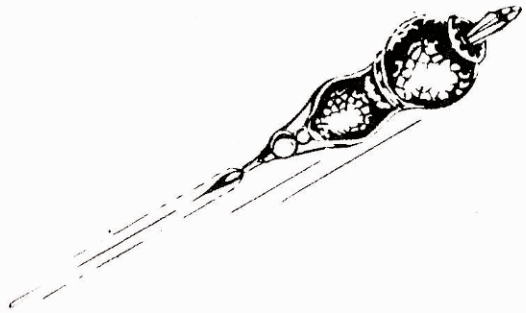


А. ШТЕРНФЕЛЬД

Полёт в мировое пространство

А. ШТЕРНФЕЛЬД

Полёт в мировое пространство



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1949 ЛЕНИНГРАД

12-3-1

Рисунки и обложка выполнены художником *Н. М. Кольчицким* на основе чертежей и указаний *А. А. Штернфельда.*

Редактор *Г. Л. Вольперт.* Техн. редактор *Н. Я. Мурашова.*

Подписано к печати 4/I 1949 г. 8,75 печ. л. 8,52 уч.-изд. л. 38 932 тип. знак. в печ. л. Тираж 50 000 (1—25 000) экз. А01551. Цена книги 3 руб. Переплет 50 коп. Заказ № 8324.

Отпечатано способом офсетной печати в Первой Образцовой типографии имени А. А. Жданова Главполиграфиздата при Совете Министров СССР. Москва, Валовая, 28.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 5
Вечно юная мечта человечества. 7
Сквозь атмосферу в межпланетное пространство. 14
В мире увеличенной тяжести и в мире без тяжести 23
На пути от утопии к науке о космическом полёте 36
Ракета решает вопрос межпланетных путешествий 48
Из истории развития ракеты 57
Современное и будущее применение ракеты в пределах Земли . . 67
От стратосферной до космической ракеты 78
Жизнь на космическом корабле 88
Полёты в межпланетное пространство. 101
Сигнализация сквозь просторы вселенной 125
К созвездию Центавра 131
Вчерашняя утопия — реальность завтрашнего дня. 136

ПРЕДИСЛОВИЕ

Астронавтикой, или точнее космонавтикой [1]), называется наука о полёте в космическом (мировом) пространстве.

На протяжении нескольких столетий многие учёные вносили свой вклад в космонавтику, часто не отдавая себе в этом ясного отчёта. Хотя первые мысли об установлении связи между отдельными мирами были высказаны уже давно, однако научные основы межпланетных полётов были заложены только в текущем столетии нашим выдающимся соотечественником Константином Эдуардовичем Циолковским.

Работы по постройке кораблей для межпланетных путешествий пока нигде не ведутся и никогда не велись. Конечно, не может быть и речи о постройке аппарата для полёта в мировое пространство раньше, чем техника полностью не овладеет дальними ракетными полётами в пределах Земли.

Многие думают, что решение вопроса внеземного полёта зависит от какого-либо изобретения, которое внесёт революцию в технику. Но в действительности эта проблема решается повседневно малыми шагами, малыми победами. Время утопических предложений, несбыточных проектов уже прошло. Теперь мы твёрдо знаем, что ракета может решить вопрос межпланетных путешествий. Повидимому, вылет за пределы Земли может быть осуществлён также при помощи электромагнитной пушки гигантских размеров.

Ракеты для полёта в мировое пространство принципиально ничем не отличаются от ракет для дальних перелётов в пределах Земли на высоте нескольких сотен или даже тысяч километров. Важность таких «земных» полётов ракет очевидна. Поэтому на космонавтику нельзя смотреть как на науку, создаваемую фантазёрами, оторванными от жизни. Вместе

[1]) От греческих слов astron — светило, kosmos — мир и латинского navigatio — судоходство.

с тем необходимо помнить, что только в условиях социалистического общества ракетная техника может быть использована на благо человечества.

В этой небольшой книге мы даём краткий обзор современного состояния космонавтики и указываем на главные направления научной мысли в этой области, на перспективы космонавтики, а также на те трудности и опасности, с которыми придётся встретиться при осуществлении межпланетных полётов.

Все описанные здесь проекты, как бы они ни были фантастичны, рассмотрены со строго научной точки зрения. Однако так как книга предназначена для широких кругов читателей, все расчёты, ведущие к изложенным результатам, опущены. Желающие ознакомиться с затронутыми вопросами более подробно могут обратиться к книгам: К. Э. Циолковский — «Труды по ракетной технике» (Москва, 1947), Ф. А. Цандер — «Проблема полёта при помощи ракетных аппаратов» (Москва, 1947), Ю. В. Кондратюк — «Завоевание межпланетных пространств» (Москва, 1947) и А. А. Штернфельд — «Введение в космонавтику» (Москва, 1937).

А. А. Штернфельд

«...нелепо отрицать роль фантазии и в самой строгой науке...»

(В. И. Ленин, Философские тетради.)

ВЕЧНО ЮНАЯ МЕЧТА ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Стремление оторваться от Земли и улететь в мировое пространство, чтобы проникнуть в его тайны, зародилось в человеке очень давно.

Эта мечта человечества чрезвычайно ярко отражена в народных легендах и фантастических романах.

Учёному нельзя пренебрегать этими источниками и полностью отвергать их. У писателя порою намечаются верные решения технических вопросов, которые он лишь не может точно обосновать. Случается, что высказанная писателем идея, кажущаяся целиком фантастической, побуждает мысль учёного устремить поиски в новом направлении. В результате строго научные исследования, соединённые со смелыми техническими дерзаниями, превращают фантазию в действительность.

С этой точки зрения будет не лишним вспомнить некоторые народные легенды и рассмотреть отдельные проекты, предложенные в своё время писателями-романистами.

***

Мифология всех народов изобилует легендами о полётах к небесным светилам, осуществляемых в большинстве случаев с помощью птиц или лошадей; иногда способы перемещения не указываются точно или обволакиваются покровом таинственности.

Во время раскопок в Ниневии[1]) в библиотеке царя Ассурбанипала было найдено выгравированное на глиняных цилиндрах сказание, излагающее историю полёта к небесам. Король Этан (3 200 лет до нашей эры) совершил полёт на такую высоту, что Земля, окружённая морями, представлялась ему подобной «хлебу в корзине», а затем вовсе исчезла из глаз.

[1]) На реке Тигр в теперешней Месопотамии.

В древнеиндийской философской поэме «Бхагавадгите» даются наставления йогам для путешествий на Луну, а в поэме выдающегося средневекового индийского поэта Тульси Даса «Рамаяна» описывается внеземное путешествие Рамы — мифического героя Индии.

В одной из китайских легенд рассказывается о том, что китайцы прибыли на Землю с Луны. Другая легенда повествует, что монголы унеслись в космическое пространство и построили там созвездие Большой Медведицы.

По представлению древних греков, небесные светила настолько близки к Земле, что достигнуть их можно на спине летящего орла. Герой известного мифа, Икар, прикрепивший к своей спине крылья из перьев птиц, подлетел так близко к Солнцу, что воск, скреплявший крылья, растаял от солнечной жары. Икар упал в море и утонул.

Одна из легенд, связанных с именем известного греческого полководца Александра Македонского, приписывает ему попытку побывать в небесах. Для этой цели он запряг в колесницу несколько голодных грифонов и понуждал их к полёту приманкой, привязанной к палке над их головами. Во время полёта Александру повстречалась птица с человеческим лицом, от которой он узнал, что полёты к небу находятся под запретом. Тогда Александр спустился вниз и очутился на Земле вдали от места вылета.

Лукиан Самосатский (II век), названный Энгельсом «Вольтером классической древности», в своих «Истинных историях» описывает приключения героя, которого унесло вместе с лодкой на Луну во время бури, разразившейся вблизи Геркулесовых столбов [1]).

И селениты, жители Луны, навещают иногда своих земных братьев: Диоген Лаэрций (III век до нашей эры) рассказывает, что греческий философ Гераклит лично знал жителя Луны, но умалчивает о подробностях скитаний этого таинственного существа.

Легенда о полёте Александра Македонского воспроизводится у знаменитого поэта Фирдоуси (X век нашей эры) с той только разницей, что его герой, шах Кай-Каус, достигнув большой высоты, направил в небеса стрелу и затем спустился на Землю.

В одной иранской легенде рассказывается о принце, совершившем путешествие к Солнцу и обратно на Землю на деревянном коне.

---

[1]) Так назывался в древности Гибралтарский пролив, считавшийся тогда «краем света».

Существует предание, что жители легендарного континента Атлантиды во время гибели их материка нашли спасение на других планетах, куда они добрались с помощью летательных аппаратов.

***

Эпоха средних веков не сохранила литературных памятников, отражающих мечты о внеземных путешествиях, и лишь в эпоху Возрождения снова пробудился интерес к этой теме. Появляются литературные произведения, в которых герои улетают за пределы Земли.

Начиная с XVII века характер подобного рода произведений несколько меняется: помимо художественного и приключенческого материала, в них появляются научные элементы.

Провозвестником на этом пути являются «Мечты» гениального астронома Иоганна Кеплера (1634 г.). В этом труде автор даёт описание Луны в таком виде, в каком её увидел бы наблюдатель, очутившийся на её поверхности. Кеплер считает, что Луна состоит из вещества с крупными порами. Он сообщает подробности о предполагаемой флоре и фауне, описывает обитателей Луны и их жилища, служащие для защиты от резких колебаний температуры. Однако для достижения Луны Кеплер не видит другого способа, как применение... магии.

Английский писатель Фрэнсис Годвин переносит на Луну своего героя более «реальным» средством. В его романе «Человек на Луне» (1638 г.) для этой цели используются дрессированные лебеди.

Решительное слово о возможности применения машин для межпланетных путешествий мы находим у французского писателя Сирано де Бержерака (1619—1655). Задолго до того, как техника в действительности овладела воздухоплаванием, он высказывал мысль о возможности применения ракет для космических путешествий. Однако у Бержерака наряду с правильными мыслями имеется много неверных, носящих характер чистейшей выдумки и не имеющих ничего общего с наукой.

Со времени Сирано де Бержерака писатели в большинстве случаев отказываются от проектов полётов с помощью птиц или духов и выводят на сцену самые разнообразные машины.

***

Если верно, что писатели дают иногда толчок научным исследованиям, то ещё более обосновано обратное утверждение: достижения науки дают пищу писателям для их произведений. В XIX веке научные вопросы начинают занимать в романах, посвящённых межпланетным путешествиям, всё

большее и большее место. Причиной этому несомненно послужило мощное развитие науки и техники, открывшее новые возможности. В частности, большую роль в развитии творчества романистов сыграла дискуссия, развернувшаяся в конце XIX века среди астрономов и широких общественных кругов о населённости Марса. Поводом к этой дискуссии послужили замеченные на поверхности Марса контуры различной формы, которые были приняты за каналы, вырытые живыми существами.

Быстрое развитие артиллерии в середине XIX века нашло отражение в известных романах Жюля Верна. В этих романах автор отправляет своих героев на Луну из пушки. Теперь мы знаем, что такой способ практически неосуществим. Однако, несмотря на эту и некоторые другие существенные ошибки, у Жюля Верна можно встретить много интереснейших и верных соображений по вопросам космических путешествий.

В ряде романов, относящихся к концу прошлого века, мы находим своего рода обзор главнейших проблем космонавтики в том виде, в каком они сложились к тому времени.

Наблюдения над Марсом также нашли отражение в художественной литературе. Ласвиц в своём романе «На двух планетах» (1897 г.) сумел сочетать богатую фантазию с данными науки.

На рубеже XX века Герберт Уэллс получил известность своими романами о марсианах и селенитах. Не меньшей популярностью пользовались в начале нашего столетия фантастические романы А. Богданова.

***

Во время первой мировой войны новая художественная литература по космонавтике почти не появлялась. Зато после окончания войны количество художественных произведений о межпланетных сообщениях стало очень быстро расти. Романисты могли черпать богатый материал в научных сочинениях по космонавтике, появившихся к тому времени. Впрочем, романы и повести на темы космических путешествий стали писать не только литераторы, как, например, Алексей Толстой, но и популяризаторы и энтузиасты ракетного дела, например, Рынин, Вальер, а также сами учёные. Среди них первое место принадлежит нашему соотечественнику Константину Эдуардовичу Циолковскому, выдающемуся учёному, изобретателю и инженеру, создавшему научные основы космонавтики. Из многочисленных современных романистов назовём лишь А. Р. Беляева, среди советских писателей наиболее интересовавшегося технической стороной проблемы.

Со времени первой мировой войны идеи космонавтики проникли также на экраны кино и в музыку. Поэтический фильм «Небесный корабль», составленный по роману Софуса Михаэлиса и описывающий экспедицию на Марс, ещё совсем беспомощен с научно-технической стороны. На более высоком научном уровне стоит фильм «Аэлита», в основу которого положен одноимённый роман Алексея Толстого. В 1935 г. был выпущен другой советский фильм «Космический рейс», в котором научной стороне уделено много внимания.

***

В романах мы редко встречаем рассказы о посещении нашей Земли обитателями других планет. В тех же случаях, когда избирается этот сюжет, время действия относится или к далёкому прошлому или к не менее отдалённому будущему. В большинстве же случаев космические путешествия предпринимаются жителями нашей планеты, которые отправляются в полёты на Луну, на планеты и даже к звёздам, сохраняя связь с родной Землёй при помощи радио или другим путём и получая с Земли необходимую помощь и пополнение припасов. Нередко путешественники встречаются с жителями планет.

В рассказах неизменно фигурирует любовная интрига. Нередки неожиданные приключения: то на пути встречаются скопления метеорных тел, то происходит вынужденное отклонение от намеченного пути, вызванное или встречей с небесным телом, или ошибками в управлении, то, наконец, обнаруживается губительное действие космических лучей и т. д.

Приключения на планете иногда приводят к трагической развязке, в большинстве же случаев они оканчиваются благополучным возвращением на Землю, причём путешественники привозят с собой научные данные огромной важности. Бывает и так, что в полёт отправляется автоматически управляемый аппарат без пассажиров и возвращается невредимым, привозя с собой кинофильм с подробной топографической съёмкой планеты.

Нужно сказать, что далеко не всегда герои романов отправляются в подобные путешествия под влиянием научной любознательности или жажды приключений. Иногда причиной является вынужденная необходимость: либо наступление на Земле холода, вызванное, например, охлаждением Солнца, либо опасность столкновения Земли с тем или иным небесным телом, либо, наконец, отрыв части земного шара ядром кометы.

Такова в кратких чертах сущность рассказов о межпланетных путешествиях.

***

Для достижения намеченной героями цели путешествия авторы романов считают пригодными самые разнообразные способы передвижения, часто вплоть до совершенно абсурдных.

Иногда предполагается, что земная атмосфера простирается до самой Луны, и для полёта используется шар, наполненный особым газом, имеющим ничтожную плотность, либо применяется аппарат, работающий подобно крыльям птиц причём пассажиры помещаются в герметической кабине.

Очень часто используется гигантская пушка как наиболее надёжное средство для достижения космической скорости; иногда рекомендуется обратиться к силе вулканических извержений.

Одним из фантастических видоизменений пушки является проект использования разгона аэростата, наполненного вновь открытым легчайшим газом и приобретающего к моменту достижения высших слоёв атмосферы скорость, достаточную для достижения планет. Космическая праща также пользуется популярностью у романистов.

Некоторые авторы допускают, вопреки данным современной науки, существование «лучей тяготения», причём они считают, что освобождение тела от действия этих лучей может быть достигнуто с помощью экрана; у других эта же цель достигается приданием телу прозрачности по отношению к таким лучам. В первом случае изменение силы тяжести или полное её уничтожение получается соответственной установкой экрана и подбором его размеров. Таким же способом осуществляется и управление полётом.

Давление солнечных лучей используется в романах не только как отталкивающая сила, но и как... притягивающая сила, что совершенно абсурдно. В иных случаях применяется магнитное поле для управления действием тяготения или используется отталкивающая сила, возникающая между одноимённо наэлектризованными телами.

Нередко, несмотря на чрезвычайно подробное описание конструкции двигателя, читателю романа невозможно уяснить, на каком принципе основано действие двигателя.

Сирано де Бержерак, как уже было сказано, высказал идею о возможности достижения других миров с помощью ракет. Он дал даже описание простейшего ракетного аппарата, в котором расположенные в несколько рядов ракеты воспламеняются поочерёдно. Это сделано, как им правильно подчёркнуто, с целью избавить путешественников от опасности пострадать от слишком резкого действия тяги большого числа ракет.

Наконец, в наиболее современных романах авторы предпочитают пользоваться электрическими ракетами, в которых

они надеются получить скорости истечения, близкие к скорости света. При этом необходимая энергия либо получается с Земли, либо добывается из радиоактивных веществ, либо, наконец, извлекается из атомных ядер путём их расщепления

***

Разнообразие материалов, «применяемых» романистами для постройки аппаратов, не менее богато, чем разнообразие конструкций. Предпочтительными материалами являются алюминий, платина, стекло и специальные стали. Часто авторы не удовлетворяются существующими материалами и предоставляют своим героям, обычно выдающимся учёным, изобретать новые материалы.

«Найденные» материалы обладают особыми свойствами: они чрезвычайно легки и вместе с тем отличаются огромной прочностью, не пропускают шума, производимого работающими двигателями, непроницаемы для всякого рода излучений, в том числе космических лучей и «лучей тяготения». В других случаях материалы вполне прозрачны или обладают свойством отражать космические и другие лучи, фосфоресцировать и т. д. Необходимые материалы получаются путём физико-химических преобразований твёрдых, жидких и газообразных тел.

Народная фантазия и творческое воображение писателей-романистов, несомненно, сыграли известную роль как толчок к работе над решением проблемы космического полёта.

Однако сегодня мифы, сказки и романы не могут больше служить отправной точкой для научных исследований в области космонавтики. Теперь научная мысль вплотную подошла по крайней мере к теоретическому решению давнишней мечты человечества, мечты о полёте в мировое пространство.

Современное развитие техники, как мы увидим в последующих главах, даёт возможность превратить эту мечту в действительность.

СКВОЗЬ АТМОСФЕРУ В МЕЖПЛАНЕТНОЕ ПРОСТРАНСТВО

Раньше чем рассмотреть вопрос о полёте в мировое пространство с точки зрения современной науки и техники, познакомимся с нашим «уголком» вселенной — солнечной системой, а также с воздушной оболочкой Земли, которую непременно придётся пронизать в самом начале космического путешествия.

***

Свойства земной атмосферы представляют для нас интерес главным образом с точки зрения того сопротивления, которое будет испытывать межпланетный корабль при взлёте и возвращении.

При взлёте атмосфера является препятствием, при спуске она может быть использована для торможения.

Неизбежное нагревание аппарата при движении в воздухе с очень большой скоростью не может не вызывать опасений. Пример метеоров — «падающих звёзд» — показывает, что возвращение космического корабля на Землю является достаточно сложной задачей. Решающее значение имеет состав воздуха в высших слоях атмосферы. Преобладание водорода или азота будет определять степень нагревания космического корабля. В первом случае оно будет невелико, во втором —огромно.

