прием пищи, а весьма сложный процесс, в котором тесно сочетаются физиологические и психологические функции.

Все эти особенности космического полета требуют не только всесторонней профессиональной выучки членов экипажа, но и исключительно высокой моральной устойчивости. Ведь они должны не только вместе находиться, но и весьма слаженно работать. А для этого необходимы хорошие взаимоотношения. Раздражительность одного члена экипажа, вспыльчивость другого, неоправданное упрямство третьего могут повлечь за собой разобщенность, конфликты, что безусловно повлияет на выполнение намеченной программы полета. В экипаже корабля не может быть и речи о мелких обидах, раздражительности, дурном характере. Длительный космический полет — серьезнейшее испытание всей психики человека, и выдержат его лишь сильные духом, жизнерадостные, увлеченные своим делом люди. Эгоист, себялюбец в такой обстановке находиться не сможет.

Все члены экипажа должны быть внимательны друг к другу и взаимно заботливы. Их непременным качеством должно быть взаимное уважение, готовность в любой момент прийти на помощь товарищам, особенно в тяжелых, катастрофических ситуациях.

Не секрет, что даже очень хорошие люди часто не могут ужиться в одной квартире... Вот почему ученым пришлось заняться групповой психологией. На первый взгляд может показаться, что это не так трудно. На самом деле жизнь в небольшом, герметически закрытом помещении — тяжелое испытание для человека, для его нервов, зрения, всего организма. Чем дольше живет в таких условиях человек, тем более враждебной становится ему окружающая среда.

ВЕНЕРА РАСКРЫВАЕТ ТАЙНЫ

ПЕРВЫЕ РАЗВЕДЧИКИ ВЕНЕРЫ

Венера — ближайшая соседка Земли среди планет Солнечной системы. Эта планета всегда вызывала большой интерес у людей, наблюдавших за небом. По-видимому, еще на заре зарождения астрономии она стала первым объектом, который человек научился различать среди бесчисленного множества звезд. Для невооруженного глаза земного наблюдателя Венера — самое яркое светило после Солнца и Луны.

Венера, вторая по порядку от Солнца планета, удалена от него на среднее расстояние 108,2 млн. км. Венера движется по своей орбите со средней скоростью 35 км/с, совершая полный оборот вокруг Солнца за 224,7 земных суток. Периодически раз в 1,5 года Венера нагоняет Землю и при максимальном сближении проходит от нее на расстоянии 39 млн. км. Затем обе планеты расходятся, удаляясь друг от друга на расстояние 260 млн. км. Но самое удивительное то, что планета вращается в обратном направлении по сравнению с Землей. День и ночь на Венере длятся по 2 земных месяца.

Из всех известных нам небесных тел Венера по своим основным характеристикам наиболее близка к соответствующим данным нашей планеты. Если принять параметры Земли за единицу, то для Венеры они будут следующими: площадь поверхности — 0,92, объем — 0,88, плотность — 0,9, ускорение свободного падения на экваторе — 0,89, масса — 0,82. Вторая космическая скорость на планете 10,2 км/с.

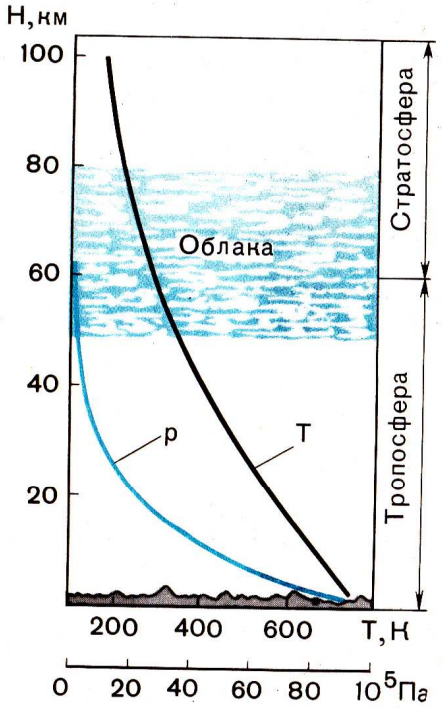


Рис. 67. Атмосфера Венеры.

Развитие науки и техники позволило перейти к новым методам исследования Венеры с помощью автоматических межпланетных станций.

Первая такая станция «Венера-1» отправилась в полет с космодрома Байконур 12 февраля 1961 г. Через 97 суток она прошла на расстоянии 100000 км от Венеры и стала искусственным спутником Солнца. В ее задачи входило изучение космических лучей, межпланетного газа, метеорных частиц и солнечного излучения.

Примерно через год, 27 августа 1962 г., отправилась к Венере и американская станция «Маринер-2». Преодолев за 109 суток расстояние в 240 млн. км, она приблизилась к Венере на 35600 км. Приборы, установленные на станции, сообщили, что Венера не имеет магнитного поля и поясов радиации.

Чтобы произвести посадку на раскаленную поверхность планеты, 17 августа 1970 г. стартовала станция «Венера-7». Данные, полученные с помощью этой станции, позволили установить, что в месте посадки температура атмосферы составляет примерно 470°С, а давление около 9,0 МПа.

Проникновение в такую среду представляет сложную научно-техническую задачу. Даже глубоководные батискафы не находятся в столь тяжелых условиях, как аппарат, проникающий в глубины атмосферы Венеры. Действительно, корпус батискафа противостоит лишь высокому давлению, в то время как корпус спускаемого аппарата подвергается еще действию высокой температуры и химически активной среды. Такие условия, по-видимому, можно сравнить с условиями в жерле вулкана на большой глубине (рис. 67).

Исследования Венеры продолжались: в июле 1972 г. мягкую посадку на поверхность планеты осуществил спускаемый аппарат станции «Венера-8» и в октябре 1975 г. спускаемые аппараты станций «Венера-9» и «Венера-10».

Получить фотографию венерианского пейзажа — давняя мечта астрономов. Однако ее осуществление — проблема большой технической сложности. Неизвестны освещенность поверхности и спектральный состав освещения, цвет поверхности и контрасты элементов рельефа, степень замутненности приповерхностной атмосферы. Приборы должны работать при температуре около 470°С и давлении в 100 раз большем, чем у поверхности Земли. Группа инженеров разработала специальные телевизионные камеры, которые были установлены на спускаемых аппаратах «Венера-9» и «Венера-10». После посадки на поверхность планеты в течение 30 мин передавались панорамы поверхности в местах посадки спускаемых аппаратов. В месте посадки спускаемого аппарата «Венера-9» поверхность планеты оказалась довольно каменистой: характерные размеры камней — несколько десятков сантиметров. Многие камни имеют острые грани, что свидетельствует об относительной молодости этого участка поверхности.

В месте посадки спускаемого аппарата «Венера-10» рельеф более гладкий, выходы скальных пород имеют сглаженные грани и изъеденную поверхность. Эти особенности обусловлены, по-видимому, эрозией и свидетельствуют об относительно большом возрасте горных пород.

9 сентября 1978 г. состоялся полет советской станции «Венера-11», 14 сентября — «Венера-12», 19 декабря, за двое суток до входа в атмосферу Венеры, от станции «Венера-12» был отделен спускаемый аппарат, а станция переведена на пролетную траекторию. Аналогичная операция была проведена 23 декабря со станцией «Венера-11». Спускаемые аппараты станций вошли в атмосферу Венеры и совершили спуски на парашютах 21 и 25 декабря в точках, разделенных расстоянием в 800 км, причем очередность спусков была обратна очередности запусков.

1 марта 1982 г., преодолев за 4 месяца полета (запуск был произведен 30 октября 1981 г.) расстояние более 300 млн. км, межпланетная станция «Венера-13» достигла окрестностей Венеры. Спускаемый аппарат станции вошел в плотные слои атмосферы и совершил посадку в равнинной местности к востоку от области Феба. В течение 127 мин передавалась научная информация с поверхности планеты. Автоматическая станция «Венера-13» прошла на расстоянии 36 тыс. км от поверхности планеты и продолжила полет по гелиоцентрической орбите.

Установленные на спускаемом аппарате телефотометры передали с поверхности Венеры панорамные изображения окружающей местности. Часть панорам была снята последовательно через красный, синий и зеленый светофильтры. Это позволило впервые получить цветное изображение поверхности (рис. 68).

Ученые сумели решить принципиально новую задачу — взятие пробы грунта для определения элементарного состава пород Венеры. Грунтозаборное устройство провело бурение при температуре 457°С и давлении $8{,}9 \cdot 10^6$ Па, взяло пробу и тран-

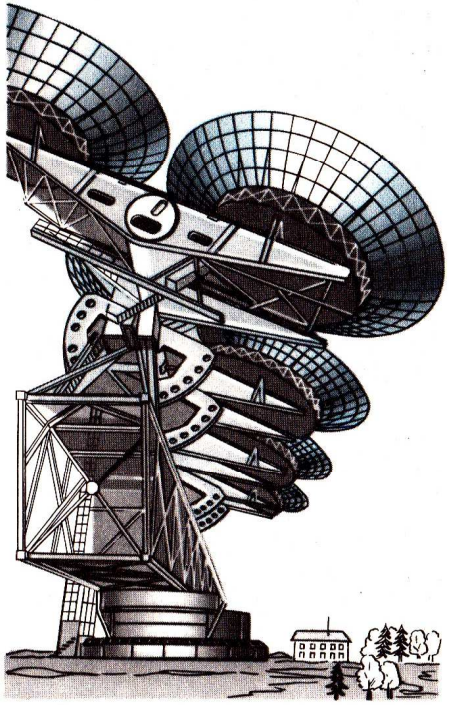


Рис. 68. Антенна Центра дальней космической связи, использовавшаяся для радиолокации планет.

спортировало ее в герметичный отсек для анализа. Была оценена сейсмическая активность планеты и с помощью выносного прибора измерены физико-механические свойства грунта в состоянии естественного залегания.

4 ноября 1981 г. была выведена на межпланетную траекторию межпланетная станция «Венера-14». 3 марта 1982 г. от станции отделился спускаемый аппарат. Так же как станцией «Венера-13», станцией «Венера-14» проводились эксперименты по изучению химического и изотопного состава атмосферы и облаков. Для определения состава пород в новом районе (в 1000 км от спускаемого аппарата станции «Венера-13») было проведено бурение поверхностного слоя, взяты пробы грунта, сделан его анализ.

В Солнечной системе нет другой планеты, исследования которой, выполненные за последние несколько лет, столь разительно и быстро изменили бы представления о ней. Еще совсем недавно Венера представлялась людям самой загадочной планетой. К этому были весьма серьезные основания. Окутанная густой, непроницаемой для телескопов пеленой облаков, Венера ревностно скрывала от людей тайны всего происходящего на ее поверхности.

Только с помощью автоматических межпланетных станций удалось узнать о составе ее атмосферы, климате и поверхности.

Атмосфера Венеры. Атмосфера Венеры почти целиком состоит из углекислого газа (около 96%). Азота в венерианской атмосфере 3,2%. В небольшом количестве обнаружены инертные газы, сера, хлор и ряд других соединений (рис. 69).

Как это не похоже на земную атмосферу, состоящую из азота и кислорода! Однако здесь надо учитывать следующее. Вероятно, Земля в далеком прошлом тоже имела углекислотную атмосферу, но потом углекислый газ из атмосферы почти целиком перешел в земную кору, образовав различные химические соединения осадочных пород коры. Конечно, это пока лишь предположение, гипотеза, но возможно, что ее удастся обосновать в процессе дальнейших исследований.

Для того чтобы попытаться «прочувствовать» параметры венерианской атмосферы, произведем некоторые расчеты. Из уравнения состояния

$$pV = \frac{1}{M} RT,$$

где p — давление, V — объем газа, определим плотность атмосферы ρ:

$$\rho = \frac{Mpm}{RT}.$$

Поскольку основной компонентой атмосферы является углекислый газ, молярная масса M=44 кг/моль. При этих параметрах плотность атмосферы у поверхности будет равна:

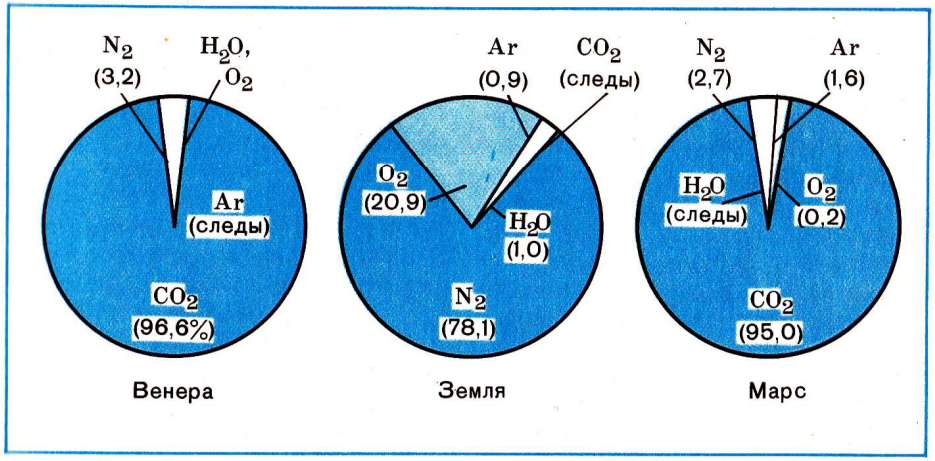
$$\rho = 67 \text{ кг/м}^3$$

что лишь в 15 раз меньше плотности воды и в 50 раз больше плотности атмосферы Земли на уровне моря.

Высокую температуру атмосферы Венеры ученые объясняют парниковым эффектом. Солнечные лучи проникают довольно глубоко в атмосферу планеты, отчасти поглощаясь облаками и газовой средой. Некоторая часть излучения достигает поверхности и поглощается. Если температура планеты не меняется, значит, в космос излучается столько энергии, сколько поглощается. Как известно, планета излучает в длинноволновом (инфракрасном) диапазоне. Но углекислый газ с примесью небольшого количества паров воды мало прозрачен для инфракрасных лучей. Именно поэтому температура поверхности и нижних слоев атмосферы так высока[1].