В атмосфере существуют два примыкающих друг к другу слоя, резко различающихся между собой по характеру происходящих в них явлений. В нижнем слое, в тропосфере, происходят все метеорологические явления, в частности, образование облаков. Над этим слоем простирается прозрачная область стратосферы. Вблизи полюсов стратосфера начинается уже на высоте примерно 8—9 километров, а на экваторе её нижняя граница находится на высоте порядка 15 километров и даже выше.

Особенно резко тропосфера и стратосфера отличаются друг от друга в тепловом отношении. В тропосфере температура воздуха уменьшается с высотой в среднем приблизительно на 6° Цельсия при подъёме на каждый километр. В восходящих потоках температура воздуха понижается вследствие его расширения, в нисходящих, наоборот, происходит нагревание воздуха вследствие сжатия.

Стратосфера в своей нижней части, простирающейся до высоты примерно 30 километров, имеет температуру почти постоянную, равную в среднем около 56° холода. Однако с высоты около 30 километров температура в стратосфере начинает повышаться и на высоте 50—60 километров достигает 60—75° тепла. Такое повышение температуры происходит, повидимому, вследствие того, что на указанной высоте находится слой озона, задерживающий бóльшую часть ультрафиолетовых лучей Солнца. Над слоем озона температура опять уменьшается, но затем вновь начинает возрастать. В ионосфере, т. е. в электропроводящем слое стратосферы, начинающемся с высоты примерно 100 километров, температура возрастает очень резко. Так, например, по некоторым наблюдениям, требующим, впрочем, проверки, температура на высоте 122 километров равна около 100° тепла, а на высоте 170—180 километров она достигает уже 700° тепла.

На высоте 10 километров плотность воздуха в 3 раза меньше, чем у поверхности Земли, на высоте 20 километров — в 14 раз, на высоте 60 километров — в тысячи раз меньше. На высоте 120 километров воздух настолько разрежён, что не представляет заметного сопротивления даже при космических скоростях.

Вследствие незначительной плотности воздуха в ионосфере температура её будет играть второстепенную роль при взлёте космического корабля.

Соотношение составных частей воздуха в нижних слоях атмосферы в общем постоянно вследствие непрерывного перемешивания воздуха. По объёму в тропосфере содержится: азота 78,06%, кислорода 20,90%, аргона 0,94%, других газов 0,1%.

Состав ионосферы, повидимому, существенно отличается от состава тропосферы и меняется с высотой. Кинетическая теория газов даёт возможность вычислить процентное содержание различных газов на любой высоте в ионосфере, если известен её состав у нижней границы. Но определение содержания водорода в ионосфере затруднительно; различные исследователи, занимающиеся этим вопросом, получали разные результаты. Поэтому мы пока не можем предусмотреть, в какой степени будет нагреваться космический корабль в ионосфере при своём возвращении на Землю (при взлёте

космический корабль будет двигаться через атмосферу со скоростью, значительно меньшею, чем при возвращении, поэтому вопрос о нагревании корабля при взлёте не имеет столь существенного значения).

Следует признать, что наши познания о высоких слоях атмосферы ещё недостаточно полны и требуют основательного углубления.

До последнего времени исследование атмосферных слоёв на высотах свыше 40 километров могло производиться исключительно косвенными методами — путём спектрального анализа лучей, испускаемых Солнцем и звёздами, измерением рассеяния искусственного светового пучка молекулами атмосферных газов, путём наблюдения над атмосферой во время зари и в сумерках, путём наблюдения падающих звёзд и полярных сияний и т. д. Неудивительно, что полученные результаты иногда получались противоречивыми. Например, некоторые учёные, основываясь на спектроскопических исследованиях полярных сияний, а также исходя из наблюдений над загоранием и затуханием падающих звёзд, полагали, что на высоте 120—600 километров должен существовать слой твёрдого азота, находящийся в мелко распылённом состоянии. Другие учёные оспаривали это утверждение; они доказывали, что такой же спектр может быть получен от смеси гелия с кислородом, подвергнутой действию электрического разряда. В последние годы гипотеза о существовании слоя твёрдого азота была отвергнута.

В настоящее время сделана попытка использования реактивных снарядов «Фау-2» для изучения высоких слоёв атмосферы прямыми методами. Однако собранный таким путём материал ещё недостаточно богат, и некоторые полученные результаты, которые сегодня кажутся достоверными, могут в дальнейшем оказаться неточными.

В заключение заметим, что те данные об атмосфере, которыми мы располагаем в настоящее время, совершенно недостаточны для расчётов, относящихся к посадке космических кораблей, но вполне достаточны для приближённых расчётов, относящихся к вертикальному пересечению атмосферы при взлёте.

***

Наша солнечная система является, как известно, ничтожно малым уголком вселенной. В эту систему входят следующие небесные тела: Солнце, планеты и их спутники, астероиды, кометы и метеорные тела.

Вокруг Солнца обращаются девять больших планет: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и

Плутон. Они движутся по орбитам, представляющим собой эллипсы, очень незаметно отличающиеся от окружности (отношение малой оси эллипса к большой для всех орбит больше 0,96). Солнце более или менее смещено относительно центров этих эллипсов: оно находится в одном из их фокусов.

Расстояние Земли от Солнца равно приблизительно 150 миллионам километров.

Для того чтобы наглядно представить расстояние от Солнца до других планет, допустим, что новорожденный отправляется в путь по прямой от Солнца к ближайшей планете (рис. 1) со скоростью движения первого спутника Марса — Фобоса (2,138 километров в секунду, т. е. около 7700 километров в час). Допустим также, что ему посчастливилось встретить на своём пути все планеты. Идя с указанной скоростью, на одиннадцатый месяц своей жизни он пройдёт мимо Меркурия, через 19 месяцев — мимо Венеры, а спустя 26 месяцев и 2 недели достигнет Земли. На пятом месяце четвёртого года своей жизни он минует планету Марс, а на двенадцатом году встретит Юпитер. Двадцать один год исполнится ему, когда он покинет Сатурн с его характерными кольцами. Ещё через двадцать один год он дойдёт до Урана. Не отдыхая ни одного мгновения, беспрерывно идя вперёд, седым $66^1/_2$-летним стариком он прибудет к Нептуну. Пожелаем ему теперь долголетия, так как свою задачу — дойти до последней планеты нашей солнечной системы — он сумеет выполнить только на 88-м году своей жизни. Тогда только, на пороге смерти, он достигнет Плутона, не помня ни Меркурия, ни Венеры, ни Земли, виденных им в своём раннем детстве.

Предположим теперь, что наш старичок бессмертен и что он предпринимает путешествие к наиболее близкой от нас звезде, к так называемой «Ближайшей» из созвездия Центавра. Тогда, при указанной выше скорости его движения, он завершит своё путешествие лишь спустя 600 000 лет.

***

Вернёмся к нашей солнечной системе. Наглядное представление о массах отдельных планет и о массе Солнца можно получить, оценивая их в рублях. Предварительно заметим, что средняя плотность Земли в $5^1/_2$ раз больше плотности воды. Следовательно, масса Земли равна массе $5^1/_2$ шаров воды, имеющих такие же размеры, как и Земля. Допустим, что масса Земли стоит 1 рубль. Тогда Меркурий стоил бы не больше пятачка, Марс — около гривенника, а Венера, примерно, 80 копеек. Уран стоил бы около 15 рублей. Нептун — 17 рублей, Сатурн — около сотни, Юпитер — свыше трёхсот рублей, а Солнце — одну треть миллиона.

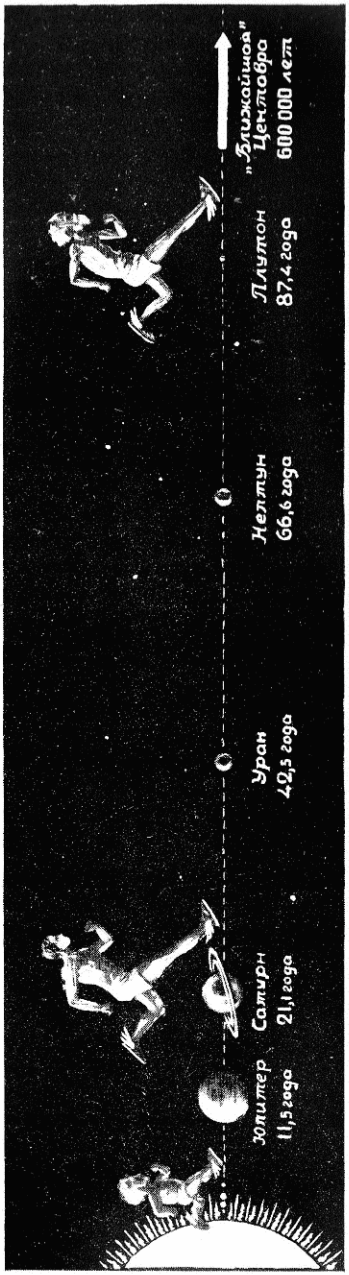


Рис. 1. Расстояние от Солнца до планет и до ближайшей звезды в годах жизни «скорохода». Расстояние от Солнца до Земли равно приблизительно 149,5 миллиона километров.

Более точное представление о размерах и других характеристиках Солнца, планет и их спутников можно найти в таблицах 1 и 2 (стр. 20, 21).

* * *

Все планеты вместе имеют 29 спутников. Между планетами они распределяются следующим образом: Земля — 1, Марс — 2, Юпитер — 11, Сатурн — 9, Уран — 5, Нептун — 1. Кроме того, Сатурн окружён кольцами, состоящими из огромного количества камней и пыли.

Несомненно, целью первого космического путешествия будет спутник Земли — Луна. Ведь она находится на расстоянии всего 384 000 километров от нас, т. е. свыше чем в сто раз ближе к нам, чем ближайшая из планет — Венера. Мощные телескопы уже раскрыли нам не одну из «тайн» Луны. Она лишена воды и сколько-нибудь значительной атмосферы. Большие лунные равнины, неправильно называемые морями, достигают в длину 1000 километров. Очертания гор, не размытых водой, весьма рельефны. Самая высокая лунная гора поднимается на высоту 8880 метров, т. е. достигает высоты Эвереста — величайшей из земных горных вершин. Диаметр Луны равен около 3500 километров, а её масса составляет $^1/_{81}$ массы Земли. Ускорение свободного падения, а следова-

тельно, и вес тел на поверхности Луны в 6 раз меньше, чем на Земле.

Астероиды, или так называемые планетоиды, являются малыми планетами, обращающимися вокруг Солнца. В большинстве случаев расстояние их от Солнца больше, чем расстояние Марса, но меньше, чем Юпитера.

В настоящее время известно до 1600 малых планет, причём их общий объём меньше, чем объём Луны. Самые малые из них не улавливаются даже мощными телескопами. Наименьший занесённый в каталог астероид имеет диаметр около 1 километра, наибольший, открытый ещё в начале XIX века, — 770 километров. Астероиды имеют самую разнообразную геометрическую форму. Возможно, что некоторые из них смогут служить промежуточной базой для космических путешествий (см. стр. 108).

Кометы обычно состоят из головы в виде ядра, окружённого туманной оболочкой, и из длинного хвоста. Как исключение, встречаются кометы с несколькими головами или с несколькими хвостами. Ядро представляет собой скопление твёрдых тел более или менее крупных размеров и окружено оболочкой пыли, имеющей значительно бóльшую плотность, чем вещество хвоста.

По мере приближения к Солнцу голова кометы сжимается, в то время как хвост её, отбрасываемый по направлению от Солнца, удлиняется. Последний представляет собой настолько разрежённое тело, что космический корабль при проникновении через него не ощущал бы никакого сопротивления.

Кометы движутся в самых разнообразных направлениях. Посещение их представляет более трудную и менее интересную задачу, чем посещение других тел солнечной системы.

***

Согласно новейшим исследованиям мировое пространство наполнено молекулами натрия, а также кальция, находящимися друг от друга на очень больших расстояниях. Частицы газа, оторвавшиеся от звёзд, также являются составной частью космической материи. Материальные частицы сгруппированы в своего рода космические облака, которые распределены в пространстве очень неравномерно.

Космическая материя, ввиду её ничтожной плотности, не может оказать влияния на нагрев межпланетного корабля и его сопротивление при движении. По той же причине ни один звук не может нарушить глубокого безмолвия, господствующего в межзвёздных пространствах.

Мировое пространство пронизывается так называемыми космическими лучами, которые обладают проникающей

Таблица 1

Некоторые характеристики Солнца и планет

Название светила	Масса относительно массы Земли	Среднее расстояние от Солнца: В астрономических единицах [1]	Среднее расстояние от Солнца: В миллионах километров	Радиус в километрах	Плотность относительно воды	Период обращения вокруг Солнца в годах	Среднее напряжение силы тяжести (ускорение свободного падения) на поверхности светила в метрах в секунду за секунду
Солнце . .	333 432	—	—	695 500	1,416	—	275,18
Большие планеты							
Меркурий	0,056	0,387	57,9	2 400	5,599	0,241	3,79
Венера . .	0,818	0,723	108,1	6 100	5,160	0,615	8,79
Земля . .	1	1	149,5	6 378 (на экваторе)	5,527	1	9,81 (на экв.)
				6 357 (на полюсах)			9,88 (на пол.)
Марс . .	0,108	1,524	227,8	3 390	3,947	1,881	3,74
Юпитер .	318,356	5,203	777,8	71 370 (на экваторе)	1,341	11,862	24,95 (на экв.)
				66 620 (на полюсах)			28,64 (на пол.)
Сатурн . .	95,223	9,539	1426,1	60 400 (на экваторе)	0,690	29,458	10,43 (на экв.)
				54 050 (на полюсах)			13,01 (на пол.)
Уран . .	14,580	19,191	2869,1	24 800	1,359	84,015	9,43
Нептун .	17,264	30,071	4495,7	26 500	1,326	164,788	9,82
Плутон .	?	39,457	5899,1	?	?	247,697	?
Некоторые малые планеты							
Эрот . . .	—	1,458	218	—	—	1,760	—
Веста . .	—	2,362	354	190	—	3,630	—
Церера .	—	2,767	414	380	—	4,603	—
Паллада .	—	2,770	419	240	—	4,610	—

[1]) Астрономической единицей длины называется среднее расстояние Земли от Солнца, принимаемое равным 149,5 миллиона километров.

Таблица 2

Некоторые характеристики спутников планет

Планета	Спутник	Масса относительно массы планеты	Среднее расстояние от планеты в тысячах километров	Радиус в километрах	Плотность относительно воды	Напряжение силы тяжести (ускорение свободного падения) на поверхности в метрах в секунду за секунду
Земля	Луна	1/81,495	384,4	1 738	3,34	1,62
Марс	Фобос		9,4	6		
	Деймос		23,5	4,5		
Юпитер	5-й спутник [1]		180,5	80(?)		
	1-й (Ио)	1/22 240	421,5	1 700	4,09	1,98
	2-й (Европа)	1/39 430	670,7	1 500	3,34	1,43
	3-й (Ганимед)	1/12 520	1 069,8	2 630	1,95	1,46
	4-й (Каллисто)	1/22 200	1 881,7	2 530	1,24	0,90
	6-й спутник		11 453	65(?)		
	10-й спутник		11 562	10(?)		
	7-й спутник		11 738	25(?)		
	11-й спутник		22 550	12(?)		
	8-й спутник		23 502	25(?)		
	9-й спутник		23 637	7(?)		
Сатурн	7-й (Мимас) [1]	1/16 340 000	185,4	300	0,32	0,26
	6-й (Энцелад)	1/4 000 000	237,8	370	0,67	0,69
	5-й (Фетида)	1/921 500	294,4	600	0,67	1,12
	4-й (Диона)	1/536 000	377,1	720	0,67	1,35
	3-й (Рея)	1/250 000	526,6	925	0,69	1,78
	1-й (Титан)	1/4 700	1 220,9	2 860	1,24	9,92
	8-й (Гиперион)		1 479,0	225		
	2-й (Япет)		3 557,8	850		
	9-й (Феба)		12 946,0	100		
Уран	5-й спутник [1]		123(?)	?		
	3-й (Ариель)		191,7	450(?)		
	4-й (Умбриель)		266,0	350		
	1-й (Титания)		438,1	850		
	2-й (Оберон)		585,9	750		
Нептун	Тритон	1/290	353,4	2 500(?)		

[1] Спутникам Юпитера, Сатурна и Урана присвоена нумерация, соответствующая порядку их открытия. Некоторые из этих спутников не получили названий.

способностью, большей чем все нам известные излучения. Эти лучи легко проникают не только через всю земную атмосферу, но и через слой воды толщиной до 500 метров.

Однако вредное действие на организм того или иного излучения зависит не от его проникающей способности, а главным образом от его интенсивности. Между тем, интенсивность космических лучей весьма незначительна. Во время межпланетного полёта, может быть, и не придётся защищаться от этих лучей, так как даже при прямом действии на человека их физиологическое влияние на организм, повидимому, ничтожно.

***

На земле в затенённых от Солнца местах абсолютная темнота не наступает, так как атмосфера рассеивает солнечный свет, и он в той или иной мере попадает в полосу тени. Межпланетные же пространства, расположенные в тени какого-нибудь тёмного тела, погружены в полный мрак. Небесный свод там представляется совершенно чёрным. Звёзды не мерцают и постоянно отчётливо видны, если только глаза защищены от непосредственного действия солнечных лучей; в противном случае глаз приспосабливается к яркому свету Солнца и теряет способность различать звёзды.

В МИРЕ УВЕЛИЧЕННОЙ ТЯЖЕСТИ И В МИРЕ БЕЗ ТЯЖЕСТИ

Вопрос о том, сможет ли человек перенести физиологические явления, связанные с полётом в мировое пространство, является чрезвычайно важным.

Во время космического путешествия недомогания могут быть вызваны главным образом нарушением нормального ощущения силы тяжести.

В обычных условиях мы ощущаем силу тяжести потому, что опора, на которой мы стоим или сидим, препятствует нам падать к центру Земли под действием силы тяготения. В самом деле, когда мы стоим на опоре, всё тело в целом давит на опору вниз, а опора отвечает телу противодействием — силою реакции, направленной вверх. Эта реакция опоры приводит к тому, что в отдельных сечениях тела возникают внутренние силы взаимодействия, совокупность которых и даёт привычное ощущение силы тяжести.

Но что произойдёт, если опору из-под ног человека, например пол фюзеляжа самолёта, убрать и предоставить человеку возможность свободно падать? Или если опора, например пол кабины лифта, сама начнёт свободно падать вместе с человеком? Реакция опоры исчезнет; в первом случае потому, что не стало самой опоры, а во втором случае потому, что прекратилось давление на опору. Но вместе с реакцией опоры исчезнут в сечениях тела те внутренние силы взаимодействия, которые обусловливаются этой реакцией. Следовательно, исчезнет и ощущение силы тяжести.

Это исчезновение ощущения силы тяжести хорошо знакомо парашютистам в первые мгновения прыжка; оно замечается также в первые мгновения опускания лифта, если только это опускание происходит быстро.

Исчезновение в падающем теле внутренних сил взаимодействия, до падения обусловленных реакцией опоры, легко подтвердить простым опытом. К пружинным весам, удерживаемым на некоторой высоте над землёй, подвесим двухкилограммовую

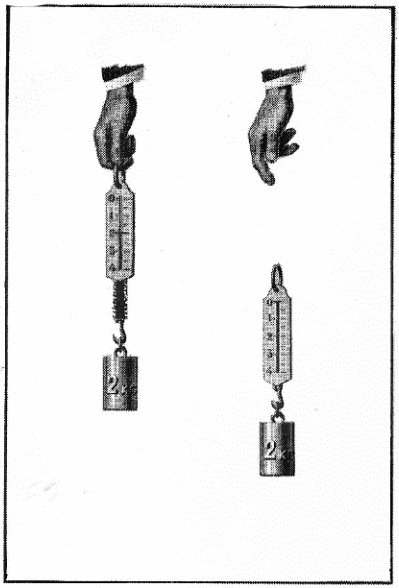


Рис. 2. Свободно падающее тело теряет свой вес. Слева пружинные весы находится в состоянии покоя, указатель веса отмечает 2 килограмма. Справа пружинные весы падают, указатель веса стоит на нуле.

гирю (рис. 2). Стрелка весов остановится на цифре 2. Отпустим теперь весы — дадим им возможность свободно падать вместе с гирей. Стрелка весов перейдёт на цифру 0, так как теперь взаимодействие между гирей и пружиной весов отсутствует и поэтому пружина сокращается до своей первоначальной длины.

Таким образом, при свободном падении в теле исчезают внутренние силы взаимодействия, вызванные реакцией опоры; тело как бы разгружается. На этом основании будем называть реакцию опоры в поле тяготения перегрузкой тела. Отношение перегрузки к нормальной величине силы тяжести, т. е. к величине силы тяжести на уровне моря на широте в 45°, будем называть коэффициентом перегрузки. В нормальных условиях, когда тело неподвижно или движется горизонтально и равномерно, коэффициент перегрузки, согласно своему определению, равен единице; при свободном падении он равен нулю.

Вообразим, что мы скатываемся на лыжах по наклонной плоскости (рис. 3). Теперь падение не будет свободным: этому мешает наклонная плоскость. Предположим, что сопротивление воздуха и трение лыж о снег отсутствуют; следовательно, человек будет испытывать только реакцию наклонной плоскости, направленную перпендикулярно к плоскости. Эта реакция будет меньше веса человека и тем меньше, чем больше наклон плоскости. При наклоне в 0°, т. е. на горизонтальной плоскости, нормальная реакция будет равна весу человека. При наклоне в 90°, т. е. при переходе наклонной плоскости в вертикальную, реакция исчезнет совсем, так как падение станет свободным. Таким образом, при изменении наклона плоскости от 0 до 90° коэффициент перегрузки будет изменяться от единицы до нуля.

При резком трогании поезда с места или при резком увеличении его скорости, т. е. при ускоренном движении, пассажир

испытывает толчок назад (рис. 4, стр. 26), и если сзади имеется стенка, то пассажира «прижимает» к стенке, он начинает давить с большей или меньшей силой на стенку, а стенка отвечает равным противодействием — силой реакции. Следовательно, и здесь возникает перегрузка в ранее определённом смысле, но имеющая своим источником не притяжение к земле, а ускоренное движение [1]). Действие этой перегрузки на организм совершенно такое же, как и действие перегрузки, возникающей в поле тяготения. Более того, если бы мы оказались внутри герметически закрытой кабины настолько далеко от небесных тел, что силу их притяжения можно было бы не принимать во внимание, и если бы этой кабине тем или иным способом было сообщено ускоренное движение, то мы чувствовали бы себя в кабине совершенно так же, как на планете, притягивающей нас с постоянной силой.

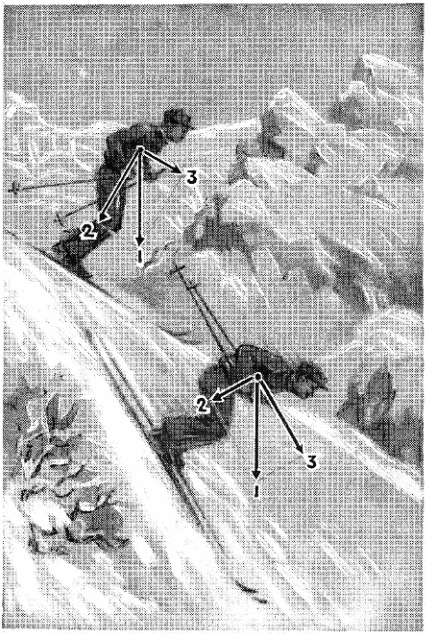


Рис. 3. С увеличением наклона плоскости составляющая ускорения, обусловливающая эффект перегрузки, уменьшается (цифрой *1* обозначено ускорение свободного падения, цифрой *2* — его составляющая, обусловливающая эффект перегрузки, и цифрой *3* — другая составляющая, вызывающая увеличение скорости движения).

В самом деле, находясь на Земле, мы под действием её притяжения всё время «падаем» к её центру. Этому падению препятствует поверхность Земли, к которой нас и прижимает сила тяготения. В космическом корабле, движущемся с ускорением, мы всё время будем падать в сторону, противоположную его движению, вследствие чего будем чувствовать, что какая-то сила прижимает нас к соответствующей стенке корабля. Хотя природа действующих сил в обоих случаях различна, тем не

[1]) Если стенка находится не рядом, то при слабом толчке человек может удержаться на месте, но при этом возникает трение подошв о пол вагона, что равносильно появлению перегрузки. При сильном толчке человек или упадёт, или будет отброшен к стенке, и опять возникнет перегрузка.

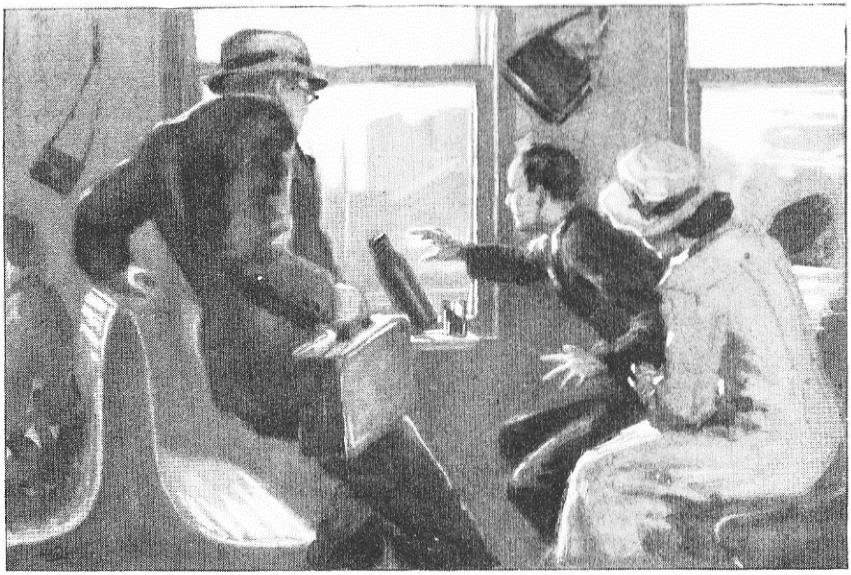


Рис. 4. Если поезд резко трогается с места (на рисунке—вправо), то мы ощущаем толчок назад, т. е. в сторону, обратную направлению движения.

менее проявление этих сил будет совершенно одинаковым. Во всяком случае, никакими приборами нельзя было бы обнаружить разницу между силами притяжения и силами, возникающими при любом ускоренном движении (так называемыми силами инерции).

Центробежная сила, с которой вращающееся тело действует на удерживающую его связь, также вызывает реакцию связи, следовательно, и в этом случае возникает перегрузка, которая ничем не отличается от перегрузок, рассмотренных выше. Конечно, если ускоренное прямолинейное движение или вращательное движение происходят в поле тяготения, то вызываемые ими перегрузки геометрически складываются с перегрузкой в поле тяготения. При вращательном движении легко получить весьма большие коэффициенты перегрузки.

***

Физиологические ощущения, которые будут испытывать пассажиры космического корабля, можно разделить на две различные категории, в зависимости от характера движения корабля.

Первая категория ощущений будет наблюдаться при ускоренном или замедленном движении космического корабля,

вызванном либо действием включённого двигателя, либо сопротивлением воздуха, либо того и другого вместе. Такое движение, как правило, будет довольно кратковременно; оно будет происходить при взлёте корабля с Земли, затем при изменении им направления движения и, наконец, при торможении с помощью двигателя или вследствие сопротивления окружающего воздуха.

Ощущения второй категории пассажиры будут испытывать в те промежутки времени, когда корабль будет двигаться в космическом пространстве с выключенным двигателем. Длительность такого движения будет, как правило, значительно больше, чем длительность движений, рассмотренных выше.

Таким образом, во время движения первого рода физиологические ощущения будут обусловлены влиянием перегрузки, вызванной ускоренным или замедленным движением корабля, а во время движений второго рода — полным отсутствием перегрузки. Следовательно, необходимо установить, в течение какого времени человек может выносить различные по величине перегрузки без ущерба для своего здоровья. Ведь совершенно очевидно, что любой, даже вполне осуществимый технический проект передвижения не будет иметь никакой ценности, если человеческий организм не сумеет вынести условий, возникающих при движении.

* * *

Первые наблюдения над физиологическим действием перегрузки велись уже в XIX веке.

В двадцатых годах текущего столетия некоторые учёные производили опыты над живыми существами, подвергая их действию перегрузки, возникающей при вращательном движении. Правда, с точки зрения космонавтики эти опыты не представляют большого интереса главным образом вследствие отсутствия данных о длительности опытов. Всё же из этих опытов можно считать установленным, что коэффициент перегрузки до 4,5 может переноситься в течение нескольких минут без вреда для человеческого организма и что быстрота зрительной и слуховой реакции при перегрузке в 1,6 остаётся такой же, как и в состоянии покоя.

Для справки приводим опытные данные о коэффициентах перегрузки, которые человек испытывает при некоторых движениях:

при взлёте самолёта с помощью катапульты . . . . . до 4,
при фигурных полётах на самолёте (мёртвая петля, пикирование) . . . . . до 8,
при прыжках в воду . . . . . до 15.

Необходимо, однако, иметь в виду, что на катапульте длительность действия перегрузки измеряется немногими секундами, а при прыжке в воду, точнее, при торможении в воде после падения — лишь ничтожными долями секунды.

Заметим, что с точки зрения космонавтики представляют интерес только те опытные данные о влиянии перегрузки на организм человека, которые могут быть получены при вращательном движении. В самом деле, величина ускорения и длительность действия перегрузки, которые наблюдались и могут наблюдаться в обычных условиях при прямолинейном движении, совершенно несравнимы с теми условиями, которые будут иметь место при космическом полёте. Только при помощи быстрого вращения на специальных машинах можно получить сколь угодно большое ускорение и притом в течение неограниченного времени.

Одним из наиболее интересных опытов в этой области является известный цирковой атракцион, заключающийся в том, что мотоциклист быстро движется по внутренней стенке большого вертикального цилиндра, находясь при этом почти в горизонтальном положении. Обычно такая езда продолжается около двух минут, причём коэффициент перегрузки равен 4. При движении с таким коэффициентом перегрузки прямолинейно в течение двух минут можно достичь скорости, равной 4,7 километра в секунду. Повидимому, продолжительность атракциона может быть увеличена без особого усилия, следовательно, при такой же перегрузке можно достичь ещё большей скорости прямолинейного движения. Это даёт основание предполагать, что так называемая первая космическая скорость (см. стр. 102), необходимая для того, чтобы какое-нибудь тело могло стать спутником Земли, и равная приблизительно 8 километрам в секунду, может быть достигнута без ущерба для здоровья человека.

Животные в состоянии переносить гораздо более высокие перегрузки. Так, опыты над собаками, подвергнутыми действию вращательного движения, показали, что эти животные способны легко выдержать 80-кратную перегрузку в течение пяти минут. Будучи посажены в вертикально движущуюся ракету, они достигли бы за это время скорости 94,117 километра в секунду, т. е. в несколько раз большей, чем необходимо для вылета за пределы Земли. При 98-кратной перегрузке вскоре после пяти минут наступала быстрая смерть от анемии мозга, лёгких и сердечной мышцы, однако разрыва органов не наблюдалось.

С точки зрения интересов космонавтики было бы очень важно иметь возможность подвергать пассажиров максимальным перегрузкам в течение достаточно длительного промежутка времени; поэтому необходимо установить, при каких условиях наиболее легко переносится перегрузка. Известно, например, что

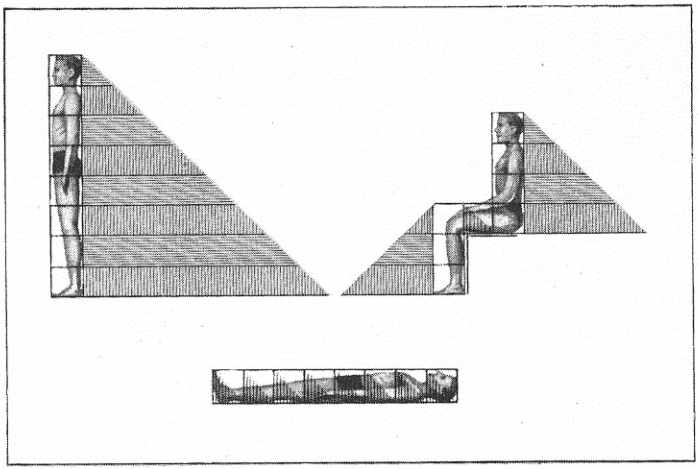


Рис. 5. При взлёте удобнее всего положение тела «лёжа». При таком положении усталость будет наименьшая. Заштрихованные площади изображают закон изменения нагрузки внутри каждого кубика.

человек в положении «стоя» больше всего ощущает тяжесть в ногах, в других же положениях ощущение тяжести, а также общая усталость тела будут иными. Так, утомление при сидячем положении меньше, чем при стоячем, а при лежачем ещё меньше. Это известное явление можно иллюстрировать следующим образом.

Возьмём 8 кубиков одинакового веса, например в 1 килограмм, и расположим их тремя различными способами, напоминающими различные положения человеческого тела (рис. 5). В положении «лёжа» все 8 кубиков касаются опоры, и в каждом из них давление изменяется от 0 до 1 килограмма в зависимости от расстояния рассматриваемого слоя от опоры. В среднем давление в каждом кубике равно 0,5 килограмма. Полную усталость можно в данном случае оценить произведением $0{,}5 \cdot 8 = 4$. Но в положении «сидя» или «стоя» давление во втором сверху кубике будет в среднем равно уже не 0,5, а 1,5 килограмма, так как на верхнее основание кубика действует вес в 1 килограмм, а на нижнее — вес в 2 килограмма. Рассуждая подобным образом дальше, мы найдём, что для случая «сидя» полную усталость можно оценить числом

$$(0{,}5 + 1{,}5 + 2{,}5 + 3{,}5) + 0{,}5 + (0{,}5 + 1{,}5 + 2{,}5) = 13,$$

а для случая «стоя» числом

$$0{,}5 + 1{,}5 + 2{,}5 + \ldots + 7{,}5 = 32,$$

т. е. в 8 раз больше, чем для положения «лёжа».

Этот пример даёт, конечно, только грубо приближённую картину физиологической усталости человека, так как наше тело неоднородно и очень сложно по устройству. Кроме того, большую роль играет и качественная сторона усталости, которая очень сильно зависит от характера опоры.

Поэтому нам кажется, что наиболее действительным средством для уменьшения усталости при всякого рода перегрузках было бы помещение человека в специальный индивидуально пригнанный футляр. Такой футляр не должен точно воспроизводить контуры тела, напротив, следовало бы принять в расчёт вызываемые перегрузкой деформации тела и сообразовать кривизну футляра с различными изменениями формы частей тела.

Необходимо, однако, подчеркнуть, что способность переносить большие перегрузки зависит от индивидуальных особенностей организма. Перегрузки, переносимые сравнительно легко одним человеком, для другого могут оказаться губительными. Но перегрузка порядка четырёх, повидимому, может переноситься при соблюдении осторожности большинством людей в течение нескольких минут. Поэтому все дальнейшие расчёты о космическом полёте нами ведутся в предположении, что коэффициент перегрузки при полёте не превышает четырёх.

Было бы желательно, чтобы спортивные общества поставили перед собой задачу тренировки спортсменов с целью установления выносливости человеческого организма на перегрузку как в отношении её интенсивности, так и в отношении длительности. Этот вопрос имеет очень большое значение не только для скоростной авиации (особенно для фигурных полётов), но и для космонавтики, так как чем бóльшие достижения будут получены в этой области, тем легче будет осуществить корабль для космического путешествия.

* * *

В обычных условиях, т. е. находясь на горизонтальной опоре, человек испытывает действие перегрузки, вызываемой силой притяжения к центру Земли. Коэффицент перегрузки в этом случае равен единице. В состоянии покоя ощущение перегрузки может исчезнуть в одном из трёх случаев: тело находится в центре планеты; тело расположено в такой точке пространства, в которой силы притяжения различных небесных тел в данный момент времени уравновешиваются; тело находится на бесконечно большом расстоянии от небесных тел. Впрочем, все эти случаи носят чисто теоретический характер.

Если во время космического полёта тело будет двигаться по инерции, то оно не будет испытывать перегрузки, так как

в этом случае ввиду отсутствия опоры одни частицы не могут давить на другие. В обыденной жизни полное отсутствие перегрузки может иметь место лишь при прыжке вверх или при свободном падении, но такое состояние может длиться всего несколько секунд. В самом деле, при падении в воздухе сопротивление его постепенно уменьшает возрастание скорости и в конце концов приводит к тому, что устанавливается постоянная скорость падения. В этом случае коэффициент перегрузки, равный нулю в начале падения, в дальнейшем непрерывно возрастает и достигает нормального значения, т. е. единицы, несмотря на продолжающееся падение; таким образом, здесь мы имеем дело по существу с несвободным падением, так как воздушная среда является своего рода опорой.

Достигнув за пределами атмосферы горизонтальной скорости около 8 километров в секунду, космический корабль уже не упадёт обратно на Землю, а будет обращаться около неё, как спутник, в течение сколь угодно большого времени, не расходуя топлива (см. стр. 102, 104 и след.). Так как при этом сила тяготения будет численно равна центробежной силе, то пассажиры ракеты не будут ощущать перегрузки. Пребывание на таком искусственном спутнике Земли даст возможность получить исчерпывающие сведения о влиянии длительного отсутствия перегрузки ещё до того, как будет осуществлён полёт на другие планеты.