[1] Первым, кто сделал вывод о возможности существования атмосферы на Венере, был М. В. Ломоносов. Проводя наблюдения планеты в 1761 г., М. В. Ломоносов сделал вывод, что «... планета Венера окружена знатною воздушной атмосферой, таковой (лишь бы не большею), какова обливается около нашего шара земного».

Рис. 69. Состав атмосферы Венеры, Земли и Марса.



Облачный слой Венеры расположен на высоте от 49 до 80 км. По существу это не облака, а средней плотности туман.

Из-за парникового эффекта Венера негостеприимна. Но можно ли сделать эту планету обитаемой? Да, отвечают ученые, можно, если устранить главную причину парникового эффекта. Для этого надо очистить ее от избытка углекислого газа и водяного пара. Лишившись их, атмосфера перестанет быть ловушкой солнечной энергии. Когда этот тепличный эффект ослабнет, температура уменьшится, водяной пар сконденсируется в воду, а это еще в большей мере уменьшит парниковый эффект, тогда на Венере могут создаться условия, благоприятные для развития растительного и животного мира. Но как же ослабить парниковый эффект? Ученые считают, что изменить климат Венеры можно. Ведь в ее атмосфере есть все необходимое для фотосинтеза: углекислый газ, водяные пары, солнечный свет. Поэтому в верхних, относительно прохладных слоях атмосферы могли бы развиваться земные одноклеточные водоросли и другие микроорганизмы подобно тому, как они развиваются в поверхностном слое земного океана. В процессе жизнедеятельности водоросли, интенсивно перерабатывая углекислый газ, выделяли бы свободный кислород. На поверхность Венеры начали бы осаждаться твердые органические соединения и карбонаты. Раз начавшись, этот процесс расширялся бы лавинообразно. Каждый уничтоженный процент углекислоты — это уменьшение температуры на несколько градусов. Толщина венерианской атмосферы и ее «оранжерейные» свойства наконец уменьшились бы настолько, что парниковый эффект уже не стал бы играть заметной роли. Появится жидкая вода, температура снизится до такой степени, что уже на самой поверхности смогут размножаться специально выведенные виды микроорганизмов и бактерий, затем и растений. Они помогут завершить дело — перевести атмосферу Венеры в новое состояние. Поверхность планеты охладится настолько, что там сможет жить человек.

Поверхность планеты. Поверхность Венеры пока изучена плохо. Задача эта сложная, поскольку вместо привычных фотоаппаратов и телекамер приходится пользоваться радиотелескопом и получать изображения поверхности Венеры в диапазоне радиоволн, для которых ее атмосфера прозрачна.

Ученые предполагают, что на поверхности Венеры не менее трех протяженных горных хребтов. Возможно, что некоторые горы простираются вверх на 30—40 км.

Еще одно характерное свойство — это постоянство физических условий на поверхности планеты, где в течение суток температура изменяется не больше чем на несколько градусов, а осадков вовсе не бывает (какие могут быть осадки при температуре более 400°С).

Времена года на Венере. Ось вращения Венеры почти перпендикулярна плоскости эклиптики. Поэтому сезонные изменения на Венере, подобные земным, практически отсутствуют. На Венере нет ни зимы, ни лета, ни осени, ни весны. На Венере имеются климатические пояса, но в каждом из них одно и то же время года. От экватора к полюсам климат постепенно делается более суровым.

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ПУТИ К ВЕНЕРЕ

На первый взгляд кажется, что самый выгодный путь — прямая, соединяющая ближайшие точки орбит Земли и Венеры. Ведь в этом случае продолжительность перелета будет наименьшей. Однако это не так. В космическом пространстве действуют свои законы, обусловленные гравитационными полями и взаимным расположением планет.

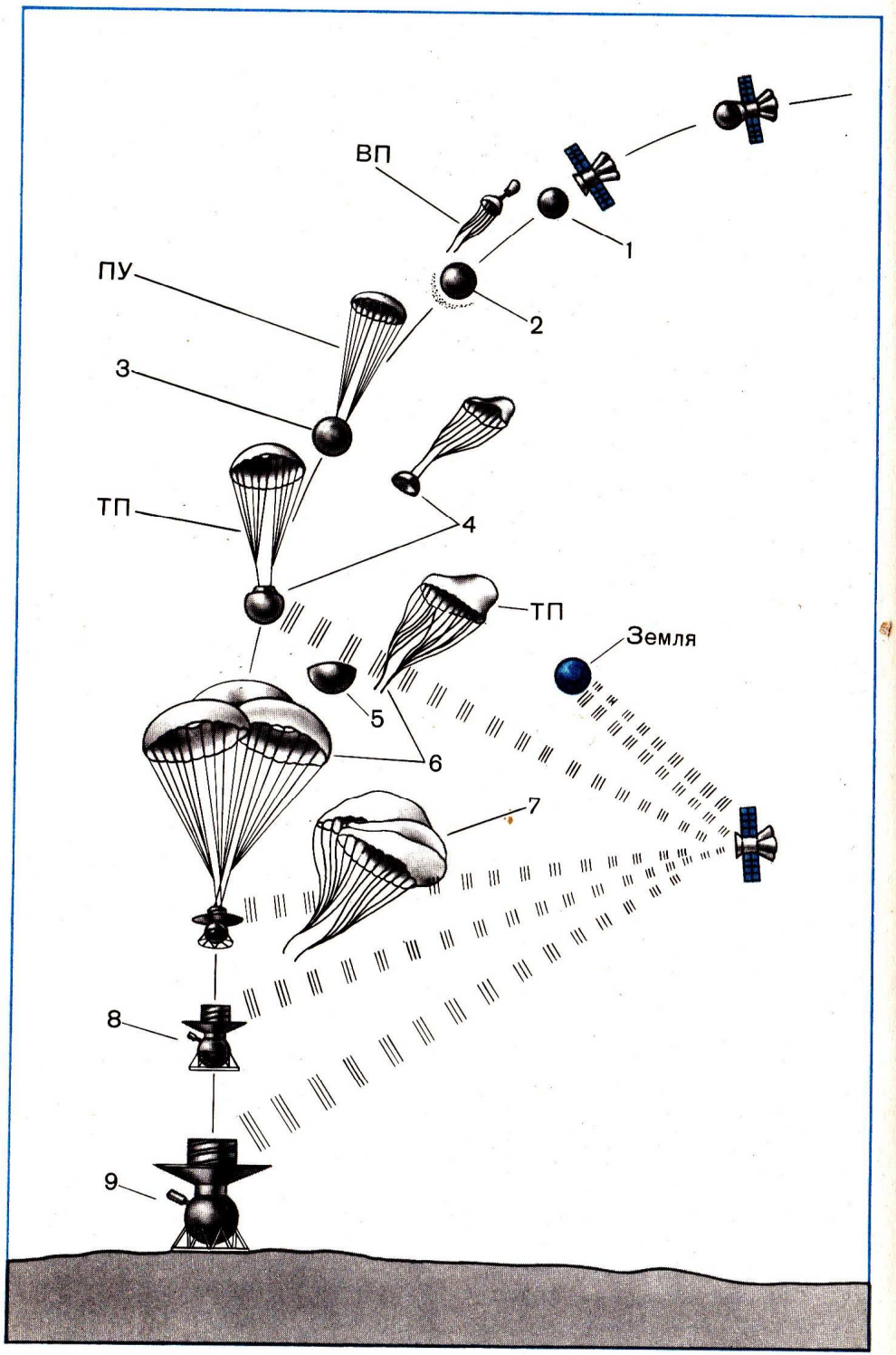
Поэтому приемлемым в энергетическом отношении будет полет по траектории, являющейся дугой эллипса, касающейся орбит Земли и Венеры. Продолжительность этого полета около 146 суток. Из-за различия периодов обращения планет вокруг Солнца взаимное расположение Земли и Венеры непрерывно меняется. Поэтому перелет на Венеру с минимальной затратой энергии возможен только через строго определенные периоды, повторяющиеся через каждые 584 суток.

При минимальном расходе топлива продолжительность перелета с Земли на Венеру и обратно составит 758 суток. Этот срок обусловлен такими обстоятельствами: перелет с Земли на Венеру занимает 146 суток, на обратный путь затрачивается столько же времени. Чтобы возвратиться на Землю по аналогичной полуэллиптической траектории, надо пробыть на Венере или вблизи нее 466 суток. А можно ли сократить продолжительность венерианской экспедиции? Безусловно можно, но для этого надо увеличить скорость отлета межпланетного космического корабля с Земли.

АППАРАТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНЕРЫ

Для полета к Венере можно воспользоваться уже известным нам межпланетным кораблем (см. цв. вклейку).

Межпланетный корабль, взяв старт с околоземной орбиты, через 146 суток полета приблизится к Венере. После включения тормозных двигателей скорость будет частично погашена и корабль станет спутником Венеры, т. е. будет вращаться вокруг нее на заданной орбите. Так как плотность венерианской атмосферы примерно в 55 раз превосходит плотность земной и ее давление соответствует давлению воды в море на глубине



около 1 км, то венерианские летательные аппараты должны обладать комплексом сложных летно-тактических данных, присущих одновременно авиационным, воздухоплавательным, глубоководным аппаратам, и еще выдерживать воздействие высоких температур.

Большая плотность атмосферы существенно изменяет условия падения тел на поверхность планеты. В атмосфере Венеры можно безопасно прыгнуть с самолета с зонтиком, причем скорость приземления будет такой же, как при прыжке в земных условиях со стула, конечно при условии, что зонтик не сломается в этом смелом эксперименте. Но даже если зонтик сломается, можно не отчаиваться. Скорость установившегося свободного падения человека в атмосфере Венеры в 7 раз меньше, чем в атмосфере Земли и составляет около 10 м/с. Это обстоятельство было использовано при посадке спускаемых аппаратов АМС «Венера-9, -10, -11, -12, -13 и -14». Для уменьшения времени спуска и предотвращения перегрева спускаемых аппаратов спуск на парашюте производился только в облачном слое.

Ниже этого слоя на высоте около 50 км парашют отделялся и спускаемый аппарат свободно падал (рис. 70). Даже в таких условиях спуск от момента отделения парашюта до момента достижения поверхности занимал более 50 мин, а скорость посадки аппарата составляла всего около 8 м/с, т. е. была такой же, как если бы в отсутствии атмосферы аппарат был сброшен с высоты 4 м.

АППАРАТЫ ДЛЯ ПОЛЕТОВ В АТМОСФЕРЕ ВЕНЕРЫ

Очевидно, раньше чем совершить посадку на поверхность Венеры, космонавты будут проводить исследования, совершая полеты на аппаратах, подобных аэростатам и дирижаблям. Ведь на высоте 50—60 км атмосферное давление и температура такие же, как у поверхности Земли. Обладая большой грузоподъемностью, аэростаты смогут стать носителями научной аппаратуры и в течение длительного времени совершать полеты, не затрачивая для этого горючее. Наличие у дирижаблей двигателей позволит им летать в нужном направлении и изменять высоту полета.

Приведем довольно простые рассуждения, из которых можно понять основные закономерности, лежащие в основе работы аппаратов, использующих подъемную силу. Известный из школьного курса закон Архимеда поз-

← **Рис. 70. Схема спуска посадочного аппарата станций «Венера-9» и «Венера-10».**

1 — разделение орбитального и спускаемого аппаратов; 2 — вход в атмосферу, баллистический спуск; 3 — отстрел крышки, ввод вытяжного парашюта (ВП) и парашюта увода (ПУ); 4 — увод верхней теплозащитной оболочки, ввод тормозного парашюта (ТП), начало передачи информации; 5 — отстрел теплозащитной оболочки; 6 — отстрел тормозного парашюта, ввод основного парашюта; 7 —отстрел основного парашюта; 8 — спуск на аэродинамическом тормозном устройстве; 9 — посадка.

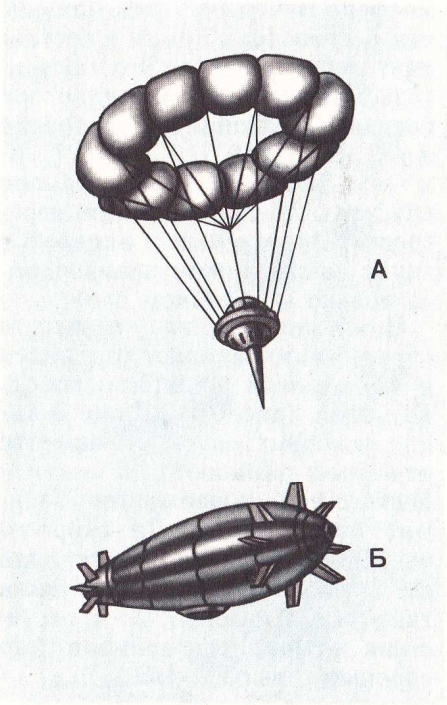


Рис. 71. Аппараты для изучения атмосферы Венеры.
А — свободно плавающий аппарат; Б — управляемый дирижабль.

воляет сделать вывод о том, что удельная (приходящаяся на 1 м^3 подъема летательного аппарата) архимедова сила пропорциональна произведению плотности атмосферы и ускорения свободного падения, соответствующим данной планете и данной высоте над ее поверхностью.

Рис. 72. Схема спуска и взлета → глубинного аппарата для исследования поверхности Венеры.
1 — базовый корабль; 2 — отделение аппарата от базового корабля; 3 — ввод парашюта; 4 — спуск на парашюте; 5 — отделение парашюта; 6 — аэродинамическое торможение щитками; 7 — силовая оболочка; 8 — теплозащитная оболочка; 9 — баллон; 10 — подъем на воздушном шаре; 11 — стыковка с дирижаблем.

Таким образом, чем больше объем и чем меньше масса собственной конструкции аппарата, тем больше масса поднимаемого полезного груза.