Весьма важен вопрос о том, каким способом следует совершать переход к устранению перегрузки после того, как работа двигателя на космическом корабле будет не нужна: уменьшать ли перегрузку до нуля очень медленно и постепенно или же можно остановить двигатель без вреда для пассажиров сравнительно быстро. Повседневный опыт (прыжки, толчки и т. п.) даёт основание предполагать, что можно, повидимому, осуществить довольно резкий переход к нулевой перегрузке, более экономный с точки зрения расхода топлива в ракетном двигателе, чем постепенный переход.

На опыта парашютистов мы знаем, что отсутствие перегрузки в течение нескольких секунд вполне безвредно. Однако, оценивая условия межпланетного путешествия, которое может длиться целые годы, мы можем лишь строить более или менее обоснованные предположения, касающиеся самочувствия пассажиров при столь длительном отсутствии перегрузки.

Можно предполагать, что сердце будет действовать нормально, поскольку деятельность его сходна с механической работой насоса с замкнутым циклом и ему приходится лишь преодолевать сопротивление трения крови о стенки сосудов.

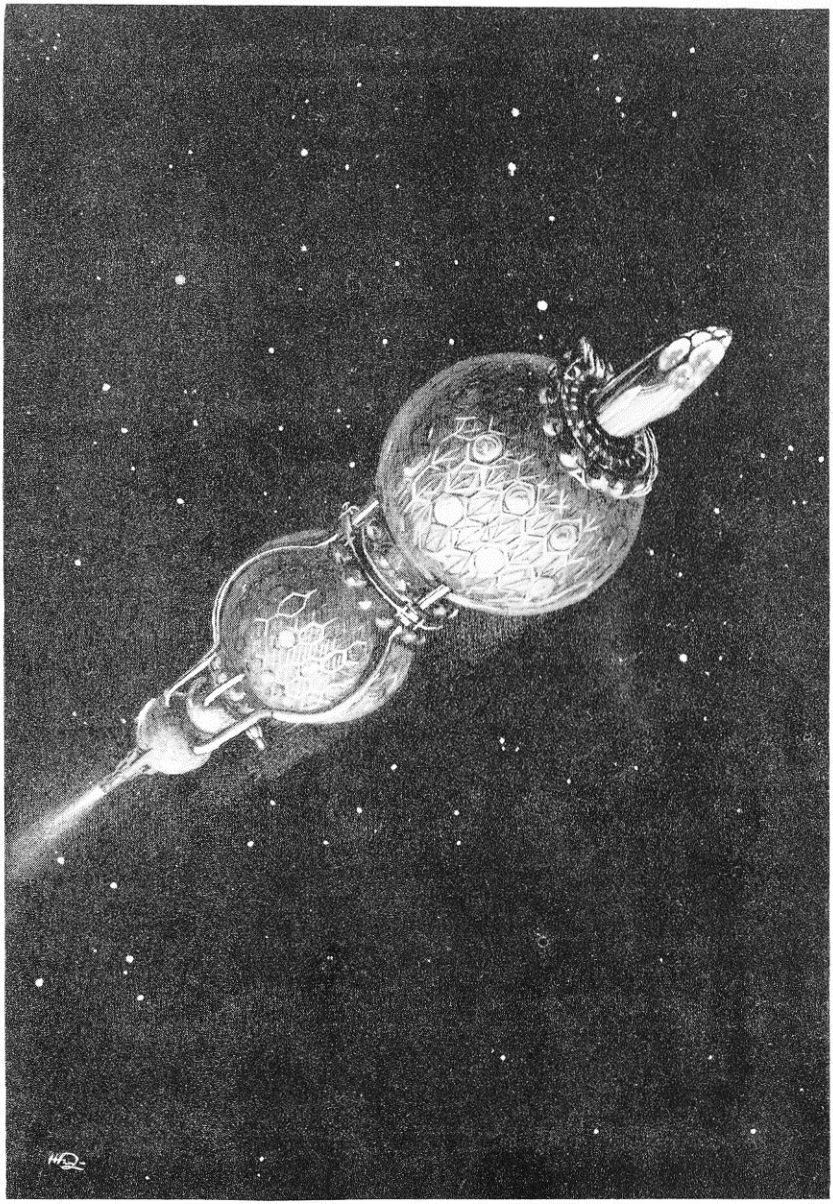


Рис. 6. Космический корабль в полёте. Его форма, необычная по сравнению с формой самолётов и земных ракет, объясняется тем, что в межпланетном пространстве сопротивление среды отсутствует и поэтому придание космическому кораблю удобообтекаемой формы является излишним.

Вопросы дыхания представляются более сложными. Например, при кратковременном падении обычно наблюдается задержка дыхания, если же полёт по инерции, который будет восприниматься человеком именно как падение, будет длиться долго, то, быть может, потребуется применение приборов для искусственного дыхания.

Приём пищи может производиться и при отсутствии тяжести, так как прохождение пищи обусловливается сокращением мускулов пищевода. Глотание жидких веществ может производиться даже в том случае, когда голова опущена ниже туловища (напомним, что четвероногие занимают такое положение при еде). Удаление экскрементов из организма обеспечивается работой мускулов кишечника.

В обычных условиях физиологические процессы совершаются при любых положениях тела — стоячем, сидячем и лежачем, следовательно, изменение положения органов тела относительно направления силы тяжести не оказывает существенного влияния на их работу. Известно, однако, что очень трудно долгое время держать голову опущенной ниже туловища. Это показывает, что при некоторых необычных положениях тела сила тяжести вредно действует на организм, но из этого нельзя делать вывода, что для других положений тела наличие силы тяжести необходимо. Наоборот, основываясь на том, что большинство физиологических функций совершается под действием мускульных сил, осмотических процессов и т. п., мы имеем все основания надеяться, что отсутствие перегрузки не внесёт существенного расстройства в деятельность организма. Кроме того, при отсутствии тяжести никакое положение организма не может являться специально вредным.

Что касается психологических ощущений при полёте в мировом пространстве с неработающим двигателем, то можно думать, что они будут сходны с ощущениями парашютиста, по крайней мере в первые минуты или часы.

***

Итак, в нашем распоряжении ещё нет опытных доказательств того, что при отсутствии перегрузки человек будет чувствовать себя вполне нормально. Возможно, что для этого понадобятся меры медицинского характера, которые, впрочем, не устранят опасности атрофии большинства мышц.

Радикальным решением вопроса было бы искусственное создание перегрузки, которая заменила бы эффект сил тяжести, если бы отсутствие последней оказалось губительным для человеческого организма.

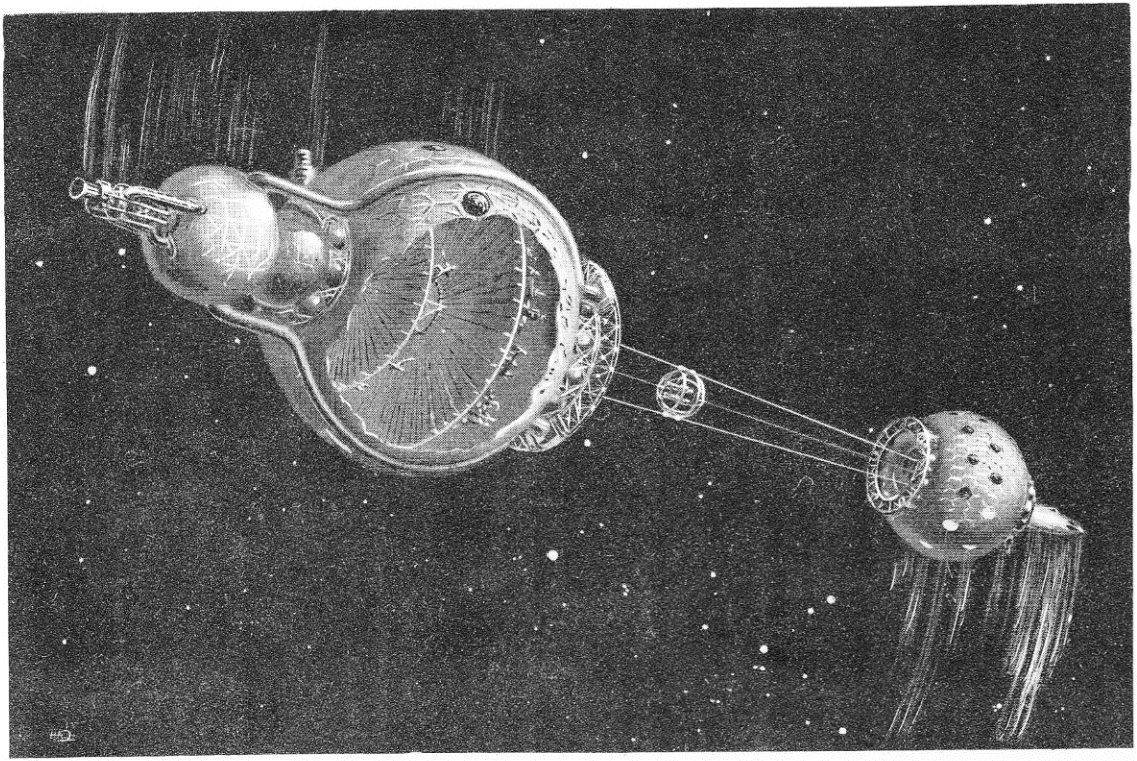


Рис. 7. Создание на космическом корабле искусственной тяжести: две части космического корабля, соединённые тросами, приводятся во вращательное движение вокруг общего центра масс.

На первый взгляд проще всего создать искусственное «поле тяготения», поддерживая непрерывную работу двигателя хотя бы на пониженной мощности. Однако такой способ потребовал бы непомерного расхода топлива. Между тем, существует чрезвычайно простой способ создания искусственной тяжести, а именно — вращение космического корабля.

В конце прошлого века Гансвиндт опубликовал проект космического корабля. В этом проекте для создания искусственной тяжести предусмотрено вращение пассажирской каюты. Недостаток проекта состоит в том, что вследствие малых размеров каюты её пришлось бы вращать очень быстро, а это могло бы повлечь за собой всякого рода физиологические расстройства.

Однако ещё ранее Гансвиндта К. Э. Циолковский (в 1895 г.) высказал идею о более совершенном способе создания искусственной тяжести. Согласно этой идее, развитой впоследствии другими исследователями, аппарат должен состоять из двух соединённых между собой частей, которые взлетают как одно целое (рис. 6); в нужный момент эти части отделяются одна от другой, оставаясь, однако, связанными друг с другом тросами (рис. 7), и затем при помощи небольших ракетных двигателей приводятся в круговое движение около их общего центра тяжести. Очевидно, что после достижения системой требуемой скорости вращения в безвоздушной среде вращение будет продолжаться по инерции без участия двигателей.

* *
*

Из сказанного выше видно, что с физиологической точки зрения не будет препятствий к осуществлению межпланетных путешествий. Во время работы ракетного двигателя человек сумеет, по всей вероятности, перенести ускорение в 40 метров в секунду за секунду (коэффициент перегрузки 4,1) в течение нескольких минут. Это позволит сообщить ракете космическую скорость при достаточно экономных условиях работы ракетного двигателя.

Что же касается полёта по инерции, последующего за полётом с включённым двигателем, то на сегодняшний день мы не вполне уверены, что отсутствие тяжести в течение длительного периода времени будет безвредным для человеческого организма. Но и отрицательный результат не явится ещё помехой для завоеваний космического пространства, так как технически вполне возможно создать ощущение тяжести при помощи вращательного движения.

НА ПУТИ ОТ УТОПИИ К НАУКЕ О КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЁТЕ

Воздухоплавание и авиация не способны решить проблему межпланетного полёта, так как ни аэростат, ни самолёт не могут вылететь за пределы атмосферы. Высота же атмосферы ничтожно мала даже по сравнению с расстоянием до ближайшего к нам небесного тела — Луны, отдалённой от нас в среднем на 384 400 километров (рис. 8). В связи с этим не лишне вспомнить, что воздушные змеи поднимаются на высоту до 9 километров, самолёты — свыше 18, стратостаты — до 22, шары-зонды — до 43 километров, а реактивные снаряды «Фау-2» при вертикальном запуске — почти до 200 километров (рис. 9) [1].

* * *

Лет триста тому назад французы Мерсенн и Пти выстрелили из пушки прямо вверх, чтобы проверить, упадёт ли при этом снаряд обратно на Землю. Но все снаряды, которые были выпущены, бесследно исчезли. Наивные артиллеристы решили, что их снаряды улетели прямо в космическое пространство. Даже Декарт считал этот «факт» совершенно естественным.

В действительности дело обстояло гораздо проще. Пушка Мерсенна и Пти не стояла строго вертикально, самый ствол её не был точно центрирован, и к тому же между снарядом и стенками ствола, как и у всех пушек того времени, был изрядный зазор. Из-за всего этого снаряды отклонялись от вертикального направления и, описав в воздухе крутую дугу, падали далеко в стороне от недостаточно наблюдательных экспериментаторов. (В связи с этим заметим, что даже при строго вертикальной стрельбе из современных орудий снаряд не может упасть обратно в точку выстрела, так как его движение отклоняется от строго вертикального вследствие вращения Земли.)

[1]) На рис. 9 изображена ракета в полёте, не достигшая ещё своего потолка. Потолок других летательных аппаратов отмечен их верхним краем.

Конечно, маломощная пушка XVII века не могла выбросить снаряд с космической скоростью. Но, может быть, это могут сделать современные мощные пушки? Если же нет, то можно ли всё-таки построить такую гигантскую пушку, которая выбросила бы снаряд за пределы поля земного тяготения?



Рис. 8. Если бы лётчику удалось добраться до границ атмосферы, то этим он приблизился бы к Луне настолько же, насколько человек, поднявшись на цыпочки, стал бы ближе к вершине Эйфелевой башни (высота 300 метров).

Оказывается, при современном уровне техники это абсолютно невозможно по следующим причинам. В пороховых пушках сгорание заряда приводит к образованию в короткий промежуток времени большого количества газов, которые и выбрасывают снаряд. Очевидно, что при отсутствии снаряда истечение газов из дула происходило бы со скоростью, большей скорости снаряда. Другими словами, скорость снаряда не может быть больше, чем скорость частиц газов, производящих выстрел. Между тем, ни у одного из известных взрывчатых веществ продукты сгорания не достигают и — при любых усовершенствованиях — не могут достигнуть даже той скорости, которая необходима для превращения снаряда в спутника Земли (около 8 километров в секунду). Даже в пустоте самый мощный поток газов не мог бы подняться на высоту, большую 300—900 километров ($^{5}/_{100}$—$^{15}/_{100}$ радиуса Земли); потолок же снаряда был бы, очевидно, ещё ниже (рис. 10).

Допустим, однако, что со временем будет найдено взрывчатое вещество нужной мощности. Тогда возникнет новая непреодолимая трудность: найти соответствующий материал для постройки пушки. В самом деле, температура движущихся газов, при их громадной скорости, будет так высока, что любой из известных материалов превратится в пар.

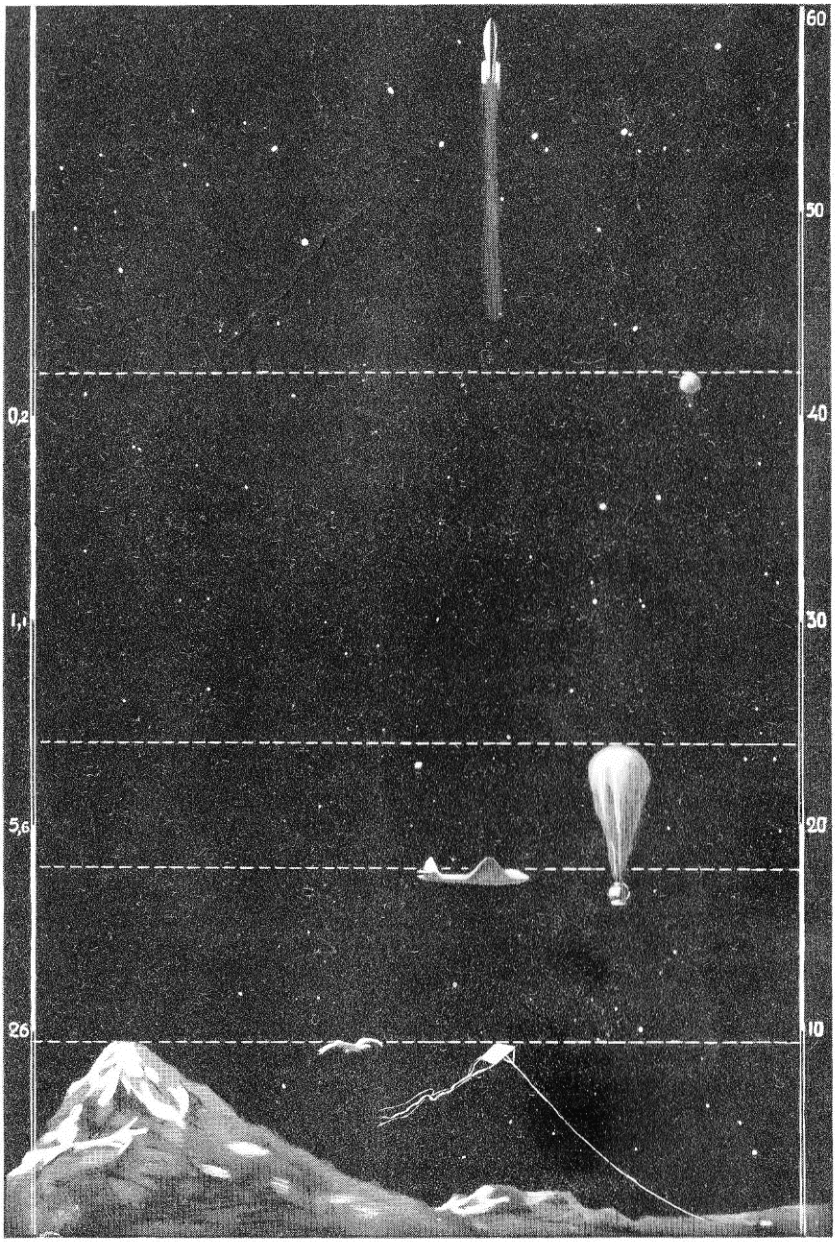


Рис. 9. Максимальные высоты, достигнутые при помощи разных аппаратов.

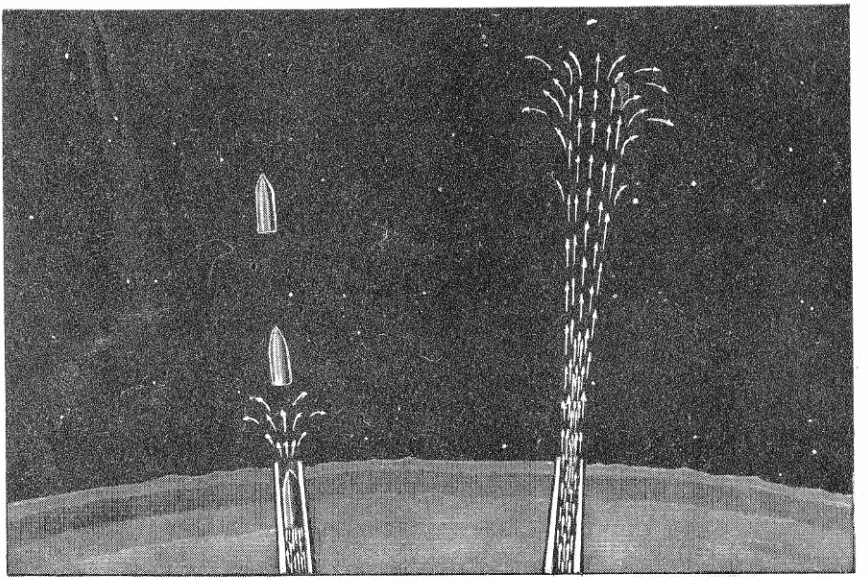


Рис. 10. Даже в пустоте самый мощный поток газов не мог бы подняться на высоту, большую 300—900 километров (0,05—0,15 радиуса Земли). Потолок снаряда был бы ещё ниже.

Несколько по-иному обстоит дело с электромагнитной пушкой: ведь она стреляет без пороха!

***

Как же действует электромагнитная пушка?

Известно, что если по какому-нибудь проводнику, изогнутому в виде спирали (так называемый соленоид), пустить электрический ток, то внутри спирали возникнет магнитное поле. Соленоид, как и всякий магнит, притягивает стальные предметы, втягивает их в себя. Теперь представим себе длинный канал, стенки которого представляют собой сплошной ряд соленоидов. Это и будет электромагнитная пушка.

Снаряд из магнитной стали втягивается в ствол такой пушки первым, крайним, соленоидом. Войдя в ствол, снаряд пролетает некоторое расстояние и, нажимая на специальный контакт, автоматически включает ток во втором соленоиде. Второй соленоид тянет снаряд дальше, сообщая ему дополнительную скорость. Двигаясь таким образом внутри ствола и включая один соленоид за другим, снаряд набирает всё бóльшую и бóльшую скорость и, наконец, вылетает наружу.

Очевидно, что здесь нет никакого предела для увеличения скорости. Нужно только располагать достаточным количеством

соленоидов, и тогда снаряду можно сообщить любую скорость вылета.

Но если скорость космического снаряда будет очень быстро и резко возрастать, то что произойдёт с людьми, которые в нём находятся? В жюльверновской пушке, где космическая скорость сообщается в течение ничтожной доли секунды (0,04 секунды), следовательно, возникает громадное ускорение, путешественников ожидает неминуемая смерть, так как чудовищная перегрузка придавит их к полу снаряда, как мощный пресс.

Правда, можно уменьшить ускорение путём удлинения ствола. Уже Жюль Верн предложил ствол чрезвычайной длины: около 300 метров. Но даже и при длине ствола в 3000 метров толчок, который испытали бы пассажиры при выстреле, был бы ещё слишком силён и слишком длителен для того, чтобы человек мог его безвредно перенести.

Какова же должна быть длина горизонтального туннеля-соленоида, чтобы снаряд при вылете из него имел скорость 8 километров в секунду, достаточную для превращения его в спутника Земли?

Мы видели, что ускорение, которое способен перенести человек в течение нескольких минут без вреда для здоровья, примерно в 4 раза больше земного ускорения на уровне моря. В таком случае простой расчёт показывает, что длина электромагнитной пушки должна быть не меньше 823 километров. Даже в том случае, если бы человек мог перенести без опасности для жизни перегрузку, равную 15, то и тогда длина электромагнитной пушки должна была бы составлять около 213 километров. Не следует забывать, что речь идёт о наименьшей из космических скоростей, достаточной только для превращения снаряда в спутника Земли. Для полёта же на Луну длину туннеля пришлось бы почти удвоить.

При осуществлении космических пушек пришлось бы столкнуться и с другими затруднениями. При движении снаряда внутри описанного выше туннеля, вообще говоря, можно было бы избежать потерь на сопротивление воздуха, удалив воздух из туннеля и закрыв выход лёгкой крышкой, которая не препятствовала бы вылету снаряда. Однако в момент вылета из пушки снаряд, летящий с чудовищной скоростью, испытал бы необычайной силы удар о воздух. Избежать удара можно в том случае, если конец туннеля будет выходить в верхние, разрежённые слои атмосферы. Но даже если бы наш 213-километровый туннель заканчивался где-нибудь на вершине Эвереста, на высоте 9 километров над уровнем моря, то это уменьшило бы сокрушительный воздушный удар всего лишь в два раза. Много проще избежать резкого замедления снаряда в воздухе и

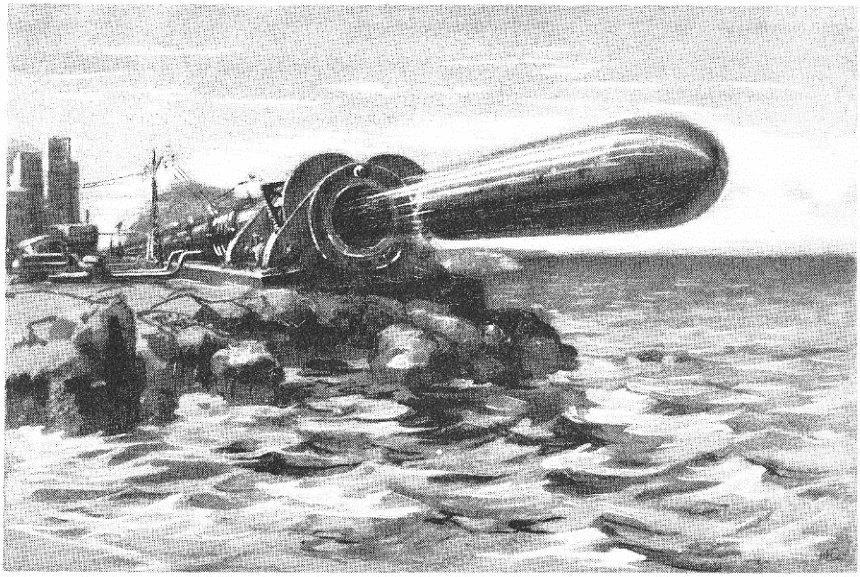


Рис. 11. Электромагнитная пушка позволяет выбросить снаряд с ускорением, безопасным для человека, но для предупреждения вторичной перегрузки от удара о воздух при вылете из ствола пришлось бы сделать снаряд чрезвычайно тяжёлым и длинным.

связанной с этим опасной для организма перегрузки, если сделать снаряд чрезвычайно длинным и тяжёлым (рис. 11). Тогда даже у поверхности моря удар не получится губительным. Наконец, недостатком электромагнитной пушки является её громоздкость, требующая стационарной установки, а следовательно, и применения в заранее определённом месте.

Тем не менее, электромагнитной пушкой безусловно можно воспользоваться для выпуска в межпланетное пространство не только пустого снаряда, но и снаряда с пассажирами. Однако для изменения скорости и направления движения такого снаряда в мировом пространстве понадобился бы ракетный двигатель.

***

Проекты посылки снарядов в мировое пространство с помощью пращи и кругового туннеля имеют довольно большую популярность, так как осуществление их на первый взгляд кажется довольно лёгким.

По предложению многих изобретателей космическую пращу можно осуществить таким образом: снаряд укрепляется на ободе громадного махового колеса, которое приводится в быстрое вращение. В необходимый момент снаряд

освобождают от удерживающей его связи, после чего, оторвавшись от маховика, снаряд по инерции будет продолжать путь по касательной к окружности маховика с той же скоростью, какую он имел в момент освобождения.

Этот проект был подвергнут критике рядом инженеров, которые справедливо указали на то, что колесо при очень быстром вращении неизбежно разорвётся под действием чудовищной центробежной силы (рис. 12). В самом деле, для того чтобы сделаться спутником Земли, снаряд в момент отрыва от маховика должен иметь скорость около 8 километров в секунду. Очевидно, это возможно лишь в том случае, если каждая точка на ободе маховика будет вращаться с такой же громадной скоростью. Для сравнения укажем, что у самых быстроходных современных паровых турбин окружная скорость вращения лопаток не превышает 400—600 метров в секунду. Для того чтобы маховик, даже не загруженный снарядом, не разорвался при окружной скорости в 8 километров в секунду, ему следовало бы придать невероятные формы и размеры: на ободе он должен был бы иметь толщину всего в миллиметр, а у оси... в несколько километров. Добавим, что такие размеры получаются при условии, что собственным весом маховика можно пренебречь. Эти соображения устраняют необходимость дальнейшего разбора проекта космической пращи в целом.

Вместо космической пращи другие изобретатели предлагают применить круговой туннель. Они рекомендуют построить круговой двухрельсовый путь внутри герметически закрытого туннеля диаметром до 20 километров, из которого выкачивается воздух для устранения сопротивления среды. Космический корабль устанавливается на салазках, приводимых в движение электричеством и скользящих своими полозьями по рельсам, которые густо смазаны маслом. После того как салазки, пробежав туннель несколько раз, наберут внутри него необходимую скорость, они переводятся с помощью стрелки на прямолинейную ветку, идущую под некоторым углом вверх. Пробежав эту ветку до конца, корабль унесётся в мировое пространство (рис. 13).

Эти изобретатели считают, что их круговой туннель решает вопрос о межпланетных путешествиях. Однако это совсем не так. В круговом туннеле будет действовать всё та же центробежная сила, которая вызовет перегрузку, в десятки раз превышающую допустимую для человеческого организма; эта перегрузка раздавит пассажиров космического корабля раньше, чем его переведут на прямолинейную ветку.

Проект кругового туннеля в принципе похож на проект электромагнитной пушки. И многим этот проект понравился: казалось, что замена длинного прямолинейного ствола пушки

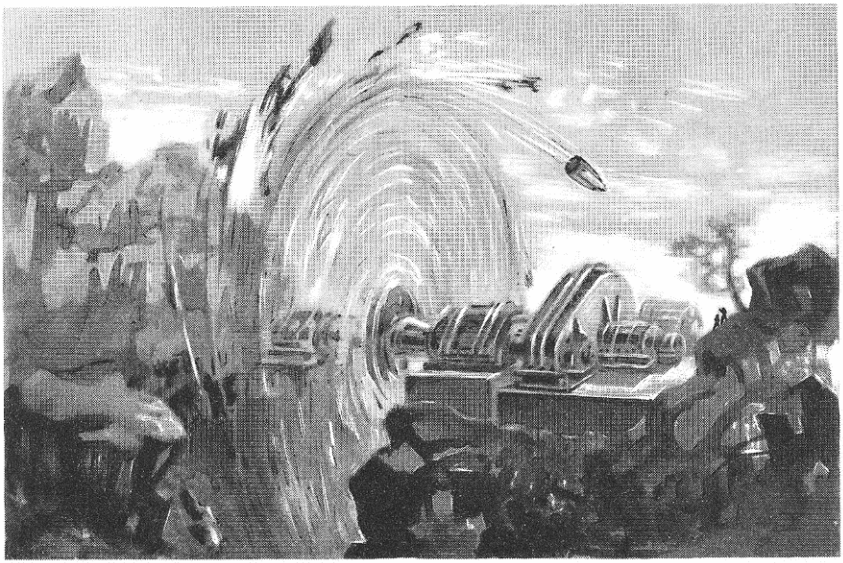


Рис. 12. Предлагалось сообщить снаряду космическую скорость, прикрепив его к ободу громадного колеса. Однако при очень быстром вращении колесо неизбежно разорвётся под действием чудовищной центробежной силы.

более коротким круговым каналом, в котором снаряд может сделать до вылета несколько оборотов, вполне решает поставленную задачу. Жестокое заблуждение! Согласно проделанным нами расчётам круговой туннель пришлось бы сделать, по крайней мере, в двенадцать с половиной раз длиннее, чем канал прямолинейной пушки (рис. 13). Только в этом случае, т. е. при длине кругового туннеля свыше 10 000 километров и при диаметре в 3300 километров, линейная скорость корабля нарастала бы так, что коэффициент перегрузки, связанный с вращательным движением, не превышал бы 4, следовательно, пассажирам не угрожала бы опасность быть раздавленными.

Таким образом, необходимо раз навсегда отказаться от осуществления проектов космической пращи и кругового туннеля для вылета за пределы Земли.

* * *

Уже давно астрономы обратили внимание на то, что хвост кометы, когда она проходит мимо Солнца, отбрасывается в сторону. Ещё Кеплер в 1619 году высказал мысль о том, что на хвост кометы давят солнечные лучи. Но только в 1901 г. знаменитый русский физик П. Н. Лебедев впервые доказал опыт-

ным путем, что световые лучи действительно оказывают давление. После этого в существовании светового давления не приходилось больше сомневаться.

Некоторые учёные указывали на теоретическую возможность использования давления солнечных лучей для перемещения космического корабля в межпланетном пространстве.

Какова же величина давления солнечных лучей? Наиболее сильное давление лучи света оказывают на поверхность, полностью их отражающую, т. е. на поверхность, представляющую собой идеальное зеркало. Расчёты показывают, что такую поверхность, помещённую на Земле, солнечные лучи отталкивают с силой, равной приблизительно 1 миллиграмму на квадратный метр. Ясно, что это — совершенно ничтожная сила.

Отсюда видно, что применение солнечного давления для космических полётов бесполезно. Так, например, для того, чтобы давление света на серебряную пластинку было больше её веса на поверхности Земли, необходимо, чтобы толщина её была меньше 0,000 000 1 миллиметра, что совершенно неосуществимо. Впрочем, из такой сверхпаутины и невозможно построить космический корабль.

Можно считать, что вес космического корабля, приходящийся на один квадратный сантиметр его лобовой площади[1]), будет не меньше одного грамма. Допустим, что такой корабль унесён в мировое пространство и движется по орбите Земли. Тогда, под давлением солнечных лучей, он наберёт в течение полного года такую же скорость, как при падении на Землю в течение трёх секунд. Вполне понятно, что такие корабли строить нецелесообразно.

* * *

Очевидно, что самое сложное в межпланетном путешествии — это преодолеть силу притяжения Земли. Некоторые исследователи задумывались над тем, нельзя ли уже на самой Земле как-нибудь избавиться от земного притяжения и тем самым сделать корабль сразу совершенно невесомым.

Ещё в конце XVIII века астроном Лаплас высказал мысль о том, что существуют особые «лучи тяготения» — по примеру лучей световых, тепловых и т. п. В самом деле, между действием силы тяготения и света есть известное сходство. Все мы отлично знаем, что чем больше предмет удалён от источника света, тем он слабее освещён. Если лист бумаги находится на расстоянии 1 метра от лампы, а потом мы отодвинем его на расстояние 2 метров, то освещённость его уменьшится в четыре раза;

[1]) Так называется площадь проекции тела на плоскость, перпендикулярную к направлению движения.

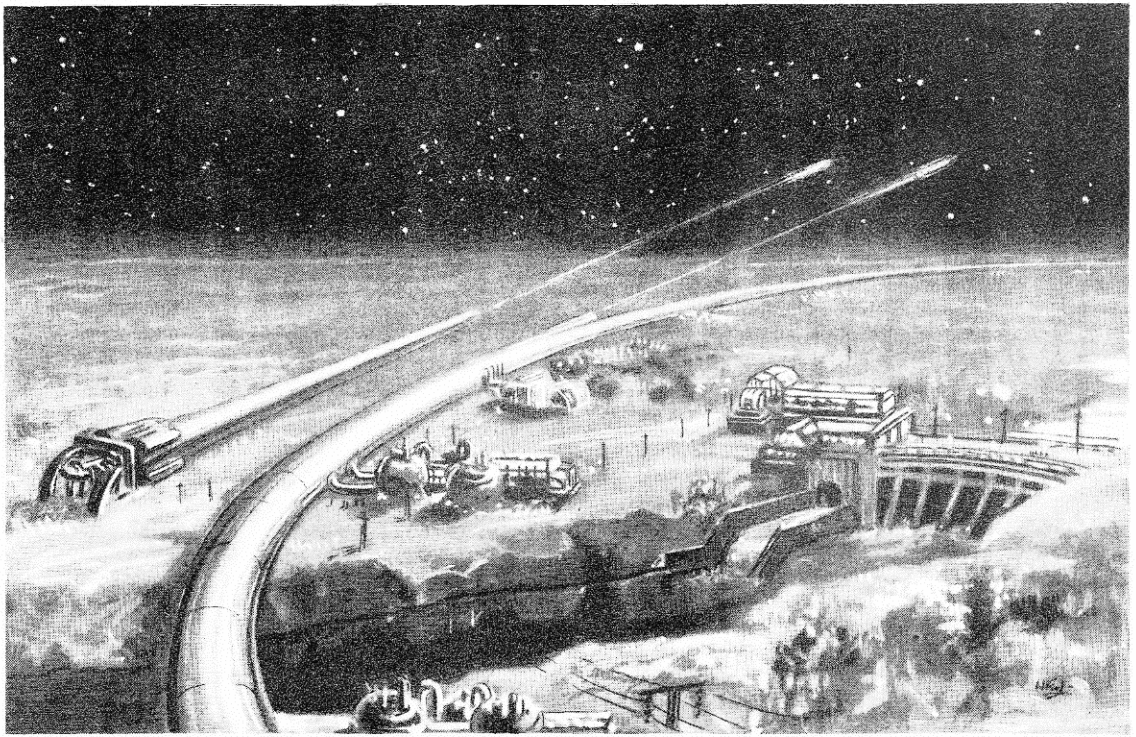


Рис. 13. Казалось бы, что, сделав туннель круговым, можно значительно укоротить его по сравнению с прямолинейным туннелем. Однако для того чтобы перегрузка при разгоне в круговом туннеле была такой же, как в прямолинейном туннеле, круговой туннель должен быть в 12,6 раза длиннее прямолинейного.

на расстоянии 3 метров освещённость будет уже в девять раз меньше и т. д. Вообще, освещённость изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния предмета от источника света.

Но по такому же точно закону изменяется и действие силы тяготения. Не следует ли отсюда, что существуют особые «лучи тяготения» и нельзя ли от них заслониться, как заслоняются, например, от света непрозрачным предметом?

Для каждого рода лучей есть свои непрозрачные вещества. Так, кварц отлично пропускает световые лучи, но не пропускает невидимых тепловых лучей. Если впереди и позади кварцевой пластинки, освещённой солнцем, поставить по термометру, то термометр, заслонённый пластинкой, будет показывать температуру, значительно меньшую, чем незаслонённый, хотя освещённость обоих термометров будет почти одинакова. Толстые пластинки свинца непроницаемы для рентгеновских лучей, тогда как сквозь ткани человеческого тела эти лучи легко проходят. Нельзя ли найти такую преграду, сквозь которую не проходили бы и «лучи тяготения»? Если бы такая преграда была найдена, то мы получили бы на Земле полосу особой «тени», в которой сила тяготения не ощущалась бы вовсе. Космическому кораблю, стоящему в такой «тени», достаточно было бы сообщить лишь начальный толчок для того, чтобы вывести его из состояния покоя и отправить в мировое пространство.