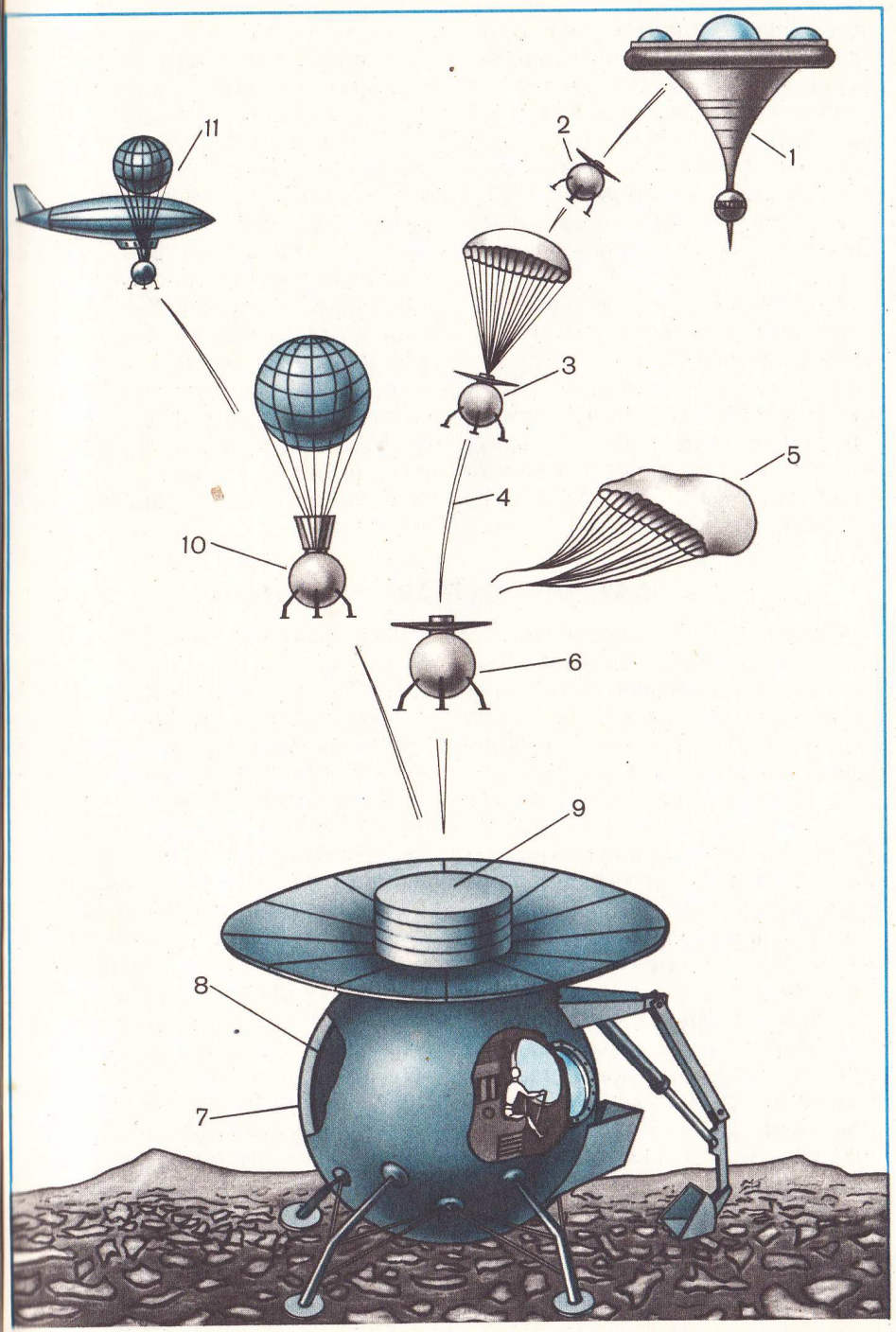
На рисунке 71 показан аэростат, изготовленный в виде тора, в центре которого размещена кабина с оборудованием и силовая установка. Наполнение тонкой оболочки тора происходит после отделения аппарата от корабля. Проведя запланированные исследования, космонавты отделят тор от кабины, включат двигатели и произведут стыковку с летающим вокруг Венеры кораблем.

А если предположения ученых оправдаются и на Венере будут обнаружены горные образования, высота которых достигает 30—40 км, то положение значительно упростится. Здесь можно будет построить специальные базы, куда будут причаливать дрейфующие в атмосфере дирижабли, научно-исследовательские центры и жилые помещения.

ГЛУБИННЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ПОСАДКИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ВЕНЕРЫ

В зависимости от высоты полета и задач эксперимента венерианские летательные аппараты можно разделить на два типа: глубинные для посадки на поверхность планеты и высотные для полетов в атмосфере Венеры.

Глубинные аппараты должны не только совершать посадку на



поверхность планеты, но и исследовать ее, находясь на небольшой высоте. По аналогии с глубоководными аппаратами типа батискафа или батиплана они могут обладать определенной маневренностью и стать средством изучения атмосферы Венеры «снизу» ее пограничного слоя.

Глубинный аппарат, пристыкованный к базовому кораблю, вместе с ним будет совершать полет по орбите вокруг Венеры. В заданный момент времени произойдет отделение аппарата и спуск на поверхность планеты (рис. 72).

Одна из сложнейших проблем, которую придется решать будущим создателям глубинных аппаратов,— это защита экипажа, приборов и оборудования от действия высоких температур и давления. Не исключено, что здесь будет применена конструкция, напоминающая термос, только пространство между стенками не вакуумируется, а заполняется водой, аммиаком или жидким гелием. Под действием высокой окружающей температуры происходит нагревание хладагента и испарение. Образующиеся при этом пары будут использоваться для создания подъемной силы глубинного аппарата.

ПЛАВУЧИЕ «ОСТРОВА» НА ВЕНЕРЕ

Измерения, проведенные серией аппаратов «Венера», показали, что на Венере есть зоны, пригодные для жизни. На высоте 50 км над поверхностью ее атмосфера разреженная и холодная. Там образовался облачный слой толщиной около 30 км. Эта область по своим физическим характеристикам напоминает нашу тропосферу, хотя в ней вместо азота с кислородом углекислый газ с очень малым количеством примесей.

Такие условия окажутся для человека намного лучшими, чем лунные или марсианские. Не понадобятся стесняющие движения скафандры. Кровь не закипит от отсутствие наружного давления.

Самое существенное неудобство для жизни в этом поясе — отсутствие почвы под ногами. Поэтому все начнется с дрейфующих станций на аэростатах (рис. 73).

Чтобы не погружаться в горячую бездну, станция должна иметь определенные массу и объем, обеспечивающие «плавучесть» в нужной зоне атмосферы. Конечно, можно построить базу, соединенную с баллонами аэростатов, которые поддерживали бы ее. Но состав венерианской атмосферы подсказывает более заманчивое решение — станция может находиться внутри баллона. Действительно, углекислый газ в 1,5 раза тяжелее воздуха, и легкая оболочка, содержащая воздух, будет «плавать» в углекислой атмосфере. Если все жители «острова» предпочтут для дыхания не азотно-кислородную, а гелиево-кислородную смесь, то подъемная сила их «воздуха» резко возрастет.

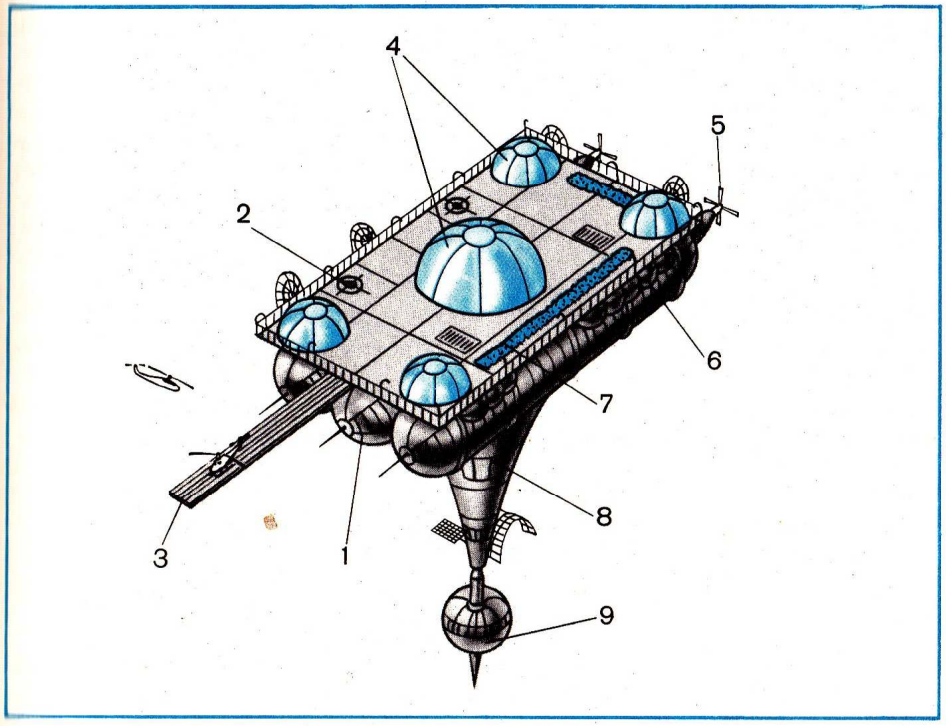


Рис. 73. Научно-исследовательская платформа в атмосфере Венеры.

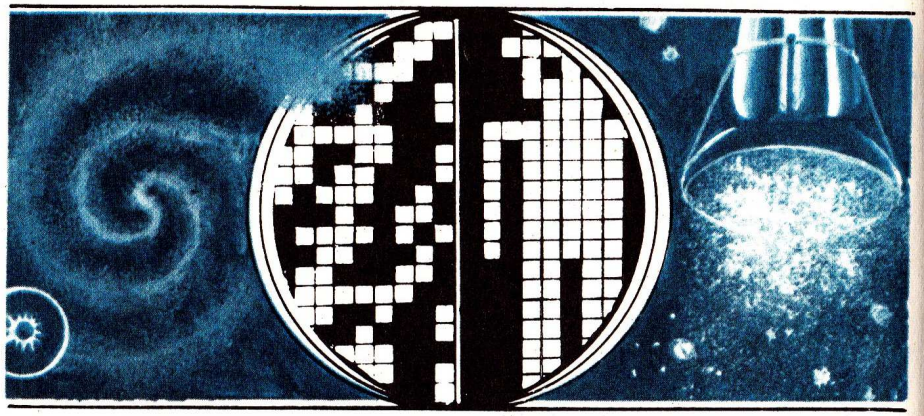
1 — газовмещающие баллоны; *2* — площадка для взлета и посадки летательных аппаратов; *3* — посадочная полоса; *4* — лаборатории; жилые и служебные помещения; *5* — силовые установки; *6* — баллоны высокого давления; *7* — растения; *8* — гондола; *9* — научная лаборатория.

Попробуем представить себе венерианские «летающие острова».

Гигантская круглая платформа (несколько сотен метров в поперечнике) (см. задний форзац) сооружена из прочных и легких материалов. Ее покрывает слой почвы, на котором произрастают земные культуры. Домики поселка разбросаны среди садов и парков.

К краям платформы крепится огромная сферическая оболочка, ограничивающая воздушное пространство острова. Она прозрачна, и сквозь нее видно «небо» Венеры, вечно покрытое многослойными облаками. Оболочка сделана из нескольких слоев синтетической пленки.

От краев платформы за оболочку уходят платформы аэродромов. Отсюда стартуют к глубинам Венеры аппараты, исследующие ее поверхность, сюда «приземляются» спускаемые аппараты космических кораблей.



ПУТЕШЕСТВИЕ К ПОТОМКАМ

ПОЛЕТЫ К ДАЛЬНИМ ПЛАНЕТАМ

Мы рассмотрели пилотируемые полеты к Луне, Марсу и Венере. Выбор прочих небесных тел невелик: Меркурий, планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Нептун и Плутон), большие спутники планет-гигантов да крупные астероиды. Мелкие спутники планет типа Фобоса или небольшие астероиды вроде Гермеса не слишком подходящие полигоны для посадки. Дело в том, что в отличие от больших планет и спутников малые небесные тела, как правило, имеют весьма пересеченный рельеф — это просто скальные обломки неправильной формы.

Чтобы понять положение Земли в нашей планетной системе, напомним, что она в 40 раз ближе к Солнцу, чем Плутон, и в 2,5 раза дальше, чем Меркурий.

Итак, первой от Солнца планетой является Меркурий. Его среднее расстояние от Солнца составляет 57870000 км. Это самая «маленькая» планета в Солнечной системе. Ее масса лишь в 5 раз больше массы Луны. Экваториальный диаметр планеты равен 4880 км. Период вращения этой планеты вокруг собственной оси составляет 59 суток, а вокруг Солнца она обращается за 89 суток. В связи с этим сутки на Меркурии длятся в среднем 220 земных суток. Там долгие ночи и такие же долгие дни. На поверхность Меркурия попадает почти в 7 раз больше солнечной энергии, чем на нашу планету. Температура на дневной стороне Меркурия достигает 400°С. В подобных условиях плавятся олово и свинец.

На Меркурии, по-видимому, есть весьма разреженная гелиевая атмосфера, давление которой у поверхности равно примерно 0,2 нПа, что соответствует давлению нашей атмосферы на высоте около 300 км. На ночной стороне Меркурия зима. Правда, относительно зимних температур мнения ученых разделились. Одни утверждают, что она составляет —50 или —60°С, а другие оценивают ее в —270°С.

Меркурий — это передовой рубеж около нашей звезды — Солнца. На этой планете может быть создан великолепный комплекс службы Солнца, который может способствовать прогнозированию солнечной погоды. Меркурий — это планета загадок, которые удастся решить только средствами космонавтики. Есть ли там озера олова, свинца, висмута, кадмия (температура плавления которых ниже 400°С), имеются ли там на ночной стороне реки жидкого гелия, в которых плавают кусочки твердого кислорода и водорода, так необходимых космонавтам,— все это люди узнают, когда побывают на Меркурии.