Но из законов механики следует, что для переноса какого-либо тела на планете в пространство, защищённое экраном от действия силы тяготения, должна быть выполнена такая же работа, какая необходима для удаления того же тела с поверхности планеты в бесконечность. Таким образом, применение экрана не даёт никакого выигрыша в смысле экономии энергии. Однако задача вылета аппарата в мировое пространство всё же была бы чрезвычайно облегчена, так как перенесение аппарата в область, защищённую экраном от сил тяготения, могло бы производиться на Земле с помощью такого механизма, в котором умеренная мощность двигателя сочеталась бы с достаточной продолжительностью всей операции. Более того, если бы удалось создать экран, хотя бы частично ослабляющий тяготение, то и это имело бы огромное практическое значение. Посмотрим, однако, что говорит опыт о возможности существования экрана тяготения.

Ряд учёных посвятил целые годы своей жизни попытке обнаружить поглощение «лучей тяготения» какой-либо преградой. И хотя они имели в своём распоряжении тончайшие приборы, все эксперименты оказались безрезультатными.

К. Майорана, например, вёл исследования более десяти лет. Между прочим, он проводил взвешивание свинцового шара

весом в 1,272 килограмма сначала в воздухе, а затем в ванне с ртутью, вес которой составлял 104 килограмма. Оказалось, что истинный вес свинцового шара, окружённого ртутью, уменьшился только на 0,001 миллиграмма. В других опытах Майорана получил ещё меньшую разницу в весе.

С точки зрения теории тяготения, основанной на принципе относительности Эйнштейна, все эти попытки и не могли привести к положительному результату. В самом деле, из теории тяготения следует, что никакой экран не может ни изменить, ни тем более устранить силу тяготения. Астрономические наблюдения подтверждают этот вывод: даже такой мощный экран, каким является планета Юпитер, нисколько не ослабляет воздействия Солнца на движение спутников Юпитера.

Всё это приводит к заключению, что попытки решить проблему космического полёта путём поисков экрана тяготения заведомо обречены на неудачу. Итак, нам придётся бороться с силой тяготения другими средствами.

***

Мы убедились, что многие проекты межпланетных сообщений, казавшиеся на первый взгляд легко осуществимыми, на самом деле являются несбыточными. Но значит ли это, что мы никаким способом не сумеем проникнуть в мировое пространство? Нет, не значит.

Во-первых, постройка космической электромагнитной пушки хотя и является делом чрезвычайно сложным, но все-таки отнюдь не неосуществимым.

Во-вторых, существует простой аппарат, который употребляется для иллюминации в мирное время, а также для сигнализации во время войны. Это — ракета. Она взлетает в небо без всяких катапульт, пушек и прочих механических приспособлений. Во время второй мировой войны ракета нашла широкое применение и для боевых целей — в качестве боевых снарядов весьма разрушительной силы. Многочисленные теоретические соображения и расчёты показывают, что не существует никаких принципиальных препятствий к тому, чтобы использовать ракету достаточно больших размеров в качестве космического корабля. На практике, конечно, придётся иметь дело с большими трудностями, но они безусловно преодолимы. Некоторые работы в этой области уже ведутся различными исследователями, и нам кажется, что не так уже далёк тот день, когда человек впервые покинет пределы своей родной планеты и отправится в далёкие просторы вселенной.

РАКЕТА РЕШАЕТ ВОПРОС МЕЖПЛАНЕТНЫХ ПУТЕШЕСТВИЙ

Обычно движение тел возможно благодаря реакции окружающей внешней среды. Так, например, если бы не было трения колёс о рельсы или подошв ног о мостовую, паровоз и человек не могли бы сдвинуться с места. На совершенно ином принципе основано движение ракеты. Ракета может двигаться и в пустоте, где отсутствует внешняя по отношению к ракете среда. Что же тогда позволяет ракете «отталкиваться» и двигаться вперёд? Оказывается, та же реакция, но реакция не внешней среды, а того вещества, которое ракета несёт с собою и при полёте выбрасывает из себя.

Другой особенностью ракеты является возможность двигаться с весьма малым ускорением в течение большого промежутка времени. Это даст возможность уносить в мировое пространство живые существа без вреда и опасности для жизни и в то же время позволит преодолеть сопротивление воздушной оболочки Земли с незначительной затратой энергии, так как в пределах атмосферы скорость ракеты будет ещё мала.

***

Ракета представляет собой бескрылый летательный аппарат или снаряд, получающий в начале своего движения в течение короткого промежутка времени большую скорость при помощи реактивного двигателя. Остальной путь ракета совершает по инерции, за счёт приобретённой кинетической энергии.

Реактивным двигателем, или точнее, двигателем прямой реакции, называется такой двигатель, действие которого основано на силе реакции вещества, выбрасываемого из двигателя. Этим веществом в ракете являются газы, образующиеся при сгорании. Газы, вырываясь наружу с большой скоростью через специальное отверстие, толкают ракету в направлении, противоположном истечению [1]).

[1]) О воздушно-реактивном двигателе см. стр. 71.

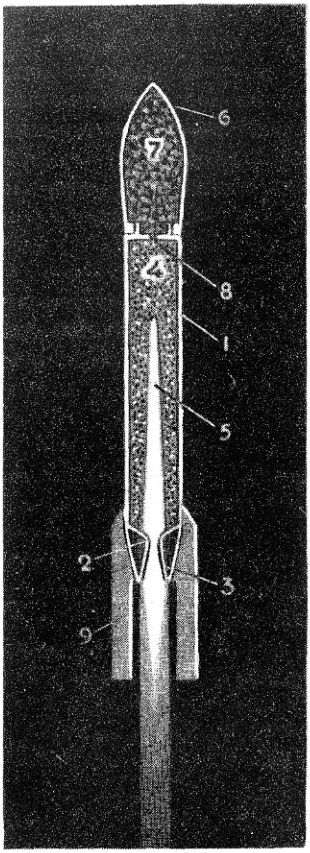


Рис. 14. Пороховая ракета. При сгорании движущего порохового заряда *4* образуются газы, которые вырываются наружу через сопло *3* и своей реакцией толкают ракету вперёд.

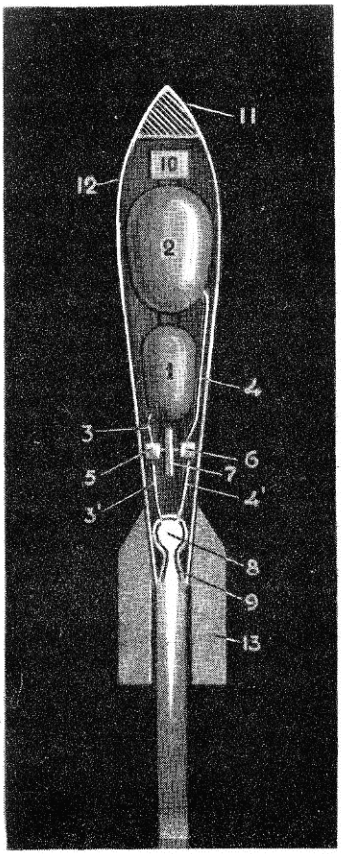


Рис. 15. Жидкостная ракета. Горючее и окислитель, находящиеся в отдельных баках (*1* и *2*), подаются в камеру сгорания *3*. Образующиеся здесь газы при своём истечении наружу толкают ракету вперёд.

Ракеты бывают пороховые и жидкостные.

Пороховая ракета состоит из цилиндрической гильзы *1* (рис. 14), имеющей на нижнем конце узкое отверстие *2*, к которому присоединяется сопло *3* — длинный расширяющийся насадок. Сопло обеспечивает более правильное истечение струи газов, образующихся при сгорании движущего порохового заряда *4*, которым плотно набита гильза ракеты. Для того чтобы пороховой заряд сгорал параллельными слоями, в нём устроен конический канал *5*. В головке ракеты *6*

помещается полезный груз, обычно разрывной или светящий заряд *7*. После сгорания движущего заряда огонь передаётся через отверстие или канал *8* заряду, запрессованному в головке ракеты. Устойчивость ракеты в полёте обеспечивается плавниковыми стабилизаторами *9*.

В жидкостной ракете (рис. 15) выбрасываемая струя газов, сообщающая ракете движение, образуется от сгорания жидкого горючего, которое помещается в баке *1*. В отдельном баке *2* помещается окислитель для сжигания горючего. Через трубки *3*, *3'* и *4*, *4'* насосы *5* и *6*, приводимые в движение турбиной *7*, перегоняют горючее в камеру сгорания *8*. Из этой камеры продукты сгорания выбрасываются с большой скоростью через сопло *9* наружу. Запуск ракеты производится при помощи пускового агрегата *10*. Полезный груз обычно помещается в носовой части ракеты *11*. Все компактно расположенные детали жидкостной ракеты заключаются в удобообтекаемый корпус *12*, снабжённый для устойчивости плавниковыми стабилизаторами *13*, а иногда — автоматически управляемыми рулями.

Таким образом, движение ракеты, как и обычное движение, объясняется третьим законом Ньютона, согласно которому действие всегда равно противодействию, или иначе — взаимодействия двух тел друг на друга равны между собой и направлены в противоположные стороны.

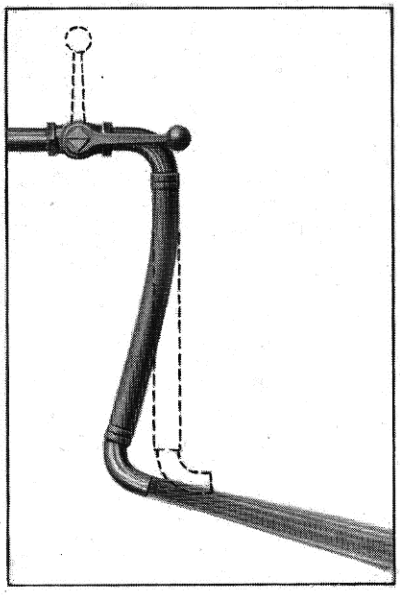


Рис. 16. Опыт, поясняющий действие реактивного двигателя: если открыть водопроводный кран, то резиновая трубка, надетая на кран, отклонится назад под влиянием силы реакции вытекающей струи.

Принцип действия реактивного двигателя можно наглядно показать на следующих простых опытах.

Присоединим к водопроводному крану резиновую трубку, в другой конец которой вставлено колено, согнутое под прямым углом (рис. 16). Как только мы откроем кран, резиновая трубка под влиянием силы реакции вытекающей струи отклонится назад. Чем сильнее струя воды, т. е. чем больше скорость истечения, тем больше отклоняется трубка от вертикального положения.

Поставим на рельсы лёгкую тележку, а на тележку — сосуд

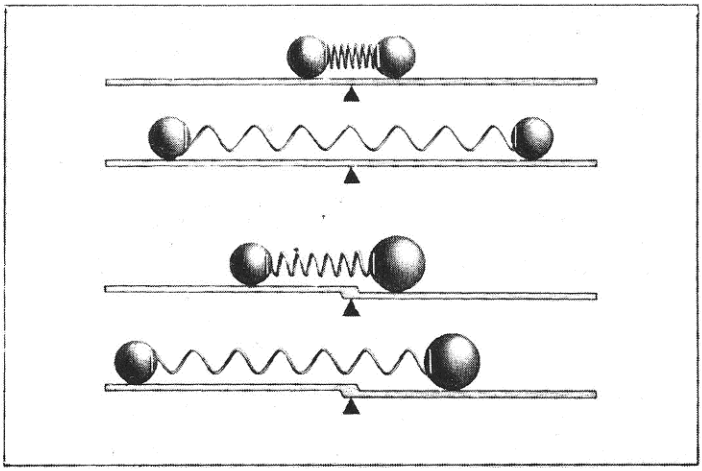


Рис. 17. Наглядное пояснение закона сохранения положения центра масс: шары, отброшенные пружиной в разные стороны, движутся так, что их общий центр масс остаётся в покое.

с водой, в задней стенке которого внизу сделано отверстие с задвижкой. Если открыть задвижку, то вода будет вытекать в одном направлении, а сама тележка вместе с сосудом будет перемещаться в обратном направлении. Если тележку удерживать на месте с помощью пружины, то легко измерить величину силы реакции струи. Допустим, что до начала опыта давление воды на уровне отверстия равно 100 граммам на квадратный сантиметр. Тогда, как показывает расчёт и как подтверждает опыт, реакция струи равна 200 граммам на квадратный сантиметр, т. е. удвоенному давлению на площадь, равную сечению струи воды.

Движение частей тела, сначала составлявших одно целое, а затем вследствие действия внутренних сил начавших двигаться в разные стороны из состояния покоя, происходит так, что их общий центр масс (или центр тяжести) при отсутствии внешних сил и сопротивления среды сохраняет своё положение неизменным [1]). Если же до разделения системы на части она уже двигалась прямолинейно и равномерно, то после разделения её общий центр масс сохраняет своё прежнее прямолинейное и равномерное движение.

---

[1]) Отсутствие внешних сил не всегда обязательно; они могут существовать, но их проекции на направление движения должны быть равны нулю. Именно такой случай имеет место в приводимом ниже примере с шарами, где сила тяжести перпендикулярна к направлению движения.

Закон сохранения движения центра масс иллюстрируется следующим простым опытом: на гладкой доске лежат два неодинаковых по весу шара (рис. 17, внизу), связанных между собой ниткой, на которую надета сжатая пружина, стремящаяся оттолкнуть шары друг от друга. Вся система находится в равновесии. Если пережечь нитку, то пружина оттолкнёт одновременно оба шара, причём скорость более тяжёлого шара будет во столько раз меньше скорости более лёгкого шара, во сколько раз масса тяжёлого шара больше массы лёгкого. В результате такого движения обоих шаров их общий центр тяжести останется в покое. Если оба шара имеют одинаковую массу, то их скорости после отталкивания будут одинаковыми.

Сделанное выше предположение об отсутствии внешних сил и сопротивления строго оправдывается только при движении в мировом пространстве, вдали от небесных тел, т. е. в свободном пространстве. В поле тяготения общий центр масс разлетевшихся на куски частей тела, если пренебречь сопротивлением воздуха, движется по той же траектории, по которой двигался бы центр масс неразлетевшегося тела. Так, например, центр тяжести осколков разорвавшегося в воздухе снаряда продолжал бы, при отсутствии сопротивления воздуха, двигаться по той же параболе, по которой двигался бы центр тяжести неразорвавшегося снаряда.

***

Допустим, что внутренняя сила взрыва отбрасывает одну часть тела от другой; затем оставшаяся масса опять отбрасывает долю своей массы и т. д. Используя этот принцип, мы можем получить своеобразную «пулемётную» ракету с пульсирующим двигателем, причём после каждого нового отбрасывания массы скорость ракеты будет увеличиваться.

Величина отношения отбрасываемой при каждом взрыве массы к остающейся массе имеет очень большое значение для расхода топлива. Чем меньше это отношение, тем меньше потребное количество топлива для получения определённой скорости. Если это отношение ничтожно мало, что имеет место в случае обыкновенной ракеты, отбрасывающей частицы газов, то для достижения желаемой скорости движения необходима минимальная затрата топлива.

Рисунок 18 поясняет зависимость между скоростью ракеты и расходом топлива. Вообще, скорость ракеты может превысить скорость истечения газов. Если скорость истечения газов будет в 2, 3 и т. д. раза больше, чем в приведённом на рисунке примере (1000 метров в секунду), то и скорость ракеты во столько же раз будет больше, чем указано на рисунке.



Рис. 18. Как увеличивается скорость ракеты в результате постепенного расхода топлива.

Все возлагаемые на ракету надежды связаны с величиной скорости истечения газов. Если бы эта скорость была очень мала, то следовало бы вообще отказаться от ракетного принципа в технике. Однако уже свыше двадцати лет тому назад были получены в лабораторных условиях скорости истечения около 2,5 километра в секунду. Между тем уже при скорости истечения 2 километра в секунду удаётся забрасывать ракеты, как показал опыт второй мировой войны, на сотни километров (см. стр. 69).

* * *

Ракета, выбрасывающая в полёте только продукты сгорания топлива, называется *простой* ракетой. Такая ракета, снаряжённая достаточным количеством топлива, позволяет получить теоретически любую скорость движения. Практически же скорость простой ракеты ограничена, ибо нельзя построить аппарата, имеющего ничтожный вес по сравнению с весом топлива.

Для достижения более высоких скоростей, чем это возможно в случае простой ракеты, приходится прибегать к *составной* ракете. В простой ракете во время работы двигателя масса топливных баков остаётся постоянной, уменьшается только масса самого топлива. Опорожнённая часть баков, продолжая ускоренное движение вместе с ракетой, обусловливает непроизводительную затрату энергии. Поэтому возникает необходимость

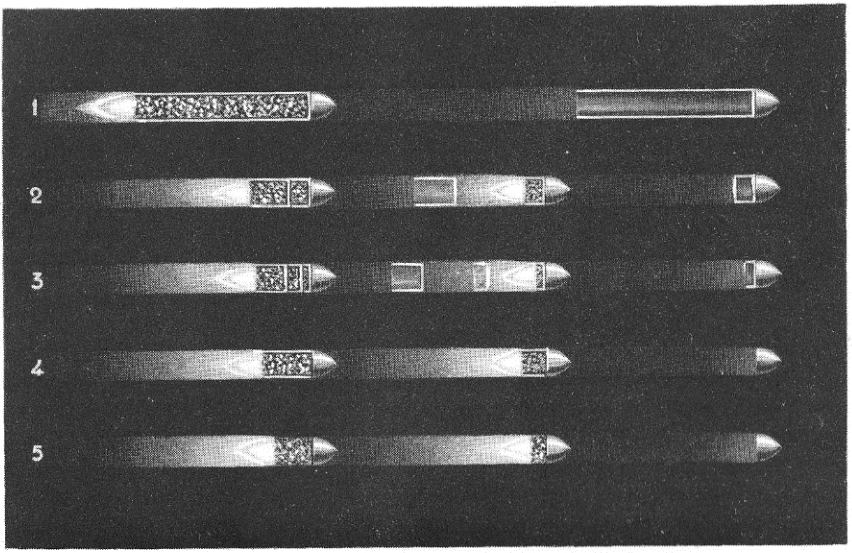


Рис. 19. Типы ракет: *1* — простая ракета; *2* — двухступенчатая ракета; *3* — трёхступенчатая ракета; *4* — непрерывная ракета; *5* — идеальная ракета. Несмотря на то, что движущий заряд у всех этих ракет разный, конечная скорость, достигаемая каждой ракетой, одинаковая (при условии, что скорость истечения газов для всех ракет одна и та же).

как можно скорее освободить ракету от свободной части баков. Лучше всего было бы отбрасывать пассивную массу ракеты непрерывно, по мере того как она делается ненужной. Однако вполне понятно, что отбрасывание бака можно произвести только после полного его опорожнения, т. е. только через более или менее длительный промежуток времени.

Это приводит к идее составной ракеты, в которой разгон основной ракеты должен быть выполнен с помощью другой вспомогательной ракеты. Составная ракета может быть сделана не только двухступенчатой, но и многоступенчатой, и так как наибольшие скорости, достигнутые с помощью каждой ступени, складываются, то этим способом, при достаточном числе ступеней, может быть получена желаемая конечная скорость.

Ракета, в которой пассивная масса могла бы отбрасываться непрерывно, в настоящее время является ещё неосуществимой мечтой. Однако такая *непрерывная* ракета представляет интерес с чисто теоретической точки зрения. Такой же чисто теоретический интерес имеет и ракета, несущая только топливо и полезную массу и называемая *идеальной* ракетой.

На рисунке 19 изображены (сверху вниз): простая ракета, составные двухступенчатая и трёхступенчатая ракеты,

непрерывная ракета и идеальная ракета. Все эти ракеты несут одинаковый полезный груз и достигают после полного сгорания топлива одной и той же скорости. Однако для достижения этой скорости каждая ракета требует разного количества топлива: наибольшего количества требует простая ракета, а наименьшего — трёхступенчатая и идеальная ракеты. Вот почему ракеты будущего неизбежно должны будут делаться многоступенчатыми.

***

Для движения ракеты принципиально безразлично, в каком виде реактивный двигатель выбрасывает из себя материю: в виде ли струи раскалённых или холодных газов, в виде ли струи воды или в каком-либо ином виде. В связи с этим австриец Улинский, а потом Оберт предложили двигать космический корабль с помощью реакции потока электронов, непрерывно выбрасываемых специальным аппаратом.

Срываясь с наэлектризованного тела, электроны сообщают ему, согласно закону о равенстве действия и противодействия, толчок в направлении, противоположном своему движению; происходит такая же «отдача», как при выстреле из ружья или пушки.

Современная техника даёт возможность получать довольно мощные потоки электронов. И вот, если космический корабль будет беспрерывно «стрелять» назад потоками электронов, то в результате «отдачи» он будет всё время двигаться вперёд; получится «электронная ракета».

Но откуда взять электроэнергию для создания непрерывного электронного потока?

Установить целую электростанцию на самом корабле и загрузить его колоссальным запасом топлива, которого хватило бы для межпланетного путешествия, конечно, невозможно. Корабль получится таким громоздким и тяжёлым, что с помощью небольшой силы отдачи электронного потока его вряд ли удастся сдвинуть с места.

Не лучше обстоит дело и в том случае, когда энергия подаётся извне. Ведь даже на Земле передача энергии на расстояние без проводов не получила ещё промышленного применения. Задача осложняется ещё тем, что передача энергии на космический корабль должна осуществляться через ионосферу. Радиоволны, достигнув ионосферы, отражаются от неё и возвращаются к поверхности Земли. Последующее отражение волн от твёрдой оболочки Земли вызывает многократное повторение упомянутого процесса, в результате чего радиоволны могут достигать точек Земли, диаметрально противоположных местоположению пере-

дающей радиостанции. Но эти же свойства ионосферы затрудняют передачу электромагнитных волн в мировое пространство.

Можно было бы использовать солнечную энергию, преобразуя теплоту солнечных лучей в электрическую энергию для создания электронного потока. Но, как показывает математический расчёт, сила реакции такого электронного потока у ракеты, находящейся от Солнца на расстоянии, равном большой полуоси земной орбиты, не может превысить 91 грамма на квадратный метр лобовой площади ракеты при условии, что скорость электронного потока равна 3 километрам в секунду. Столь незначительная сила реакции электронного потока показывает несостоятельность идеи электронных космических ракет. В только что упомянутом расчёте предполагалось, что вся полученная аппаратом солнечная энергия преобразуется в кинетическую энергию отбрасываемых частиц, т. е., иными словами, предполагалось, что коэффициент полезного действия аппарата равен единице. Между тем, в действительности подобный аппарат вряд ли имел бы хороший коэффициент полезного действия.

Очевидно, что идея применения «электронной ракеты» совершенно абсурдна.

ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ РАКЕТЫ

Применение ракеты как самодвижущегося аппарата намного опередило появление теории реактивного движения.

Уже во втором веке до нашей эры была построена, по словам греческого учёного Герона, турбина, работающая по принципу прямой реакции, так называемый эолипил. Ещё в глубокой древности ракеты будто бы служили средством развлечения в Китае во время народных праздников. Упоминание о подобном же применении ракет в Милане в 399 г. мы находим у римского поэта Клавдия. В точности этих сведений можно, однако, сомневаться.

В средние века ракеты применялись уже не только для развлекательных целей; ими стали пользоваться также во время военных действий для создания пожаров в лагере противника. При этом китайцы практиковали метание ракет из луков с целью увеличения дальности их полёта.

Начиная с XV века, ракеты приобретают всё большую популярность. В XVI веке мы находим упоминания о ракете с парашютом, в начале XVII века — описание подводных ракет.

В России, по некоторым данным, уже в 1680 г. было основано «Ракетное заведение». Однако совершенно точные данные о производстве первых русских ракет относятся к 1690 г. Эти первые сведения мы находим в дневнике Патрика Гордона, который пишет о фейерверках Петра I, лично им наблюдавшихся. Пётр I сам изготовлял и пускал ракеты и подготовлял русских мастеров для «Ракетного заведения».

Массовое производство отличного пороха явилось основной базой для развития ракетного дела в России, начиная уже с конца XVII века.

В 1777 г. один из первых русских оберфейерверкеров артиллерии майор М. В. Данилов пишет: «Во времена его Величества[1]) художественные огни изготовляли Преображенского Полка

[1]) Т. е. Петра I.

бомбардирские офицеры Карчмин и Писарев, которых записи до наших времён сохранились». Далее, в его же сочинении мы читаем: «В России первым фейерверкером был, а потом и оберфейерверкером г. Демидов».

Сочинения Демидова по ракетной технике сохранились. В них он, между прочим, упоминает: «Покойный Иван Павлович Шретер ... трудился более 50 лет ... и нашёл множество хороших, любопытных и малоизвестных составов[1])».

В «Положении о фейерверках», подписанном Александром I, сказано: «... учредить военную лабораторию на таком положении, чтобы она могла делать и для вольной продажи увеселительные фейерверки». Военная пиротехническая лаборатория рекламирует свою продукцию изданием иллюстрированного каталога. Изготовлялись разнообразные ракеты стоимостью от 14 копеек до нескольких тысяч рублей, а также игрушки в виде гусей и лебедей, приводимых в движение с помощью ракет.

Однако уже в петровскую эпоху ракеты использовались не только для увеселительных целей, но и для сигнализации при военных действиях. Петровская сигнальная ракета образца 1717 г. применялась без существенных изменений свыше 150 лет.

Области применения ракет постепенно расширялись. В конце XVIII века был сконструирован корабль, который приводился в движение струёй выбрасываемой воды. Изобретение гидравлического сегнерова колеса, приобрёвшего столь широкую известность, также относится к XVIII веку.

В этом же веке ракеты нашли применение в качестве боевого средства. Индусы организовали специальные войсковые части (до 5000 человек) для метания ракет. Англичане, испытав при осаде Серингапатама (1799 г.) действие ракет, также стали пользоваться ими для военных целей.

Ракета как боевое средство была признана тогда же в Австрии, Пруссии, а затем и в других странах, которые также организовали целые войсковые части, обучённые ракетному бою.

Возрождение боевой ракеты в Западной Европе в начале XIX в. привело к тому, что царское правительство в России вынуждено было заинтересоваться этим оружием и ввести его на вооружение армии. Задача изготовления боевых и зажигательных ракет была возложена на незначительное тогда Петербургское «Ракетное заведение». Первые образцы боевых ракет были испытаны во время русско-турецкой войны 1828 — 1829 гг. Но

[1]) Для ракет.

эти ракеты не обладали достаточной меткостью и дальностью. Производство разных ракет постепенно развивалось, и всё более и более стал ощущаться недостаток специалистов. В связи с этим в 1832 г. была учреждена в Петербурге Пиротехническая артиллерийская школа с пятилетним сроком обучения.

В «Описании практических работ и опытов под Красным Селом с 1832 по 1836 г.» мы находим интереснейший проект ракетной контрминной системы, предложенной выдающимся русским военным инженером, генералом К. А. Шильдером (1785 — 1854). На основании произведённых опытов (манёвров) Шильдер доказывает, что массовыми залпами ракетных снарядов можно добиться полного смятения врага.

В 1847 г. выпускник Петербургской Пиротехнической артиллерийской школы К. И. Константинов (1818 — 1871) был назначен командиром «Ракетного заведения». Он существенно усовершенствовал русскую боевую ракету, доведя дальность её полёта с 1 до 4 километров, и повысил точность стрельбы. Константинов был самым крупным специалистом ракетного дела в дореволюционной России. Боевые ракеты его системы сыграли серьёзную роль в ряде сражений в середине XIX века.

Около 1860 г. Константинов спроектировал создание крупного механизированного ракетного завода, но осуществление его проекта не было доведено до конца царским правительством. Впоследствии машины системы Константинова, построенные во Франции, были применены для изготовления боевых ракет в Испании.

В середине прошлого века ракета представляла собой боевой снаряд весом до 80 килограммов, который мог подниматься на высоту до 2,7 километра. Максимальную дальность полёта (7,5 километра) имела французская ракета образца 1855 г. диаметром в 120 миллиметров.

После появления нарезного оружия и бездымного пороха эффективность обычной пушечной артиллерии значительно превысила эффективность боевых ракет, главным образом в отношении меткости стрельбы. Поэтому во второй половине XIX века ракетные войска повсюду были постепенно упразднены.

В первой половине XIX века ведущую роль в развитии ракетного дела имела бесспорно боевая ракета, однако одновременно ракета проникала и в другие области. В 1806 г. удалось поднять живого барашка с помощью ракет на высоту 200 метров. Барашек спустился на парашюте. В 1807 г. была изобретена спасательная ракета для переброски троса на терпящий бедствие корабль, впоследствии получившая широкое распространение во многих странах.

Лучшие английские спасательные ракеты образца 1862 г. перебрасывали трос на 270 метров. Однако К. И. Константинову удалось увеличить дальность этих ракет в $1^1/_2$ раза. Ракетами системы Константинова в шестидесятых годах прошлого века были снабжены спасательные станции Балтийского моря.

С 1873 по 1880 г. под руководством полковника Завадовского на Николаевском полигоне производились опыты с трёхдюймовыми осветительными ракетами, которые были приняты на вооружение русской армии.

В 1886 г. Бюиссон и Чиурку производили под Парижем испытания реактивной лодки. Интересно отметить устройство двигателя. Он состоял из двух цилиндров, в которых попеременно сжигалось топливо. Продукты сгорания выпускались в особый приёмник, откуда выбрасывались в атмосферу через специальное отверстие, размеры которого можно было изменять. Испытания кончились неудачно: взорвалась камера сгорания.

В России проблемы реактивного движения и космического полёта стали популярны в значительной мере благодаря замечательным трудам и неутомимой пропаганде выдающегося учёного и изобретателя Константина Эдуардовича Циолковского (1857—1935). В этом деле известную роль сыграли также Н. А. Рынин и Ф. А. Цандер. Начиная с 1924 г., у нас возникают кружки и общества, ставящие себе целью исследование этих вопросов.

В 1927 г. группой изобретателей была организована в Москве «Первая международная выставка по межпланетным путешествиям». Наряду с чисто фантастическими проектами на этой выставке были представлены интересные модели аппаратов вместе с их описанием.

В 1924 г. Г. Оберт (Румыния) начал работы с ракетами на жидком топливе. Из-за недостатка средств эти работы были прекращены. В дальнейшем работы возобновились при участии ряда изобретателей, любителей ракетного дела. Значительных успехов достигнуто не было.

В 1928 — 1931 гг. в ряде стран были проведены опыты по применению пороховых и жидкостных ракет в качестве двигателя для автомобилей, железнодорожных дрезин, лодок, саней и т. д. Запускались почтовые и высотные пороховые ракеты.

Первый ракетоплан (1928 г.) пролетел 1,5 километра. Необходимый разгон ракетоплана достигался выбрасыванием его из катапульты. В 1930 — 1931 гг. был произведён ряд полётов на ракетопланах. В одном полёте удалось подняться на высоту 60 метров. В другом случае расстояние в 1 километр было покрыто в течение 34 секунд. Во всех этих полётах применялись пороховые ракеты.

В последующие годы большинство экспериментаторов в области реактивного движения окончательно перешло к работам с ракетами на жидком топливе. Эта проблема вследствие полной новизны и технической сложности представляла несравненно большие трудности, чем разработка пороховых ракет, но вместе с тем обещала значительно более широкие перспективы. Однако многочисленные попытки пуска жидкостных ракет в стратосферу сначала не увенчались успехом, — ни одна из выпущенных ракет не вышла из пределов тропосферы.

Тем не менее теоретическая и практическая работа над проблемами реактивного движения не прекращалась и постепенно всё более и более чётко вырисовывались огромные возможности применения ракет.

И действительно, вторая мировая война привела к перелому в развитии ракетного дела. Появились ракетные снаряды, ракетные бомбы, сбрасываемые из специально оборудованных самолётов, реактивные противотанковые гранатомёты и другие реактивные боевые средства, часто применявшиеся на полях сражения. Особенно большую роль сыграли в войне советские реактивные миномёты, получившие от бойцов название «Катюша». Были освоены самолёты с реактивными двигателями. В 1944 г. немцы применяли для варварского обстрела гражданского населения Лондона и южных районов Англии сначала реактивные «самолёты-снаряды» («Фау-1») (см. стр. 72), а затем ракеты дальнего действия («Фау-2») (см. стр. 69).

***

Несколько десятков лет тому назад практические достижения ракетного дела значительно опередили теоретическую разработку основ реактивного движения. Однако сейчас положение сильно изменилось: множество интересных и обоснованных проектов ещё ждёт своего технического осуществления. Остановимся коротко на развитии теоретических исследований.

В 1736 г. Даниил Бернулли, ранее работавший в Петербургской Академии наук, дал теорию реактивного действия водяной струи. Двумя годами позже в своём сочинении «Гидродинамика» он предложил использовать истечение воды из труб для перемещения морских судов. Знаменитый русский учёный Н. Е. Жуковский в конце XIX в. развил эту теорию, и в настоящее время в Советском Союзе суда, движимые водомётами, применяются на мелководных реках.

В 1860 г. К. И. Константинов читает в Петербургской артиллерийской академии лекции о ракетах, изданные впоследствии под названием «О боевых ракетах». Эти лекции, в кото-

рых К. И. Константинов, между прочим, выступает против многих предрассудков артиллерийских кругов того времени, вызвали большой интерес не только в России, но и за границей. Под тем же названием К. И. Константинов опубликовал небольшую работу также в 1856 г.

В 1881 г. народоволец Н. И. Кибальчич в проекте, набросанном в царской тюрьме в период между приговором и казнью, также предложил реактивный двигатель, как средство перемещения по воздуху.

В том же 1881 г. Керхове и Снирс взяли в Бельгии патент на ракетный двигатель, работающий на смеси водорода и кислорода, добываемых путём электролитического разложения воды. В этом двигателе продукты сгорания вытекают из камеры сгорания через сопло особой формы. Изобретатели указали на возможность применения предложенного ими аппарата в качестве двигателя прямой реакции для наземных экипажей, для летательных аппаратов, для морских судов.

Ф. Гешвенд в брошюрах, изданных им в 1886—1887 гг. в Киеве, предложил использовать прямую реакцию при истечении водяного пара для движения железнодорожных составов, а также для передвижения летательных аппаратов. В его проекте следует отметить применение многоступенчатых насадок-инжекторов, появившихся в западноевропейских проектах много позже.

В 1897 г. И. В. Мещерский создал стройную теорию механики тела переменной массы, самым важным приложением которой является движение ракеты.

В 1896 г. А. Фёдоров в брошюре «Новый принцип воздухоплавания, исключающий атмосферу как опорную среду» предложил применить ракету для движения в пустоте.

Эта идея послужила толчком для обширных исследований энтузиаста реактивного движения К. Э. Циолковского. Однако К. Э. Циолковский, открытия которого легли в основу современной теории реактивного движения, пошёл дальше, чем его предшественники: он предложил использовать ракету для межпланетных сообщений. В своей работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами», изданной в 1903 г., К. Э. Циолковский выводит основное уравнение для движения ракеты, по праву получившее теперь название уравнения Циолковского. Это уравнение даёт связь между расходом движущего заряда ракеты и её скоростью в свободном пространстве для любой скорости истечения газов из ракеты. Важность этого уравнения заключается в том, что оно даёт возможность определить для каждого конкретного случая главные характеристики ракеты и выяснить, какие проекты ракетного

полёта реальны и какие — неосуществимы. В этой же работе К. Э. Циолковский изучил вертикальное и наклонное движение ракеты в поле тяготения, коэффициент полезного действия ракеты при подъёме и впервые в литературе дал схему ракеты, работающей на жидком топливе.

В журнале «Вестник воздухоплавания» за 1911 и 1912 гг. К. Э. Циолковский опубликовал работу «Исследование мировых пространств реактивными приборами», являющуюся продолжением одноимённой работы, напечатанной в 1903 г. В этой новой работе К. Э. Циолковский выяснил условия взлёта космического корабля с поверхности любой планеты, изучил влияние сопротивления атмосферы на полёт ракеты и рассмотрел вопросы питания, дыхания, перегрузки и отсутствия тяжести во время полёта на космической ракете. В 1914 г. К. Э. Циолковский опубликовал новое продолжение этой работы, в котором он сформулировал ряд теорем о реактивном движении.

Вопросам полёта в мировое пространство К. Э. Циолковский посвятил также работы: «Космический корабль» (1924 г.), «Космическая ракета (опытная подготовка)» (1927 г.), «Цели звездоплавания» (1929 г.), «Космические ракетные поезда» (1929 г.), «Звездоплавателям» (1930 г.), «Звездоплавание» (1930 г.), «Звездолёт» (1930 г.), «Снаряды, приобретающие космические скорости на суше и воде» (1933 г.) и другие. Кроме того, в 1926 г. он опубликовал дальнейшее продолжение своего классического труда «Иследование мировых пространств реактивными приборами».

Свои идеи реактивного движения в применении к земному и внеземному транспорту К. Э. Циолковский развивал до конца своей жизни. В частности, К. Э. Циолковский впервые указал на возможность управления движением ракеты путём помещения рулей в струе вытекающих газов, на возможность использования атмосферы Земли для торможения космической ракеты при её возвращении из полёта. Он указал также, какие топлива являются самыми подходящими для жидкостной ракеты. Многие из этих идей получили признание современной науки и техники. Так, например, его идея полуреактивного стратоплана, опубликованная в 1932 г., уже нашла своё воплощение в реактивных самолётах.