Довольно неожиданным претендентом на роль очага жизни в Солнечной системе стал гигант Юпитер. Проведенные исследования дают для этого настолько веские основания, что некоторые ученые склонны считать Юпитер едва ли не главной целью экзобиологических изысканий, т. е. экспериментов космонавтики по обнаружению внеземной жизни. Утверждают даже, что условия для зарождения жизни на Юпитере благоприятнее, чем на других планетах Солнечной системы (!). Если там достаточно тепла, то это вполне возможно. Сила тяжести на Юпитере не так уж велика: она в 2,5 раза больше земной, возможно, что и к ней можно приспособиться.

Для исследования планет Солнечной системы были запущены два американских космических аппарата — «Пионер-10» (март 1972 г.) и «Пионер-11» (апрель 1973 г.). С их помощью получено много интересных сведений о Юпитере, Сатурне и их спутниках. В 1977 г. стартовали еще две автоматические межпланетные станции — «Вояджер-1» и «Вояджер-2». В марте 1979 г. «Вояджер-1» пролетел на расстоянии 278000 км от Юпитера. В ноябре 1980 г. он пролетел всего лишь в 4000 км от спутника Сатурна — Титана. «Вояджер-2» в июле 1979 г. пролетел мимо Юпитера. После пролета Сатурна в августе 1981 г. он направился к Урану и затем, пролетев мимо него в январе 1986 г., должен в сентябре 1989 г. достичь Нептуна.

Прохождения аппаратов на пути к Юпитеру через пояс астероидов показали, что вопреки опасениям метеорная опасность в нем для космических аппаратов не выше, чем вблизи Земли,

Период обращения Юпитера вокруг Солнца равен почти 12 земным годам. Юпитер в 5,2 раза дальше удален от Солнца, чем Земля, его диаметр в 11 раз, а объем в 1300 раз больше, чем у Земли.

Масса Юпитера в 318 раз больше массы Земли и в 2,5 раза больше массы всех остальных тел Солнечной системы — планет, спутников, астероидов, метеоритов и комет, вместе взятых. Но средняя плотность всего лишь в 1,3 раза больше плотности воды.

Юпитер вращается очень быстро. Вокруг своей оси он вращается быстрее любой другой планеты в Солнечной системе. «День» на Юпитере длится всего только 9 ч 55 мин. Юпитер в основном состоит из водорода (74%) и гелия (23,5%), т. е. его состав очень близок к составу первичной солнечной туманности. Радиус планеты 71400 км, высота атмосферы около 1000 км. Отмечено, что Юпитер излучает в 2,5 раза больше энергии, чем получает от Солнца. Возможно, что энергия выделяется из недр в процессе медленного сжатия гигантской планеты.

Как мы уже знаем, Юпитер в основном состоит из водорода и гелия, но в атмосфере Юпитера присутствуют и другие вещества, а именно метан и аммиак. Верхние слои атмосферы Юпитера лишены водяных паров, но ниже плотных облаков, где возможна такая же температура, как у нас на уровне моря, может оказаться свободный кислород и вода. В подобной газовой среде 4 млрд. лет назад зародилась жизнь на Земле.

У Юпитера обнаружено сильное магнитное поле, поэтому он окружен мощным радиационным поясом. Зона наиболее интенсивной радиации зарегистрирована на расстоянии 177 000 км.

Радиационные пояса Юпитера более сжаты, чем земные, а по интенсивности они в 1000 раз превосходят пояса радиации Земли. Уникальна и магнитосфера Юпитера. В частности, ее размеры в 100 раз превосходят размеры магнитосферы Земли.

Как же устроен Юпитер, что скрывается за его облачными слоями? Расчеты показывают, что в недрах планеты должны господствовать огромные давления. Поскольку в состав планет-гигантов в большом количестве входит водород, то важно знать его свойства при больших давлениях и температуре. Экспериментальные исследования водорода, подвергнутого в лабораториях давлению 10^7 Па, выявили его необычные свойства. Например, сжимая газообразный водород при комнатной температуре, можно получить жидкий водород. При давлении $3 \cdot 10^{11}$ Па водород становится твердым веществом, обладающим свойствами металла (блеском, электропроводностью, ковкостью). При давлениях, превышающих 10^{13} Па, водород из твердого металлического превращается в жидкий металлический.

По мнению ученых, большая часть недр Юпитера состоит из жидкого металлического водорода (рис. 74). Электрические токи в жидком водороде металлических недр Юпитера, вероятно, являются источником его магнитного поля, так же как

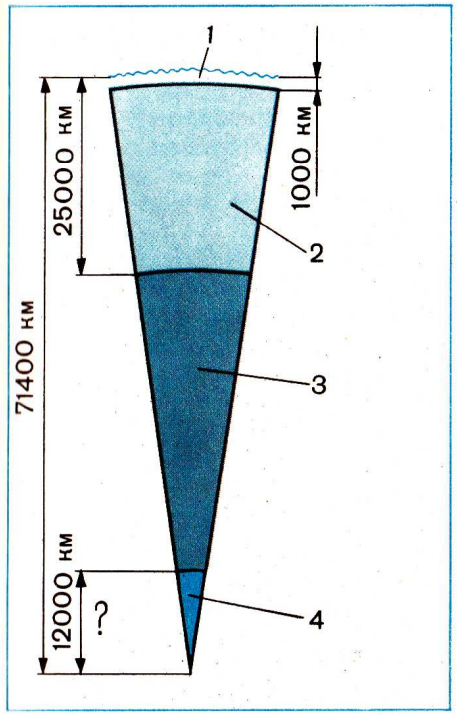


Рис. 74. Строение Юпитера.
1 — видимая поверхность облаков; 2 — жидкий водород; 3 — жидкий металлический водород; 4 — ядро.

токи в жидком железном ядре Земли создают ее магнитное поле.

Первые спутники Юпитера обнаружил Галилей, когда, повернув свой телескоп в сторону Юпитера, увидел в ночь с 7 на 8 января 1610 г. «крошечные звездочки», обращающиеся вокруг этой планеты. Начиная с ближайшего к поверхности планеты, спутники получили названия Ио, Европа, Ганимед и Каллисто.

В течении почти трех веков Ио, Европа, Ганимед и Каллисто оставались единственными известными науке спутниками Юпитера. Пятый спутник планеты был открыт лишь в 1892 г. Успех пришел к Э. Э. Бернарду — астроному-самоучке, не получившему систематического специального образования.

У Юпитера насчитывается 16 спутников. Некоторые характеристики наиболее крупных спутников Юпитера даны в таблице.

Название спутника	Расстояние до Юпитера, тыс. км.	Радиус, км	Плотность, г/см³
Ио	421,6	1 820	3,5
Европа	670,9	1 525	3,1
Ганимед	1070	2 635	1,9
Каллисто	1880	2 420	1,8
Амальтея	181,3	130 и 75	?

Средняя плотность Ганимеда и Каллисто лишь в 2 раза больше плотности воды, что указывает на существование у этих спутников ледяной коры. Некоторые ученые придерживаются мнения, что у Ганимеда и Каллисто имеется разреженная газовая оболочка. Амальтея и Европа слишком малы, чтобы удержать около себя атмосферу. Впрочем, очень разреженная и непостоянная атмосфера, может быть, у них и есть.

За Юпитером расположена орбита другой гигантской планеты — Сатурна, еще мало изу-

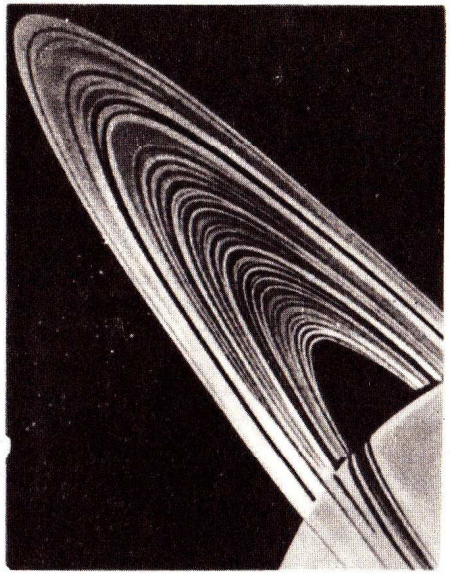


Рис. 75. Кольца Сатурна.

ченного. Его экваториальный диаметр равен 120000 км. Среднее расстояние от Солнца 1427 млн. км. Период обращения вокруг Солнца 29,46 года. Быстро вращаясь вокруг собственной оси, планета приобрела форму эллипсоида, сплюснутость которого весьма заметна.

Внутреннее строение Сатурна, по-видимому, сходно со строением Юпитера. Однако его средняя плотность еще меньше и составляет всего 0,7 г/см^3 (т. е. 13% плотности Земли). В состав атмосферы входят в основном водород и метан.

Отличительной особенностью Сатурна являются его кольца (рис. 75), лежащие в плоскости экватора. Длительное время было неясно, что они собой представляют. Сейчас установлено, что кольца состоят из множества мелких осколков, вращающихся вокруг планеты. В кольцах различают несколько зон, разграниченных узкими щелями. Кроме колец, Сатурн имеет не менее 17 спутников. Самый большой спутник Сатурна — Титан диаметром 5150 км. Самый отдаленный от планеты спутник — Феба движется в обратном направлении.

За Сатурном расположены еще две газовые планеты-гиганты. Это Уран и Нептун. Среднее расстояние Урана от Солнца 2870 млн. км, его диаметр около 52000 км. Нептун удален от Солнца на 4496 млн. км, его диаметр 44600 км. Обе планеты быстро вращаются вокруг своих осей.

Уран окружен пятью тонкими кольцами, отличающимися от колец Сатурна. Кольца Сатурна яркие и широкие, а кольца Урана, наоборот, темные и узкие. Из 6 спутников Урана самый большой Титания (радиус около 500 км).

Во многих отношениях Уран и Нептун — «близнецы». Они примерно одного размера, имеют примерно одинаковые массу и плотность. Химический состав и структура недр у них также, по-видимому, одинаковы.

У Нептуна обнаружено два спутника — Тритон и Нереида. Диаметр Тритона 2200 км, Нереиды около 150 км. Возможно, что в будущем Тритон станет базой для размещения станции по изучению Нептуна.

Самой внешней из известных на сегодняшний день планет Солнечной системы является Плутон. Он был обнаружен в феврале 1930 г. и с тех пор удивляет ученых своими необычными для окраинных планет нашей системы характеристиками. Прежде всего, он не гигант, его диаметр около 4000 км. Плутон находится очень далеко от Земли — на расстоянии около 6 млрд. км. Период обращения Плутона вокруг Солнца около 250 лет.

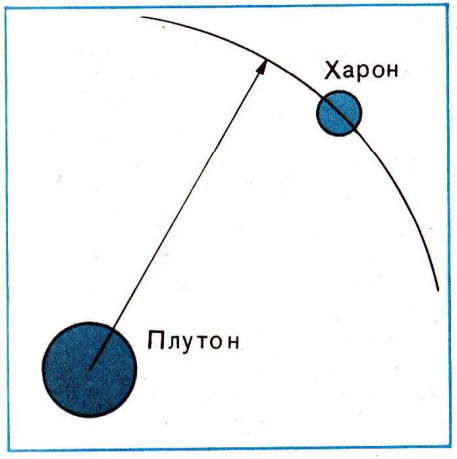


Рис. 76. Плутон и Харон.
Расстояние между Плутоном и Хароном всего около 20000 км. Поэтому некоторые астрономы предлагают считать эту систему двойной планетой — Плутон — Харон.

В 1978 г. был открыт спутник Плутона, который был назван Хароном. Диаметр Плутона около 3000 км, диаметр Харона втрое меньше, радиус орбиты Харона около 20000 км (рис. 76).

Учитывая необычный характер орбиты, по которой Плутон движется вокруг Солнца, некоторые астрономы высказали предположение, что Плутон — это, возможно, «ускользнувший» спутник Нептуна. Действительно, малая плотность Плутона свидетельствует о том, что он состоит из льда, как и большинство других спутников внешних планет. Возможно, в далеком прошлом с Нептуном произошла катастрофа, в результате которой один из его спутников превратился в независимую планету — Плутон.

«РАЗУМ ВСЯКИЙ УГОЛОК ВСЕЛЕННОЙ МОЖЕТ СДЕЛАТЬ ПРИГОДНЫМ ДЛЯ ЖИЗНИ»

Родившись, человек попадает в колыбель, где проводит самый первый период своей жизни. В это время колыбель его устраивает. Однако через некоторое время он уже не может жить в колыбели: ему нужны простор, свет, впечатления. Вначале он осваивает жилище своих родителей, затем местность, в которой живет, а затем и более отдаленные районы, которые попадают в сферу его деятельности. Не так ли поступает и человечество, для которого наша планета является колыбелью и которое ни в коей мере не может ограничиться в своем историческом развитии ее рамками? Есть ли в идее распространения человечества за пределы Земли что-либо противоестественное или надуманное? Конечно нет! А

коль скоро это так, то перед учеными и инженерами возникает проблема: исследовать, когда и каким наиболее рациональным способом человечество должно осваивать космос.

Первые шаги в решении этой проблемы были сделаны 4 октября 1957 г. и 12 апреля 1961 г., когда в Советском Союзе впервые в мире были запущены автоматический летательный аппарат и пилотируемый корабль.

Разум вышел за пределы своей колыбели.

МЫ НЕ ОДНИ

Вселенная беспредельна в своем многообразии. Среди бесчисленных множеств звездных и планетных систем не могут не встретиться такие планеты, физические условия на которых создали предпосылки для зарождения и развития жизни. Но вот вопрос: какой жизни? Такой же, как у нас, или отличной от нашей? Еще более сложным является вопрос о внеземном разуме. Есть ли он? А если да, то каков он и сможем ли мы его понять? Вопрос о множественности миров интересовал людей давно. Почти сразу после того, как люди стали изучать природу небесных тел, многие из них пришли к выводу, что могут существовать и другие миры.

Большое внимание внеземной жизни уделял основоположник космонавтики К. Э. Циолковский. Он писал: «Млечный путь содержит сотни миллионов солнц и биллионы планет, на которых могла бы зародиться жизнь. Мы даже нисколько не сомневаемся, что она там уже есть в более совершенной форме, чем на Земле».

В своих работах «Монизм Вселенной», «Причина космоса», «Будущее земли и человечества», «Воля Вселенной», «Неизвестные разумные силы», «Научная этика» и других Циолковский подвергал глубокому анализу жизнь в беспредельных просторах космоса, его «космическая философия» удивительно современна: «Мы живем более жизнью космоса, чем жизнью Земли, так как космос бесконечно значительнее Земли по своему объему, массе и времени... Земле выпала хотя и тяжелая доля, которая выпадает на биллионную часть планет, но очень почетная: служить рассадником высших существ на пустых солнечных системах...»

Циолковский верил в то, что жизнь — явление весьма распространенное в космосе. Причем он считал, что живая материя, как и материя вообще, эволюционизирует, развивается от более простых форм к более сложным: «Прогресс организмов шел непрерывно и не может поэтому остановиться на человеке». Согласно его гипотезам разумные существа других миров в своем развитии значительно превзошли человека.

Циолковский считал, что, достигнув определенного уровня социального и технического развития, любая цивилизация начнет «распространяться не только в своей Солнечной системе, но и в соседних...». Он считал, что «разум всякий уголок Вселенной может сделать доступным для жизни».

Анализируя эту проблему, ученый полагал, что космическое расселение общества не только возможно, но и необходимо.

Он писал: «Если бы жизнь не распространялась по всей Вселенной, если бы она была привязана к планете, то эта жизнь была бы часто несовершенной и подверженной печальному концу...»

В знаменитой работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами» мы читаем полные оптимизма слова Циолковского: «Реактивные приборы завоюют людям беспредельные пространства и дадут солнечную энергию в два миллиарда раз большую, чем та, которую человечество имеет на Земле. Но Солнце не одно, светилам нет числа, и потому не только будет захвачено беспредельное пространство, но и беспредельная энергия лучей бесчисленных солнц, необходимая для жизни существ». И далее: «Лучшая часть человечества, по всей вероятности, никогда не погибнет, но будет переселяться от солнца к солнцу по мере их погасания».

В последние годы идее множественности миров уделяется самое пристальное внимание. Проводятся специальные конгрессы, обсуждаются проекты по приему сигналов иных цивилизаций. А научно-фантастическую литературу буквально захлестнула тема контактов с иными мирами. Причем представителей других цивилизаций стали изображать весьма схожими с землянами. И неудивительно, что у большинства людей создалось впечатление, что жизнь во Вселенной должна быть похожей на нашу как по внешнему виду, так и по содержанию. Строго говоря, для этого нет никаких научных оснований. Даже в наших земных условиях мы являемся свидетелями огромного разнообразия жизненных форм.

Важнейшим свойством живых организмов является размножение, сопровождающееся передачей информации от родителей к потомству. Таким образом, можно определить живое существо как сложный молекулярный агрегат, в котором имеется «управляющая система», включающая в себя механизм передачи наследственной информации последующим поколениям.

Советский ученый А. И. Опарин выдвинул гипотезу, объясняющую происхождение жизни на Земле. По его мнению, жизнь на примитивной Земле зародилась в результате эволюции простых органических соединений, которые образовались из газов под воздействием различных источников энергии. (Примитивная Земля — это Земля без жизни — такой

она была примерно 4 млрд. лет тому назад. То же можно сказать и о примитивном океане.)

Сравнительно недавно была предложена другая гипотеза, согласно которой жизнь на Земле возникла в результате заражения нашей планеты микроорганизмами, специально посланными высокоорганизованной внеземной цивилизацией для осеменения планет, потенциально пригодных для жизни. Техническая задача может быть решена даже при современном состоянии космической техники.

В 1961 г. в США состоялась первая в мире конференция американских ученых, на которой обсуждался вопрос о радиосвязи с иными цивилизациями. В резолюции конференции говорилось, что поиск внеземной жизни является «наиболее грандиозной, волнующей и глубокой проблемой всего естественноисторического развития человеческой мысли».

В мае 1964 г. в Армении в Бюраканской обсерватории состоялась первая советская конференция по вопросам межзвездной радиосвязи.

Осенью 1971 г., снова в Бюраканской обсерватории, состоялась I Международная конференция по проблеме CETI[1].

С 8 по 11 декабря 1981 г. в Таллине состоялся II Всесоюзный симпозиум «Поиск разумной жизни во Вселенной». В его работе приняли участие около 200 ученых из различных городов, а также 19 зарубежных ученых.

Можно ли на основании астрономических и астрофизических данных и некоторых логических рассуждений сделать количественную оценку возможного числа цивилизаций — дать ответ на вопрос: сколько их может быть? За эту задачу брались ученые многих стран, и все они приходили к выводу: мы не одиноки в космосе. Количественные оценки были разные.

Для оценки числа цивилизаций, находящихся на таком же, как мы, или более высоком уровне развития, часто применяют формулу, предложенную американским ученым Ф. Дрейком:

$$n = N \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot \frac{t}{T},$$

где n — искомое число цивилизаций в нашей Галактике, N — общее число звезд в нашей Галактике, P_1 — доля звезд, имеющих планетные системы, P_2 — доля планетных систем, в которых хотя бы на одной планете возникла жизнь, P_3 — доля планет, на которой возникшая жизнь дошла в своем развитии до создания разумных существ, P_4 — доля планет, на которых разумные существа сумели создать технологию, позволяющую им вступать в контакты, t/T — доля цивилизаций, существующих одновременно с нами (t — средняя продолжительность существования цивилизации, T — время, прошедшее от начала возникновения цивилизации до наших дней).

Только первый сомножитель, равный 100 млрд. звезд, может считаться достаточно точным. Остальные определяются каждым исследователем в зависимости от его рассуждений и оптимизма. Американские ученые, например, при обсуждении своих проектов поиска сигналов внеземных цивилизаций приняли значения сомножителей со второго по пятый таким образом: 0,5· 0,2· 1,0· 05. Перемноженные между собой, они дают 0,05. Гораздо сложнее с шестым числом. Оно самое загадочное и требует разъяснения.

Начнем немного издалека. По современным воззрениям, Вселенная примерно 15 млрд. лет тому назад начала расширяться во все стороны. Продолжает расширяться она и сейчас. Эти 15 млрд. лет можно условно разделить на три периода.

Первые 5 млрд. лет вещество Вселенной постепенно группировалось в звездные системы современного типа. Поэтому возраст нашей Галактики оценивается не в 15, а всего в 10 млрд. лет. К концу первого периода около звезд начали созревать первые планеты, пригодные для жизни. Вторые 5 млрд. лет шло созревание новых планетных систем, а на планетах первого поколения развивалась жизнь. К концу второго периода в Галактике могли начать появляться первые цивилизации. Последние 5 млрд. лет одновременно с продолжающейся эволюцией шло возникновение новых и новых цивилизаций. К концу этого периода возникла цивилизация и на нашей планете.

Такое толкование истории Вселенной означает, что в Галактике, да и во всей Вселенной, к настоящему времени должны существовать цивилизации самых разных возрастов.

Советский астрофизик Н. С. Кардашев считает эволюцию цивилизаций в принципе ничем не ограниченной. Он предложил характеризовать уровень их развития по энерговооруженности, разбив на три типа.

Цивилизации первого типа потребляют ту энергию, которую могут произвести, так сказать «не выходя из дома», в пределах своей планеты. Это цивилизации типа нашей, земной, или более мощной. Цивилизации второго типа потребляют энергию в количестве, соизмеримом с энергией, излучаемой звездой. Это уже цивилизации, расселившиеся по своей планетной системе. Цивилизации третьего типа потребляют энергию, сравнимую с энергией всей Галактики. Это гигантские «галактические империи», структуру которых представить себе трудно. Цивилизации второго и третьего типов называют суперцивилизациями или сверхцивилизациями, подчеркивая при этом,

[1] В 1965 г. чехословацкий астроном Пешек предложил называть проблему связи с внеземными цивилизациями проблемой CETI (от сокращения английских слов Communication with Extraterrestrial intellegence — связь с внеземным разумом). В настоящее время употребляется и другой термин — SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence — поиски внеземного разума).

что они в своем развитии ушли от нас далеко вперед.

В формуле Дрейка должна быть проставлена «доля цивилизаций», существующих одновременно с нами. Цивилизации возникают постепенно и, по всей вероятности, не бессмертны и могут разминуться с нами во времени. Цивилизации считаются учеными смертными по той причине, что в природе вообще нет ничего вечного, тем более в мире живых существ. Чтобы определить шестой сомножитель формулы Дрейка, надо знать среднюю продолжительность жизни каждой цивилизации.

По этому поводу мнения резко расходятся. Называются цифры от нескольких тысяч до миллионов лет. Возьмем среднее значение, например 100000 лет. Если цивилизации возникали равномерно и жили по 100000 лет, то в течение 5 млрд. лет должно было смениться 50 тыс. поколений. Следовательно, с нами одновременно может существовать лишь одна пятидесятитысячная часть от их общего количества. Это и будет шестым сомножителем формулы Дрейка.

Умножим теперь 100 млрд. на $\frac{1}{20}$ и на $5 \cdot 10^{-4}$, получим 100000. 100000 «контактоспособных» цивилизаций существует сегодня в нашей Галактике. Но если взять только видимые в телескопы звезды, а их в 50 раз меньше, то и число существующих сегодня цивилизаций сократится до 2000.

А так как многие из них слишком далеки, то практически есть шансы «нащупать» всего десятки «очагов разума».

Однако советский ученый И. С. Шкловский, много лет занимавшийся проблемой радиоастрономического поиска внеземных цивилизаций, проанализировав сложившуюся ситуацию, пришел к следующим выводам. Если стоять на позициях гипотезы о существовании земноподобных цивилизаций, которые могут посылать «разумные» радиосигналы, то такая сигнализация от цивилизаций, находящихся в пределах нашей Галактики, была бы уже обнаружена. Поскольку таких сигналов не наблюдается, то, не отказавшись от сути самой гипотезы, следует признать, что таких цивилизаций чрезвычайно мало, скорее всего земная цивилизация является единственной в нашей Галактике, а может быть, единственной во всей Вселенной.

Говоря о полетах к иным мирам, не следует исключать возможность посещения нашей планеты инопланетными космонавтами. К. Э. Циолковский писал по этому поводу: «В нашем распоряжении только факт непосещения Земли в течение нескольких тысяч лет сознательной жизни человечества. А прошедшие и будущие времена!..» Н. А. Рынин, автор знаменитого и уникального многотомного труда «Межпланетные сообщения», считал, что «если мы обратимся к сказаниям и легендам седой старины, то заметим странное совпадение в легендах стран, разъединенных между собой океанами и пустынями. Это совпадение заключается в том, что во многих легендах говорится о посещении Земли в незапамятные времена жителями иных миров. Почему не допустить, что в основе этих легенд лежит какое-то зерно истины?»

Возможно, что пришельцы где-то оставили и документальные послания людям. Но эти послания удастся найти и расшифровать только тогда, когда человечество достигнет соответствующего уровня развития.

Одним словом, проблема пришельцев весьма увлекательна и способствует углубленному изучению прошлого нашей Земли и истории человеческой культуры.

ЖДИТЕ НАС, ЗВЕЗДЫ!

Еще многое предстоит осуществить людям, занимающимся вопросами космонавтики, прежде чем окажутся возможными полеты человека к Марсу и Венере, а тем более к дальним планетам. Очевидно, в будущих межпланетных полетах должна найти применение новая космическая техника, и в первую очередь ядерные двигатели и система жизнеобеспечения, основанная не на взятых с Земли запасах кислорода, воды и пищи, а на воспроизводстве их в полете.

Но ученые нетерпеливы. И уже теперь делаются первые наметки полетов к звездам. Пока пределом мечтаний являются ближайшие звезды. Конечно, к ним направится первый звездолет.

Внутри окружающей нас воображаемой сферы радиусом 10 св. лет находится не менее 7 звезд, так сказать первых кандидатов. Внутри сферы радиусом 11 св. лет заключено уже не 7, а примерно 12 звезд.

Итак, 7—12 звезд. К какой же направится первый звездолет? Ответ очевиден: к звезде, где можно обнаружить инопланетную цивилизацию. Ведь именно это заветная мечта человечества. Но как установить, где возможна жизнь, да еще разумная? Пока наука не может ответить на этот вопрос. К моменту старта первого звездолета положение, вероятно, изменится.

Известно, что только холодные небесные тела могут служить колыбелью жизни, только планеты, да и то не все. К сожалению, никакой, даже самый сильный, телескоп не дает возможности разглядеть холодные спутники у звезд. Слишком уж далеки звезды, и, судя по примеру нашей собственной системы, слишком малы их спутники.

Современная космогония — наука о происхождении и развитии небесных тел — предполагает, что примерно шестая часть всех ближайших к нам звезд обладает невидимыми темными спутниками, изучение которых соприкасается с волнующей проблемой связи с иными цивилизациями.

Вполне возможно, как считают многие ученые, что ближайшие звезды не являются очагами разумной жизни. В этом случае звездная экспедиция может обнаружить жизнь в сравнительно примитивных формах.

Будем считать, что звездная экспедиция должна длиться не более срока, необходимого для возвращения на Землю стартовавших с нее космонавтов. При этом условии длительность экспедиции не должна превышать 30—40 лет.

Даже к ближайшим звездам подобный полет должен совершаться со скоростью, всего в 2—3 раза меньшей скорости света, т. е. со скоростью 150 000—100 000 км/с.

Есть ли у нас какие-нибудь планы, пусть даже отдаленные, достижения столь огромных скоростей? Есть. Эти планы связаны с фотонной, или квантовой, или, если угодно, световой ракетой. Только световая ракета способна, пусть теоретически, помочь в решении задач звездной экспедиции. Потому что только ей присуща максимально возможная скорость истечения: из нее «вытекают» фотоны, кванты света, а они обладают наибольшей возможной в природе скоростью. И еще потому, что в фотонной ракете для создания реактивной силы тяги полностью используется энергия, заключенная в веществе.

Процесс полного высвобождения энергии физики называют аннигиляцией вещества — вещество переходит в излучение. При этом высвобождается энергия, в миллиарды раз большая энергии, выделяющейся при сгорании самого эффективного химического топлива.

Из вещества массой 1 кг при полной аннигиляции должно выделиться $9 \cdot 10^{13}$ кДж энергии, что более чем на два порядка превышает энергопроизводительность термоядерных реакций.

Неудивительно, что фотонная ракета считается идеальной, более совершенную придумать нельзя. Но эта ракета существует в воображении ученых, хотя ее теоретическому исследованию посвящено немало работ. Наука пока не знает, как должна быть устроена фотонная ракета и сможет ли она вообще быть создана. Остается лишь надеяться на прогресс науки.

Постараемся кратко рассказать об основных процессах (рис. 77), протекающих в фотонном двигателе. Схема фотонного двигателя показана на рисунках 78 и 79.

Вещество и антивещество подаются в камеру, где немедленно начинается реакция аннигиляции. При этом выделяется колоссальная энергия в виде электромагнитного излучения и остатков непрогоревшего вещества. Давление продуктов аннигиляции на стенку — зеркало камеры и должно образовать реактивную силу. Описание принципа работы фотонного двигателя заняло несколько строк. Но какие огромные трудности стоят на пути его создания! Взять хотя бы хранение антивещества. Как уберечь его от контакта с обычным веществом? Может быть, изолировать с помощью

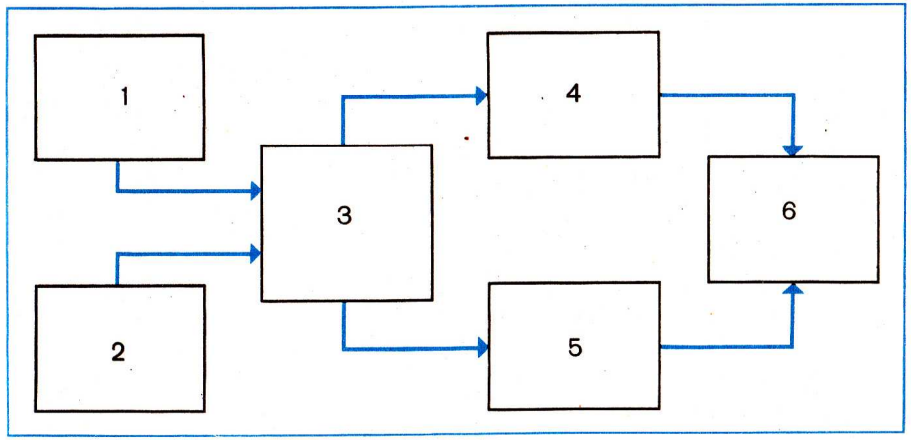


Рис. 77. Схема основных процессов, протекающих в фотонном двигателе.
1 — запас вещества; 2 — запас антивещества; 3 — реакция аннигиляции; 4 — давление излучения; 5 — давление вещества; 6 — реактивная сила тяги.

магнитного поля, подобно плазме в термоядерных установках? В настоящее время наука не готова ответить на этот вопрос.

Познакомимся с проблемами, решение которых должно предшествовать созданию фотонного двигателя. Это лучше сделать, последовательно рассматривая необходимые для его работы процессы.

Прежде всего о реакциях аннигиляции.

При изучении распада искусственных радиоактивных изотопов была обнаружена неизвестная ранее элементарная частица — позитрон. Всеми своими свойствами позитрон напоминает электрон и отличается от него лишь знаком заряда — он явля-

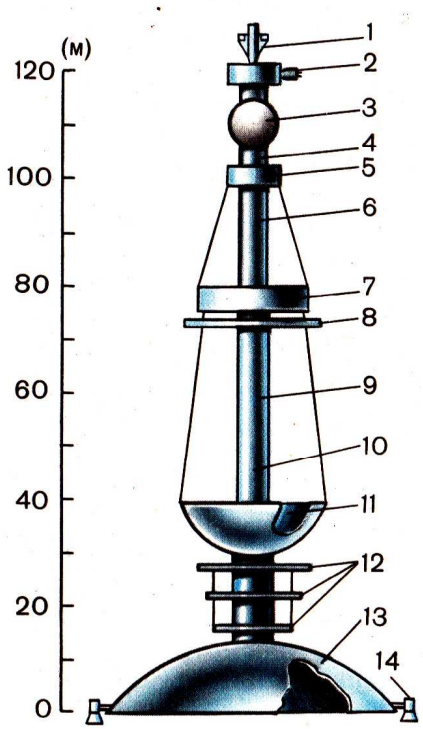


Рис. 78. Межзвездный космический корабль с фотонным двигателем (возможный вариант).
1 — ракетоплан; 2 — «космическое такси» для связи; 3 — обсерватория; 4 — жилые помещения; 5 — спортивный комплекс; 6 — производственные помещения; 7 — оранжерея; 8 — защитный экран; 9 — завод синтетической пищи; 10 — научные лаборатории; 11 — ловушки космического водорода; 12 — защитные экраны; 13 — рефлектор; 14 — сопла системы управления.

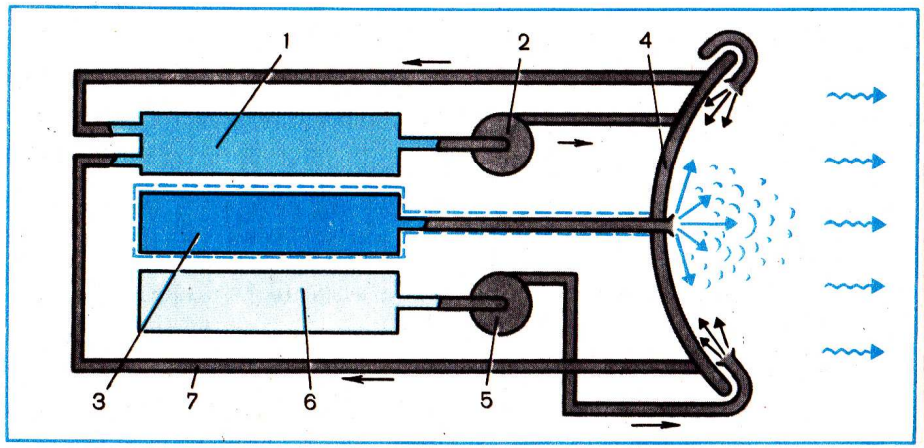


Рис. 79. Схема фотонного двигателя.
1 — холодильная установка; 2 — насос жидкого гелия; 3 — запас антиводорода; 4 — отражающее зеркало; 5 — насос водорода; 6 — запас водорода; 7 — трубопровод жидкого гелия.

ется носителем положительного электричества. Позитрон оказался способным аннигилировать с электроном. При этом образуются два фотона, энергия которых равна сумме кинетических энергий позитрона и электрона и энергии, связанной с дефектом массы.

Наблюдается и обратный процесс, когда фотон, обладающий достаточным запасом энергии, превращается в пару позитрон — электрон.

Какое зеркало способно отражать гамма-лучи? Ведь мы уже говорили, что за счет давления продуктов аннигиляции создается реактивная сила.

Может быть, в будущем ученые получат сверхплотное или иное неизвестное сейчас вещество, отражающее гамма-лучи? Но более вероятнее, что создатели фотонного двигателя пойдут по другому пути. Возможно, что ключом к решению проблемы отражения аннигиляционного излучения явится предварительное преобразование гамма-фотонов в фотоны видимого света, отбрасываемые зеркалами обычного типа.

Чтобы представить себе, насколько сложной является проблема создания зеркала фотонного двигателя, приведем следующий пример. Если на поверхность зеркала площадью 1 см^2 излучение ежесекундно приносит энергию в $4 \cdot 10^6$ Дж, то давление света составляет примерно 1,3 кг/см^2. В камерах сгорания современных ЖРД давление газов в десятки раз превышает это значение. По-видимому, в фотонном двигателе давление на зеркало будет равно нескольким кг/см^2.

Это значит, что зеркало с поверхности в 1 см^2 ежесекундно будет отражать столько энергии, что можно будет расплавить несколько сотен тонн стали. Если даже очень небольшая часть падающей на зеркало энергии будет поглощаться им, то

охлаждение зеркала превратится в серьезную проблему. Поэтому желательно создать зеркало, практически полностью отражающее свет.

Путь к решению этой проблемы, может быть, откроет волновая теория света. Из этой теории следует, что причиной нагревания зеркала является электрическое сопротивление его материала микротоками, возникающими на отражающей поверхности. Устранив это сопротивление, мы предотвратим нагревание зеркала.

Еще в 1911 г. было открыто явление сверхпроводимости. Оно состоит в том, что некоторые металлы, охлажденные до температур, близких к абсолютному нулю, не оказывают никакого сопротивления электрическому току.

Вот если бы изготовить зеркало из сверхпроводника, то микротоки не встречали бы сопротивления и зеркало бы не нагревалось: лучистая энергия целиком отражалась бы.

Основываясь на приведенных рассуждениях, постараемся составить схему возможного в будущем фотонного двигателя, у которого в качестве аннигиляционного горючего используется смесь водорода и «антиводорода».

Для изоляции «антиводорода» от стенок сосуда применяется магнитное поле, создаваемое электромагнитами. Из кольцеобразной полости, окружающей зеркало, к центру под большим давлением подается водород. Вблизи фокуса зеркала происходит реакция аннигиляции. Образовавшиеся при этом фотоны разлетаются во все стороны равномерно. Та часть энергии излучения, которая направляется к зеркалу, отражается от его металлической сверхпроводящей поверхности и участвует в создании силы тяги. Чем больше расход аннигиляционного горючего, тем больше сила тяги. Чтобы поддержать зеркало в состоянии сверхпроводимости, между двойными его стенками непрерывно прокачивается жидкий гелий. По ободу зеркала расположены небольшие ракетные двигатели, работающие на атомном горючем. Они служат для управления полетом и маневрирования.

Мощный поток излучения фотонного двигателя опасен, особенно если лучи отбрасываются параллельным пучком. Они сожгут все на своем пути на расстоянии многих десятков и даже сотен километров. Поэтому стартовый район корабля с фотонным двигателем придется располагать на отдаленной от Земли орбите.

Какие же перспективы откроются с созданием аннигиляционного фотонного двигателя? Ракета с таким двигателем сможет за несколько дней пролететь через всю Солнечную систему. Более того, на фотонной ракете можно будет отправиться к другим звездным мирам, совершить посадку на какой-либо «звездной» планете и вернуться обратно.

Хватит ли горючего на такой полет? Ученые подсчитали, что если в расчетах пренебречь сопротивлением межзвездной сре-

ды, то для полета к ближайшей звезде на корабле должен быть сосредоточен запас горючего, масса которого в 3 раза превышает массу корабля. Но нужно еще топливо для обратного полета. Ясно, что уместить на борту столько горючего невозможно.

На первый взгляд кажется, что межпланетная среда не может оказать сопротивление фотонной ракете. Однако при скорости ракеты, мало отличающейся от световой, межпланетный газ действует на поверхность ракеты с такой силой, что полет оказывается невозможным.

Как же преодолеть сопротивление газовой среды? Ответ напрашивается сам собой: надо использовать этот газ в качестве горючего для фотонной ракеты. Для этого космическое вещество улавливается специальным приемником и направляется в камеру сгорания. Там оно должно быть превращено в излучение. Но как? Ведь для осуществления реакции аннигиляции необходимо, чтобы наряду с веществом поступало и «антивещество». А если последнего в космическом пространстве гораздо меньше, чем обычного вещества? Тогда остается один выход: разработать какой-то принципиально новый, неизвестный в настоящее время науке способ превращения вещества в излучение.

Ученые настойчиво ищут выход из тупика. Одни предлагают захватить в полет крайне разреженное межзвездное вещество, чтобы затем использовать его внутреннюю энергию в аннигиляционном фотонном двигателе ракеты. Однако устройство для захвата должно иметь огромные размеры, и, главное, пока непонятно, как оно может выглядеть.

По другим предложениям межзвездный корабль должен «заарканить» и прихватить с собой астероид средних размеров, который и должен быть затем «переработан» в движущий световой луч фотонной ракеты.

Иногда высказывается идея питания двигателей звездолета путем передачи им энергии на расстоянии. Для этого специальные энергоизлучающие станции, предварительно размещенные вдоль трассы полета, должны посылать мощный пучок сверхвысокочастотного электромагнитного излучения (лазерный луч). Этот пучок будет отражаться особыми «зеркальными» парусными поверхностями звездолета. Древняя идея парусных каравелл, верой и правдой служивших людям на заре цивилизации, может найти своеобразное использование в звездоплавании.

Еще одна не менее важная проблема: как на движущемся корабле остановить ход времени. Впрочем, два возможных и довольно неожиданных способа воздействия на продолжительность полета наука знает уже сейчас.

Один из выводов теории относительности говорит о том, что, чем ближе скорость межзвездного корабля к скорости света, тем медленнее течет на нем время по сравнению с ходом времени на Земле. На первый взгляд это кажется парадоксальным и непонятным явлением. Ведь получается, что при определенной скорости полета можно совершить «полет в будущее», к нашим потомкам...

В 1905 г. появилась статья малоизвестного в то время сотрудника швейцарского патентного бюро А. Эйнштейна под названием «К электродинамике движущихся тел». 26-летний автор изложил в ней специальную теорию относительности, многие положения которой не вязались со «здравым смыслом».

Испокон веков считалось, что мир имеет только три измерения: длину, ширину и высоту. А. Эйнштейн показал, что мир является «четырехмерным»: к трем пространствам он добавил «четвертое измерение» — время.

Специальная теория относительности развенчала представление об «абсолютном» характере пространства и времени и установила между ними неразрывную связь. Из теории Эйнштейна следует, что замедление времени на движущемся с постоянной скоростью материальном объекте по сравнению с неподвижным зависит от квадрата отношения скорости движения к скорости света[1]. Например, если скорость полета меньше скорости света на $2 \cdot 10^{-5}$ км/с, то секунда будет соответствовать суткам на Земле! Если подойти еще ближе к скорости света, то секунда может стать годом.

Длительность полета по часам космонавтов составит 30 лет, но когда корабль вернется на Землю, звездолетчики застанут в живых только потомков своего поколения.

Никакой мистики тут нет, хотя следует снова заметить, что это пока лишь теоретические предположения.

Науке давно известно, что при неблагоприятных природных условиях интенсивность жизненных процессов у некоторых организмов резко уменьшается, биологические «часы», незримо тикающие в каждом живом существе, резко замедляют ход. Затем, когда неблагоприятные условия исчезают, нормальная жизнедеятельность восстанавливается. Анабиоз, так называют ученые это явление,— своеобразная защитная реакция организма, помогающая ему справиться с трудными условиями существования.

Но ведь и в межзведном полете космонавтам будет нелегко. Может быть, и здесь поможет анабиоз? Может быть, идя по этому пути, можно будет решить проблему межзвездных экспедиций?

Полет к звездам представляет собой начинание, равного которому по масштабам не найти во всей истории человечества. Организация подобной экспедиции окажется под силу лишь будущему человеческому обществу.

[1] Математически это можно выразить так:

$$T_1 = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где T_1 — время, которое показывают движущиеся часы, T_0 — время, которое показывают покоящиеся часы.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Характерная особенность научно-фантастического творчества заключается в опережении событий. В самой основе научной фантастики лежит прогноз, порожденный научным анализом и образным мышлением.

Со страниц научно-фантастических книг пришли в нашу жизнь космические корабли и орбитальные станции, чудеса генной инженерии, синтетическая пища, роботы и многое другое.

Благодаря усилиям фантастов человечество приняло как нечто давно ожидаемое запуск первого спутника Земли, высадку человека на Луну.

В творчестве К. Э. Циолковского важное место занимали философские размышления о будущей деятельности земной цивилизации в космосе. Он твердо верил в практическую возможность заселения солнечных просторов. Ученый выдвинул и обосновал идею объективной закономерности выхода разумных существ за пределы планеты-колыбели.

Ученый-гуманист неоднократно напоминал, что расселение человечества расширит пространственную сферу своего устойчивого существования. Откроется перспектива бесконечного прогресса земной цивилизации во времени и пространстве.

СОВЕТУЕМ ПРОЧИТАТЬ

Бурдаков В. П., Данилов Ю. И. Ракеты будущего.— М.: Атомиздат, 1980.

Воронцов-Вельяминов В. А. Очерки о Вселенной.— М.: Наука, 1980.

Гурштейн А. А. Извечные тайны неба.— М.: Просвещение, 1984.

Кауфман У. Планеты и Луны.— М.: Мир, 1982.

Келдыш М. В., Маров М. Я. Космические исследования.— М.: Наука, 1981.

Кирилин В. А. Энергетика сегодня и завтра.— М.: Педагогика, 1983.

Клушанцев П. В. Одиноки ли мы во Вселенной? — Л.: Детская литература, 1981.

Кузьмин А. Д. Планета Венера.— М.: Наука, 1981.

Несмеянов А. Н., Беликов В. М. Пища будущего.— М.: Педагогика, 1985.

Новиков Н. Д. Эволюция Вселенной.— М.: Наука, 1983.

Силкин Б. И. В мире множеств Лун.— М.: Наука, 1982.

Улубеков А. Т. Богатства внеземных ресурсов.— М.: Знание, 1984.

Шевченко В. В. Луна и ее наблюдение.— М.: Наука, 1983.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Аннигиляция вещества 160
Анабиоз 165
Астроинженерия 101
Атмосфера 8, 13
— герметической кабины 56

Б

Баллистическая ракета 38
Баллистическая ракета Р-2 41
Баллоны высокого давления 57
Бэр 9

В

Венера 135
— общие сведения 135
— автоматы, исследующие Венеру 136
— атмосфера 138
— пути к Венере 141
— глубинные аппараты 144
— летающие «острова» 146
Водоросли (хлорелла) 130
Водоснабжение 84
Воздушно-космический самолет (ВКС) 93
Воздушно-реактивный двигатель ОР-I 35
Вселенная 6
Вторая космическая скорость 19
ВЧ-излучение 30
Высота в скафандре 67
Высотные боли 67

Г

Газодинамическая лаборатория (ГДЛ) 37
Галактические космические лучи 12
Геофизическая ракета В—1А 39
Геофизическая ракета В—2А 41
Геофизическая ракета В—5А 41
Горючее 46
Грей 9
Грузовой корабль «Прогресс» 86
Группа изучения реактивного движения (ГИРД) 36

Д

Двигатель жидкостный ракетный (ЖРД) 46
Двигатель ОРМ-65 36
Двигатель ОР-2 35
Двигатель прямоточный 92
Двигатель РДА-1 150

И

Измерение при солнечных вспышках 10
Изотопные источники энергии 49
Импульсный ЯРД 50
Инопланетная цивилизация 159
Ионизующее действие 9
Ионосфера 15

К

Космическая пыль 15
Космическая скорость 17
Космические лучи 12
Космический корабль «Аполлон» 109
Космический корабль «Восток» 41, 72
Космический корабль «Восход» 74
Космический корабль «Союз-Т» 77
Космический корабль «Союз» 77
Космос 2

Л

Луна 102
— автоматы, исследующие Луну 103,107
— поверхность 107
— строение 108
— полеты на Луну 109
— базы 114

М

Марс 120
— автоматы, исследовавшие планету Марс 120
— время полета 124
— жизнь 123
— защита от излучений 128
— климатические условия 121
— марсианский корабль 126
— спутники 121
— траектория полета 124
Мезосфера 15
Метеорит 15
Метеор 15
Метеорное тело 15
Метагалактика 6
Меркурий 148
— атмосфера 149
— общие сведения 148

Н

Нагрузочный костюм «Пингвин» 89
Невесомость 20
Нейтросфера 15
Нептун 152
— состав 152
— спутники 152
Неприкосновенный аварийный запас (НАЗ) 74

О

Обезвоженные продукты питания 129
Огород космический 131
Окислитель 46
Орбитальная космическая станция 80
Орбитальный космический корабль 63
Орбитальная станция «Салют» 86

П

Пароплан 90
Парсек 2
Первая космическая скорость 19
Перегрузка 20
Планер СК-9 38
Плутон 153
Пневмовакуумный костюм «Чибис» 89
Потребление кислорода 57
Проксима-Центавра 6

Р

Ряд 9
Радиационные пояса Земли 11
Ракета 33, 42
Ракета ГИРД-9 36
Ракета ГИРД-10 36
Ракета крылатая РНИИ-212 32
Ракета-носитель «Восток» 73
Ракета-носитель «Союз» 77

Ракета-носитель «Спутник» 4
Ракетный двигатель РД-108 40
Ракетный поезд 44
Рацион питания 62
Реактивный научно-исследовательский институт 37
Реактивный планер РП-318-1 38
Регенерация воздуха 58

С

Сатурн 152
— кольца 152
— спутники 152
— строение 152
«Салют-6» 13
«Салют-7» 88
Световой год 2
Сила тяги 43
Система терморегулирования 69
Скафандр 65, 71, 116
Скорость истечения газов 44, 48
Солнечная вспышка 10
Солнечная космическая электростанция 27
Солнечная система 7
Солнечная постоянная 8
Солнечная энергия 27
Солнечно-парусный двигатель 45, 52
Солнечные пятна 10
«Спейс-шаттл» 87
Спорадические метеорные тела 15
Спуск с орбиты 54
Стационарная орбита 24
Стационарный спутник 24
Стратосфера 15
Сублимация 55
Суперцивилизация 157

Т

Теплопродукция 61
Термосфера 15
Термохимический двигатель 45
Термохимический двигатель на твердом топливе 48
Термоядерный ракетный двигатель 51
Топливные элементы 64
Топливо 46
Тренажер «бегущая дорожка» 89
Третья космическая скорость 20
Тропосфера 15
Турбовентиляторный двигатель 92
Турбовинтовой двигатель 92
Турбопрямоточный двигатель 92
Турбореактивный двигатель 91

У

Удар метеорного тела 17
Удельная тяга 44
Ускоритель электромагнитный 116
Уран 152
— кольца 152
— спутники 152

Ф

Формула Дрейка 156
Формула Циолковского 42
Фотонная ракета 161
Фотосфера 7
Фотоэлектрические генераторы 28

Х

Харон 153
Хромосфера 8

Ю

Юпитер 149
— аппарат для исследования Юпитера 149
— атмосфера 152
— спутники 151
— строение 150

Э

Экзосфера 15
Экологическая система 129
Экспедиционный аппарат 127
Электрический двигатель 45, 52
Энергетическая ценность пищевых веществ 61

Я

Ядерное горючее 49
Ядерный двигатель 45

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Аксенов В. В. 79
Александров А. П. 87
Армстронг Н. 109
Атьков О. Ю. 87

Бахчиванджи Г. Я. 90
Беляев П. И. 75
Березняк А. Я. 90
Березовой А. Н. 87
Благонравов А. А. 82
Болховитинов Г. Я. 90

Велер Ф. 133
Ветчинкин В. П. 36
Волк И. П. 88
Волков В. Н. 86

Гагарин Ю. А. 41
Глушко В. П. 36
Гриссом В. 109
Губарев А. А. 86

Джанибеков В. А. 87
Добровольский Г. Т. 86
Дрейк Ф. 156
Душкин Л. С. 90

Егоров Б. Б. 74
Иванченков А. С. 87
Исаев А. М. 90

Кардашев Н. С. 156
Кибальчич Н. И. 33
Кизим Л. Д. 87
Коллинз М. 109
Комаров В. М. 74
Кондратюк Ю. В. 35
Константинов К. И. 33
Королев С. П. 37
Кретен Э. Л. 87

Лебедев В. В. 87
Леонов А. А. 69
Ломоносов М. В. 7
Ляхов В. А. 13

Малышев Ю. В. 79
Николаев А. Г. 61
Олдрин Э. 109
Опарин А. И. 155

Пацаев В. И. 86
Победоносцев Ю. А. 38
Попов Л. И. 87

Ракеш Шарма 88
Рынин Н. А. 158
Рюмин В. В. 13

Савицкая С. Е. 87
Севастьянов В. И. 61
Серебров А. А. 87
Соловьев В. А. 87
Стечкин Б. С. 91
Стрекалов Г. М. 87
Струве В. Я. 122

Тихомиров Н. И. 33
Тихонравов М. К. 36

Уайт Э. 109

Федоров В. Ф. 38
Феоктистов К. П. 74

Цандер Ф. А. 34
Циолковский К. Э. 24

Чаффи Р. 109

Эйнштейн А. 165

Характеристики больших планет Солнечной системы

Физические параметры планеты	Меркурий	Венера	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
Масса, т	$3{,}3 \cdot 10^{20}$	$4{,}9 \cdot 10^{21}$	$6{,}4 \cdot 10^{20}$	$1{,}9 \cdot 10^{24}$	$5{,}7 \cdot 10^{23}$	$8{,}7 \cdot 10^{22}$	$1{,}0 \cdot 10^{23}$	$1 \cdot 10^{19}$
Радиус экваториальный, км	2450	6050	3400	71000	60 000	25 000	22 300	1500
Объем, км^3	$6 \cdot 10^{10}$	$9{,}6 \cdot 10^{11}$	$1{,}6 \cdot 10^{11}$	$1{,}4 \cdot 10^{15}$	$8{,}2 \cdot 10^{14}$	$5{,}4 \cdot 10^{13}$	$4{,}6 \cdot 10^{13}$	$8{,}7 \cdot 10^{10}$ (?)
Средняя плотность, кг/м^3	5600	5200	4000	1300	700	1270	2220	700
Ускорение свободного падения, м/с^2	3,7	8,7	3,7	25,0	11,0	9,7	13,5	(?)
Расстояние от Земли, млн. км								
наименьшее	82	38	56	591	1200	2580	4300	4280
наибольшее	217	261	399	965	1650	3150	4680	7510
Среднее расстояние от Солнца, млн. км	58	108	228	778	1426	2870	4500	5900
Средняя скорость движения по орбите вокруг Солнца, км/с	48	35	24	13	9,6	6,8	5,4	4,7
2-я космическая скорость, км/с	4,3	10,2	5	58	33	22	25	(?)

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

КОСМОС ВОКРУГ НАС

Солнце — глава планетного семейства 6
Радиационные пояса Земли 11
Излучения из глубин галактик 12
Атмосфера — щит Земли 13
Пришельцы из космоса 15
Космические скорости 17
Вес тела, невесомость, перегрузки 20

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО У ПОВОРОТНОГО ПУНКТА

Заводы вне Земли 26
Солнечная энергия 27

НА ОРБИТЕ ВОКРУГ ЗЕМЛИ

Начнем с истории 33
Что такое ракета 41
Двигатели для космических полетов 45
Орбитальные космические корабли 53
Жизнь в герметической кабине 55
Где взять электроэнергию 63
Одежда для вакуума 65
Три поколения космических кораблей 72
Орбитальные космические станции 80
Архитектура и сила тяжести . . . . . —
Как обеспечить жизнь на космической станции . 84
Как устроена станция «Салют» 86
Транспортные космические системы будущего . . . 90
Спасительное крыло . . . . . —
Воздушно-реактивные двигатели 91
Какими могут быть ТКС в будущем 93
Астроинженерия 101

ЛУНА — ПЕРВАЯ СТАНЦИЯ НА ПУТИ В КОСМОС

Автоматы исследуют Луну 102
Пилотируемые полеты на Луну 109
Как попасть на Луну . . . . . —
Полеты по программе «Аполлон» . . . . . —
Полет на Луну за 12 часов 111
Луна — научно-технический полигон 114
Что даст исследование Луны . . . . . —
Базы на Луне . . . . . —

МАРС ЖДЕТ ГОСТЕЙ

Загадки красной планеты 120
Дороги к Марсу 123
Каким быть марсианскому кораблю 126
Система жизнеобеспечения для межпланетного полета 129

ВЕНЕРА РАСКРЫВАЕТ ТАЙНЫ

Первые разведчики Венеры 135
Межпланетные пути к Венере 141
Аппараты для исследования Венеры . . . . . —
Аппараты для полетов в атмосфере Венеры . . 143
Глубинные аппараты для посадки на поверхность Венеры 144
Плавучие «острова» на Венере 146

ПУТЕШЕСТВИЕ К ПОТОМКАМ

Полеты к дальним планетам 148
«Разум всякий уголок Вселенной может сделать пригодным для жизни» 153
Мы не одни 154
Ждите нас, звезды! 159

ПОСЛЕСЛОВИЕ 166
СОВЕТУЕМ ПРОЧИТАТЬ 167
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 168
ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ 168
ХАРАКТЕРИСТИКА БОЛЬШИХ ПЛАНЕТ, СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ 173

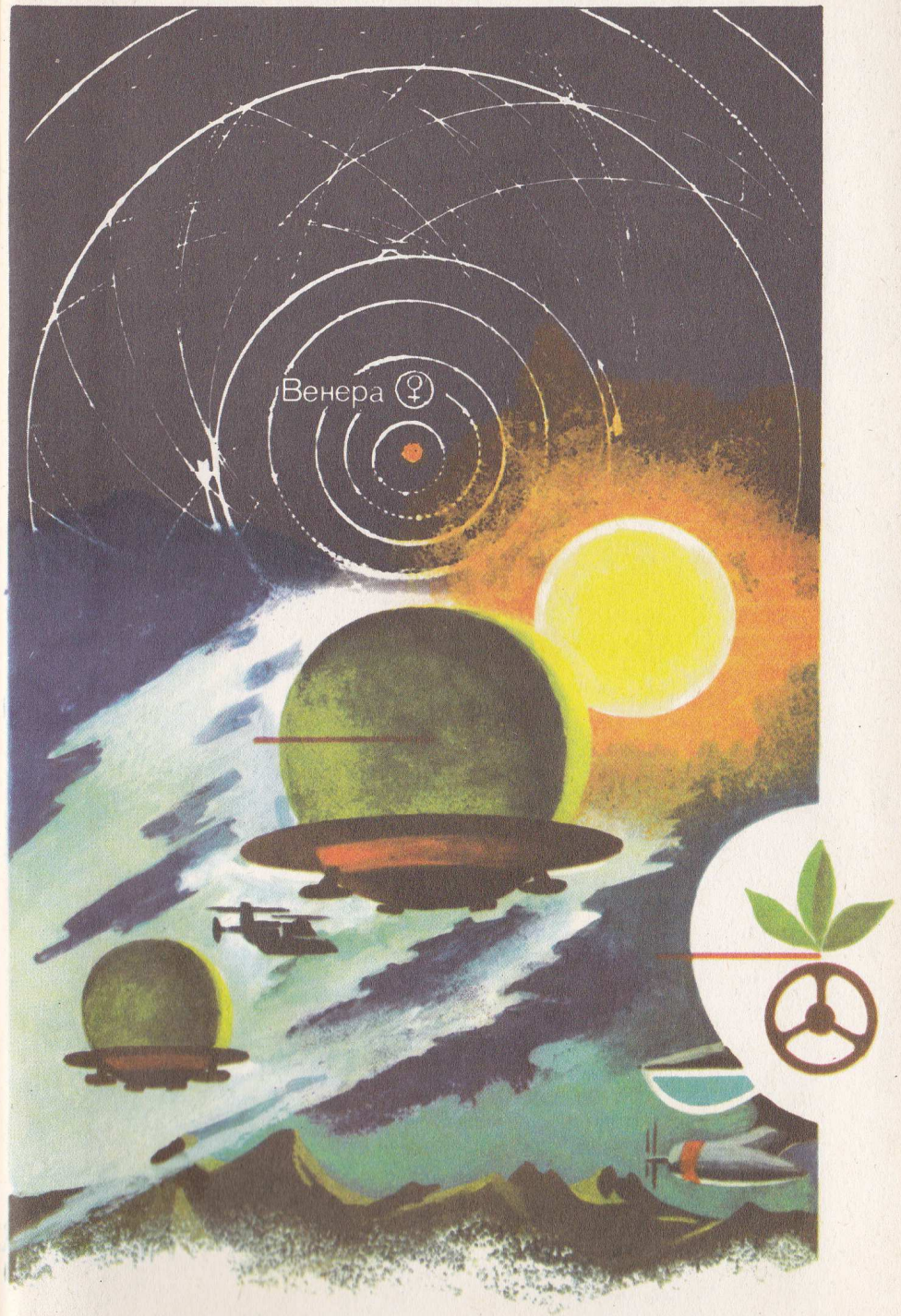
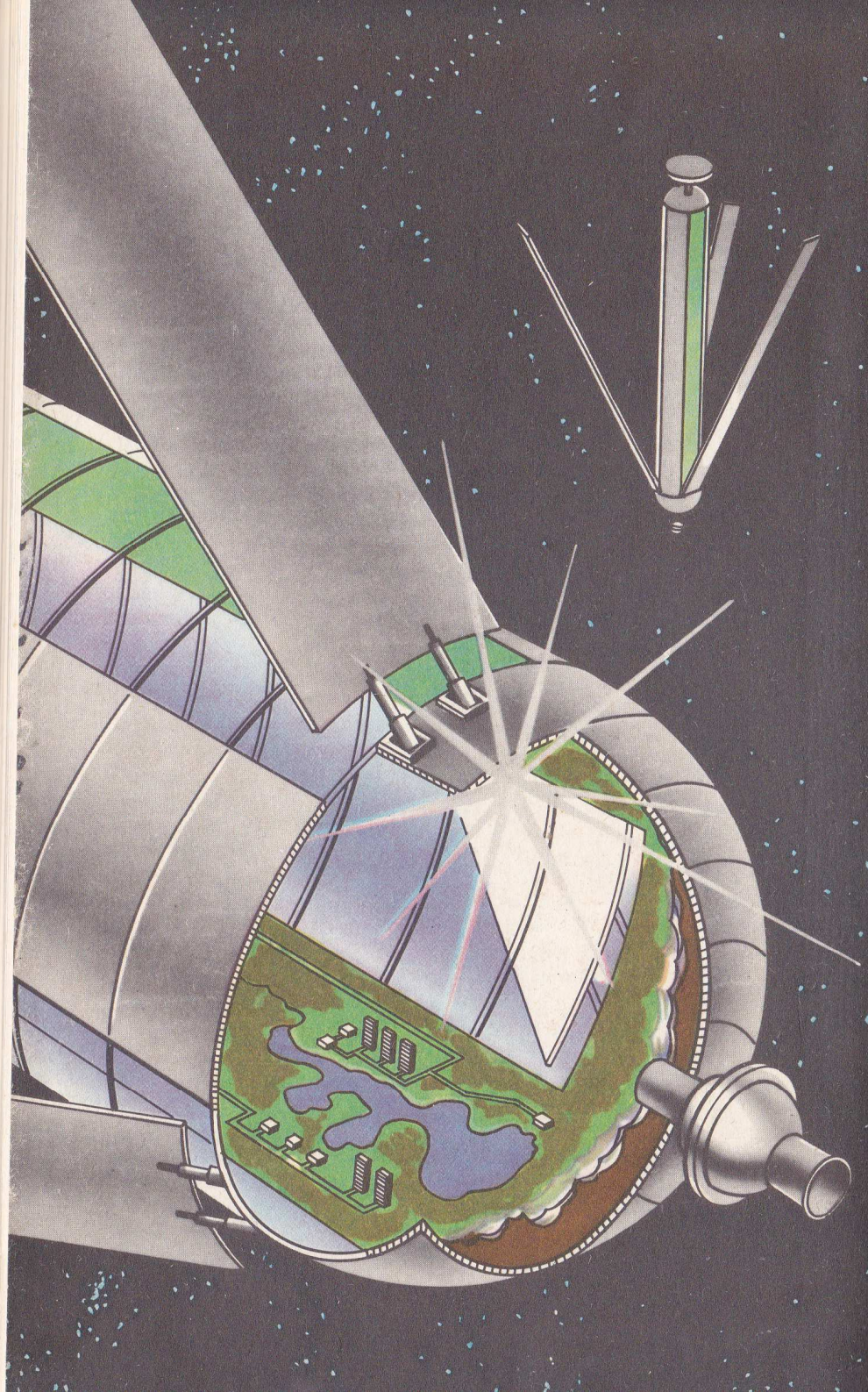
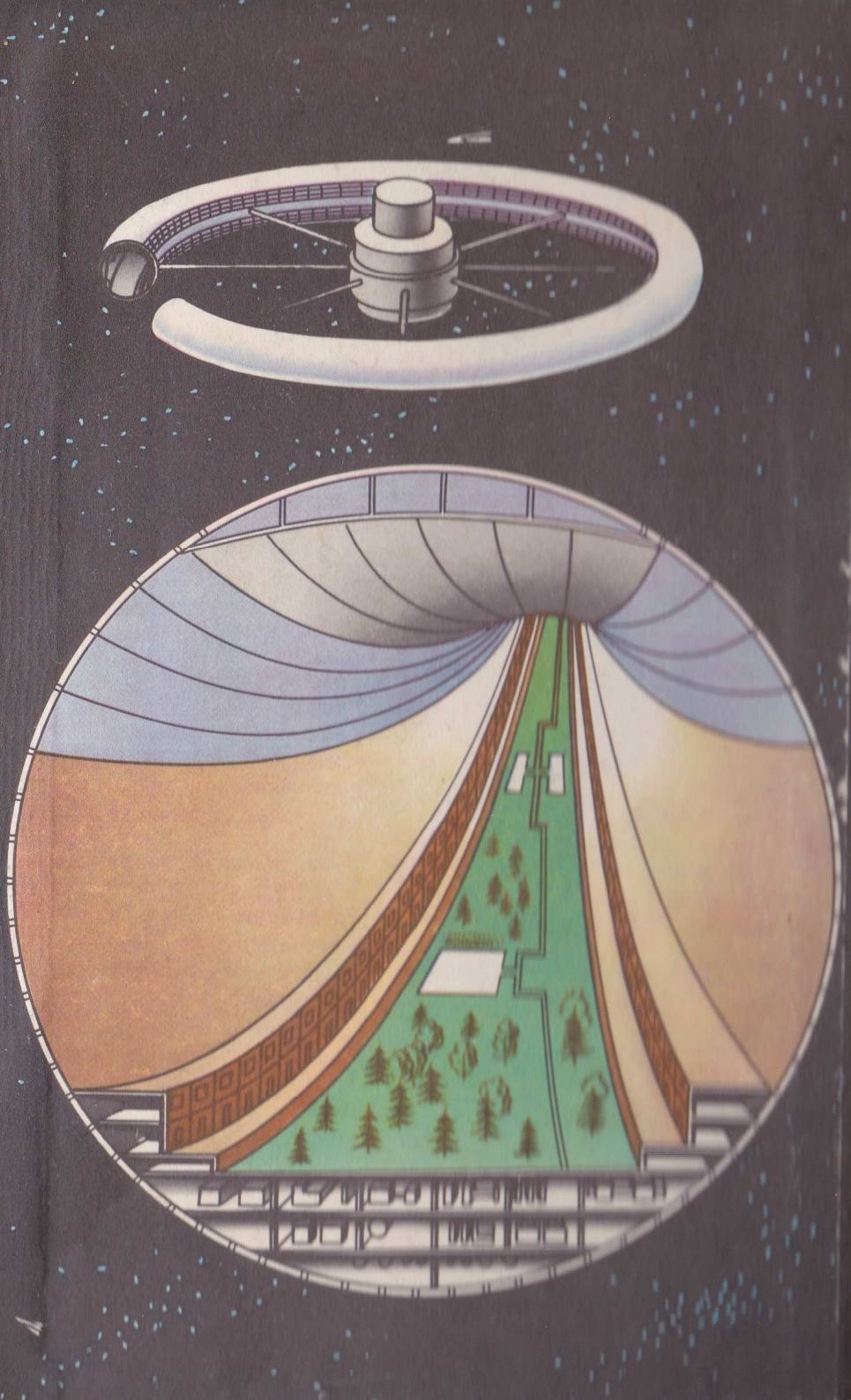
Семен Петрович Уманский

КОСМОНАВТИКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

Зав. редакцией
Н. В. ХРУСТАЛЬ
Редактор
Т. П. КАТКОВА
Художники
Л. Е. БЕЗРУЧЕНКОВ, С. Г. БЕССОНОВ, А. М. ПРОКОФЬЕВ
Художественный редактор
В. М. ПРОКОФЬЕВ
Технический редактор
Г. В. СУБОЧЕВА
Корректор
И. Г. ТРОШИНА

ИБ № 8382

Подписано к печати с диапозитивов 24.12.86. Формат $60\times90^1/_{16}$. Бум. офсетная № 1. Гарнит. литерат. Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,0+0,25 вкл.+0,375 форз. Усл. кр.-отт. 25,0. Уч.-изд. л. 11,02+0,28 вкл.+0,59 форз. Тираж 200 000 (100 001—200 000) экз. Заказ № 1403. Цена 85 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Калининский ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат детской литературы им. 50-летия СССР Росглавполиграфпрома Госкомиздата РСФСР. 170040, Калинин, проспект 50-летия Октября, 46.