В фантастической повести «Вне земли», вышедшей в 1920 г., но начатой в 1896 г., К. Э. Циолковский с исключительной прозорливостью рисует некоторые картины будущих межпланетных полётов. В более ранней научно-фантастической повести «Грёзы о Земле и небе» (1895 г.) К. Э. Циолковский выдвинул идею искусственных спутников Земли; целесообразность по-

стройки таких спутников для будущих межпланетных полётов сейчас признана всеми теоретиками космонавтики. В этой же повести К. Э. Циолковский показывает, как можно во вращающейся лаборатории получить различные по величине перегрузки и как осуществить искусственную тяжесть в межпланетном пространстве.

Хотя первые работы К. Э. Циолковского в области ракетоплавания относятся к 1903 г. (идея о реактивном летательном аппарате возникла у него значительно раньше — в 1883 г.), признание и необходимую поддержку в работе он получил только после Октябрьской революции. «До революции моя мечта не могла осуществиться», — писал К. Э. Циолковский товарищу Сталину. «... Лишь советская власть и партия Ленина — Сталина оказали мне действительную помощь».

Во Франции идею использования двигателей прямой реакции защищал Р. Лорэн (с 1907 г.). Он предложил проекты ракетных самолётов, а также воздушных торпед, управляемых на расстоянии с помощью электрических механизмов и предназначенных как для военных целей, так и для переброски почты. Для увеличения коэффициента полезного действия ракетного аппарата Лорэн предложил применить разгон его с помощью электрической катапульты. В качестве горючего ему представлялось целесообразным применение этилового спирта. Не исследовав в достаточной мере вопросы, относящиеся к коэффициенту полезного действия ракетного аппарата, он неправильно полагал, что уже при скоростях порядка 150 километров в час ракетный двигатель может быть более рентабельным, чем двигатель внутреннего сгорания в сочетании с воздушным винтом. С другой стороны, он недооценил всех преимуществ реактивного двигателя, считая, что с его помощью могут быть достигнуты скорости не больше тех, которые имели современные ему самолёты.

В 1912 г. Р. Эсно-Пельтри выступил в Париже с докладом, в котором рассмотрел с теоретической стороны возможность путешествий на планеты. Необходимо подчеркнуть, что в своём докладе Эсно-Пельтри не упомянул ни одного слова о работах Циолковского, к тому времени уже трижды выступавшего в печати и давшего подробную теоретическую трактовку межпланетных путешествий.

Г. Оберт в своих трудах, изданных в 1923 — 1933 гг., приводит расчёты и ряд оригинальных проектов ракет, предназначенных для исследования высших слоёв атмосферы, а также проекты космических кораблей. Однако следует отметить, что многие его выводы были уже раньше получены



КОНСТАНТИН ЭДУАРДОВИЧ
ЦИОЛКОВСКИЙ
(1857—1935)

К. Э. Циолковским, что в 1927 г. признал в частных письмах к Циолковскому сам Оберт.

В 1924 г. упоминавшийся выше советский инженер Ф. А. Цандер опубликовал проект космического корабля в виде реактивного самолёта; этот самолёт по расчётам автора должен был достигнуть космической скорости ещё в пределах атмосферы.

В 1928 г. Н. А. Рынин начал издавать в Советском Союзе сборник статей «Межпланетные сообщения». В вышедших в течение четырёх лет трёх томах (девяти выпусках) он собрал чрезвычайно обширный и разнообразный материал, составляющий своего рода энциклопедию межпланетных путешествий. К сожалению, этот материал недостаточно систематизирован, и нередко можно встретить в нём сведения, имеющие довольно отдалённое отношение к проблемам космонавтики. Следует ещё отметить работу Ю. В. Кондратюка «Завоевание межпланетных пространств» (1930 г.), в которой сжатое изложение сочетается с обилием интереснейших идей.

В 1934 г. Всесоюзная конференция по изучению стратосферы посвятила часть своих работ проблемам высотных ракет.

В 1935 г. состоялась первая в СССР конференция по применению ракетных аппаратов для исследования стратосферы.

СОВРЕМЕННОЕ И БУДУЩЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАКЕТЫ В ПРЕДЕЛАХ ЗЕМЛИ

Пороховые ракеты чаще всего применяются для переброски разрывного или светящего снаряда. Воспламенение ракетного заряда производится с помощью запала. Для ракетного заряда обычно применяют порох, запрессованный в картонную или металлическую гильзу.

Ускорение ракеты зависит от состава пороха и от величины горящей поверхности заряда. Величина ускорения обычно бывает порядка нескольких сотен метров в секунду за секунду.

Если заряд выполнен в виде сплошного цилиндра, то горение происходит лишь на торце, обращённом к соплу, и расход газов в единицу времени остаётся постоянным и сравнительно небольшим. Иногда в заряде делают цилиндрический или конический канал, и тогда поверхность горения всё время увеличивается, вследствие чего расход газов в единицу времени постепенно возрастает, и увеличение скорости ракеты происходит быстрее.

Для обеспечения устойчивости ракеты в полёте обычно применяют стабилизатор в виде нескольких плавников, прикреплённых к хвостовой части корпуса.

В настоящее время изготовляются пороховые ракеты весом в сотни килограммов, дающие тягу в несколько тонн.

Пороховые ракеты применяются в самых разнообразных областях.

Фейерверочные и сигнальные ракеты настолько широко известны, что на них мы не будем останавливаться.

Осветительные ракеты применяются для освещения местности; они несут в качестве полезного груза заряд специального состава, дающий при воспламенении мощный источник света. Такой заряд (факел) обычно привязывается к парашюту; это замедляет скорость падения и, следовательно, увеличивает длительность освещения, которая доходит до нескольких минут.

В настоящее время существуют ракеты с силой света в два миллиона (и больше) свечей, освещающие местность площадью в несколько квадратных километров.

Сигнальные и осветительные ракеты находят особенно широкое применение на войне.

Во время второй мировой войны получили очень широкое применение ракетные мины с пороховым движущим зарядом. Такие мины обычно выбрасываются из многоствольных миномётов, установленных на колёсных лафетах, грузовиках, танках, бронированных транспортёрах или неподвижных станках, а также на суднах. Силой огня и большой маневренностью особенно отличились в Великой Отечественной войне советские гвардейские миномёты, так называемые «Катюши».

Появились также противотанковые ружья, выпускающие небольшой снаряд-ракету. Такие ружья при большой эффективности отличаются исключительной лёгкостью: для переноски ружья и его обслуживания достаточно одного-двух человек.

Как известно, при выстреле из орудия происходит отдача: орудие или только его ствол откатывается назад. Если орудие установлено на самолёте, то получаемый при выстреле толчок нарушает равновесие самолёта. Кроме того, артиллерийские орудия довольно тяжелы. Это привело к появлению авиационной ракетной артиллерии, не обладающей указанными выше недостатками. В самом деле, орудия для стрельбы ракетными снарядами значительно легче обычных орудий, так как они должны только направить ракету в нужном направлении.

Ещё до начала второй мировой войны в военной литературе указывалось на целесообразность применения на самолётах реактивных бомб, у которых пороховой ракетный заряд сообщает им дополнительную скорость. Это позволяет значительно повысить пробивное действие бомбы и её меткость. Истребители, снабжённые установками для метания ракет, широко применялись в последней войне.

В авиации пороховые ракеты применяются иногда для облегчения взлёта тяжёлых самолётов и для сокращения длины их пробега при посадке. Кроме того, при взлёте самолётов с палубы судов прибегают к катапультам, у которых тележка, несущая самолёт, иногда приводится в движение пороховыми ракетами. На некоторых истребителях реактивный пороховой двигатель служит для увеличения скорости в нужный момент. Были предложения использовать пороховые ракеты в качестве вспомогательного двигателя на самолёте в случае потери им скорости, а также для уменьшения скорости падения в случае аварии.

Спасательные ракеты, как уже было сказано выше, применяются для переброски троса с корабля на берег или обратно. Такие ракеты несут с собой конец тонкого троса, который, попав на корабль, позволяет подтянуть к кораблю более толстый канат, достаточно прочный для осуществления связи терпящего бедствие корабля с берегом. Дальность полёта подобных ракет составляет около одного километра.

Противоградные пороховые ракеты применяются для предохранения против выпадения града. Хотя полезное действие этих ракет сомнительно, тем не менее в некоторых странах они применяются очень широко.

***

В настоящее время очень широкое распространение получили жидкостные ракеты. В ряде случаев жидкостные ракеты вытесняют пороховые. Жидкостные ракеты, несмотря на значительную сложность своего устройства, обладают перед пороховыми ракетами рядом значительных преимуществ, которые позволяют им взлетать на неизмеримо бо́льшую высоту, чем пороховым.

Во время второй мировой войны гитлеровцы варварски обстреливали мирное население Лондона дальнобойными реактивными снарядами «Фау-2». Эти снаряды, каждый из которых был снабжён жидкостно-реактивным двигателем, имели радиус действия, во много раз превышающий дальность полёта артиллерийских снарядов; они пролетали 270—300 километров, поднимаясь при этом на высоту свыше 100 километров. Снаряд «Фау-2» имел в вышину около 14 метров, а в поперечнике — до 1,65 метра. При начальном весе в 12 тонн, из которых 8,9 тонны приходилось на топливо и 1 тонна — на взрывчатые вещества боевого заряда, снаряд «Фау-2» развивал тягу около 25 тонн в течение 65 секунд.

В последнее время в США производятся опыты применения снарядов «Фау-2» для исследования высоких слоёв атмосферы (см. стр. 16). При вертикальном запуске снаряды «Фау-2» поднимаются на высоту почти в 200 километров.

Наиболее важной областью применения жидкостных ракет, вернее жидкостных реактивных двигателей, в настоящее время является реактивная авиация. Раньше делались попытки применения в авиации пороховых реактивных двигателей. Однако дальность полёта, а также потолок пороховых реактивных самолётов получались малыми.

Между тем, только в высоких слоях атмосферы и вне её реактивный двигатель может проявить свои замечательные преимущества по сравнению с двигателями другого рода.

Для того чтобы понять, почему современная авиация стремится в стратосферу, почему всё большее и большее развитие получает реактивный двигатель, необходимо рассмотреть некоторые технические вопросы.

При постоянной тяге скорость летательного аппарата увеличивается с высотой благодаря уменьшению плотности воздуха. Аппарат, имеющий вблизи поверхности Земли скорость в 360 километров в час, на высоте 40 километров будет иметь скорость в 1200 километров в час, а на высоте 49 километров — скорость в 1600 километров в час. Отсюда понятны преимущества полётов на больших высотах.

Для использования обычного авиационного мотора на стратосферном самолёте (на стратоплане) необходимо применять специальные нагнетатели для сжатия воздуха, всасываемого в мотор. Однако эффективное нагнетание возможно только на высотах не свыше 9—12 километров. Кроме того, на больших высотах тяга обычной винтомоторной группы сильно уменьшается, между тем как тяга реактивного двигателя остаётся с увеличением высоты неизменной, а в некоторых случаях даже увеличивается.

Именно этим свойством реактивного двигателя и объясняются широкие перспективы его применения в авиации. Заметим, однако, что реактивные самолёты (ракетопланы), не имеющие воздушного винта, целесообразны только при условии очень больших скоростей полёта и при условии использования топлива, дающего большую скорость истечения выбрасываемой струи.

Напомним ещё, что все метеорологические явления разыгрываются в тропосфере; поэтому полёт самолёта в стратосфере не будет зависеть от метеорологических условий. Это обстоятельство имеет огромное значение для регулярности и безопасности воздушных сообщений.

***

Самолёты, оборудованные жидкостными реактивными двигателями, могут развивать громадные скорости, однако радиус их действия очень невелик. Причина такого положения заключается в том, что для питания жидкостного реактивного двигателя необходимо иметь не только запас горючего, но ещё больший запас окислителя. Это приводит к тому, что общее количество топлива, которое в состоянии поднять самолёт, оборудованный жидкостным реактивным двигателем, обеспечивает полёт только в течение непродолжительного промежутка времени. Поэтому жидкостные реактивные двигатели нашли применение только в истребительной авиации.

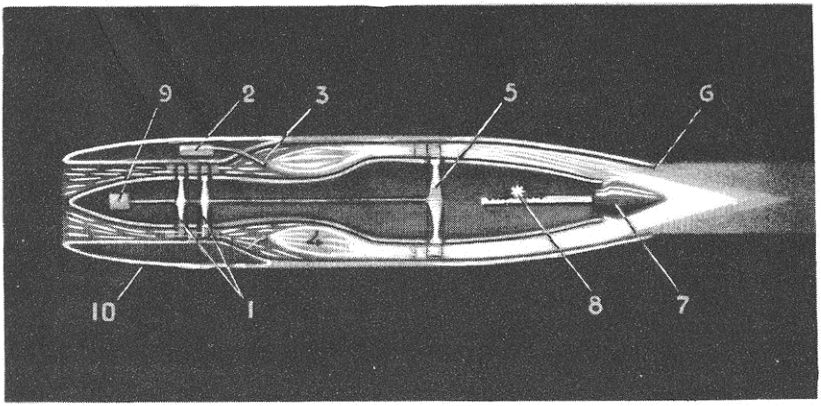


Рис. 20. Воздушно-реактивный двигатель. Атмосферный воздух нагнетается турбокомпрессором *1* в камеру сгорания *4*, в которую при помощи насоса *2* подаётся одновременно и горючее. Образовавшиеся газы приводят во вращение газовую турбину *5*, вращающую турбокомпрессор, и затем вырываются наружу, толкая самолёт вперёд.

Между тем, земная атмосфера содержит неограниченное количество окислителя — кислорода. Поэтому при полётах в атмосфере наиболее выгодным является такой тип реактивного двигателя, который позволил бы сжигать жидкое горючее при помощи кислорода воздуха. Это привело к созданию воздушно-реактивного двигателя. Схематический вид одной из конструкций такого двигателя изображён на рис. 20.

Атмосферный воздух засасывается в двигатель и здесь сжимается при помощи мощного компрессора *1*. Насос *2* подаёт горючее через форсунки *3* в камеру сгорания *4*, где горючее смешивается со сжатым воздухом и сгорает. Образующиеся газы приводят во вращение газовую турбину *5* и извергаются в атмосферу через сопло *6*. Для регулирования истечением газов служит конус *7*, перемещаемый при помощи механизма *8*. При взлёте компрессор приводится во вращение при помощи пускового агрегата *9*; в дальнейшем вращение компрессора обеспечивается газовой турбиной. Обшивка *10* воздушно-реактивного двигателя имеет удобообтекаемую форму.

Применение воздушно-реактивного двигателя значительно увеличивает дальность полёта самолёта. В настоящее время многие пассажирские самолёты, совершающие трансатлантические полёты, оборудованы воздушно-реактивными двигателями. Такие двигатели обладают ещё одним существенным преимуществом по сравнению с жидкостно-реактивными двигателями: они значительно понижают ту границу скоростей,

начиная с которой реактивный самолёт становится более выгодным, чем обычный винтомоторный самолёт. Так, например, для упомянутых выше трансатлантических реактивных самолётов экономичная крейсерская скорость полёта составляет около 600 километров в час.

Летающие бомбы «Фау-1», которые немцы применяли во время второй мировой войны для обстрела Лондона, представляли собой не что иное, как автоматически управляемые самолёты, снабжённые воздушно-реактивным двигателем пульсирующего типа (см. стр. 80). Такие самолёты-снаряды перебрасывали одну тонну взрывчатого вещества на расстояние до 260 километров.

В своё время для установления рекордов скорости применялись автомобили, снабжённые пороховыми и жидкостными реактивными двигателями. Для обычных целей такие автомобили лишены всякого будущего, так как при скоростях, доступных для колёсного наземного транспорта, топливо в пороховом и жидкостном реактивном двигателе используется очень неэффективно, и поэтому радиус действия реактивного автомобиля получается ничтожным. Однако применение воздушно-реактивного двигателя на автомобиле может оказаться вполне рентабельным. Что же касается установления рекорда скорости, то гоночный автомобиль, снабжённый воздушно-реактивным двигателем, безусловно перекроет все существующие рекорды для наземного транспорта.

Скорости, возможные для колёсного транспорта, ограничены прочностью колёс. При очень большой скорости, т. е. при очень большом числе оборотов колёс, они могут разорваться под действием центробежной силы. Этим недостатком не обладают надводные суда — глиссеры. Для них может оказаться рентабельным применение и жидкостных реактивных двигателей.

Существуют проекты и наземного бесколёсного транспорта, для движения которого должны быть устроены специальные пути. К. Э. Циолковский предложил создавать между бесколёсным вагоном и поверхностью пути своего рода воздушную подушку путём нагнетания воздуха. Такой способ движения представляет интерес и для целей космического полёта — он позволит сообщить очень большой разгон космической ракете при меньшей затрате запаса топлива, взятого ракетой.

***

Из сказанного на предыдущих страницах мы знаем, что для передвижения в высоких слоях атмосферы самым подходящим средством является самолёт с воздушно-реактивным двига-

телем. Скорости порядка одной тысячи километров в час достигаются в настоящее время именно на таких самолётах. Однако и в стратосфере скорость передвижения ограничивается сопротивлением воздуха. Возникает вопрос, можно ли будет в пределах атмосферы увеличить максимальную достигнутую сейчас скорость полёта реактивного самолёта в три-четыре раза? Пока на этот вопрос ещё нельзя дать определённого ответа. Но зато со всей уверенностью можно утверждать, что на высоте нескольких сотен километров над земной поверхностью, т. е. вне пределов сколько-нибудь ощутимой атмосферы, скорость жидкостно-реактивного летательного аппарата может быть доведена до десятков тысяч километров в час.

Такой летательный аппарат должен быть осуществлён, очевидно, в виде бескрылой ракеты, имеющей размеры, достаточные для помещения большого запаса топлива и для пассажиров. Топливо будет необходимо только при взлёте для сообщения ракете необходимой скорости, после достижения которой реактивный двигатель уже не нужен, так как дальше ракета будет двигаться по инерции, сначала поднимаясь, а затем постепенно опускаясь под влиянием силы притяжения земли. Для торможения ракеты при приземлении можно будет использовать, повидимому, сопротивление воздуха.

О перспективах, которые сулит применение таких пассажирских ракет, можно судить по тому, что для перелёта из Москвы во Владивосток потребуется всего около $^1/_2$ часа, а для перелёта с Северного полюса на Южный полюс — около $^3/_4$ часа (рис. 21).

Развитие современной техники позволяет надеяться, что осуществление таких сверхскоростных полётов является делом недалёкого будущего (рис. 22).

Взлёт человека на ракете вполне возможен, так как перегрузка во время работы двигателя не будет превышать ту границу, которая может быть безопасно перенесена натренированным организмом. Лишь при спуске ракеты понадобятся специальные мероприятия для обеспечения постепенного торможения. Вероятно, целесообразно будет совершать посадку на планирующем полёте. Такой приём в очень значительной мере увеличит дальность полёта ракеты и, кроме того, позволит уменьшить начальную скорость ракеты. Это полностью оправдает некоторую потерю времени, связанную с планирующим спуском.

Для того чтобы из места старта иметь возможность достичь любой точки нашей планеты, радиус действия пассажирской

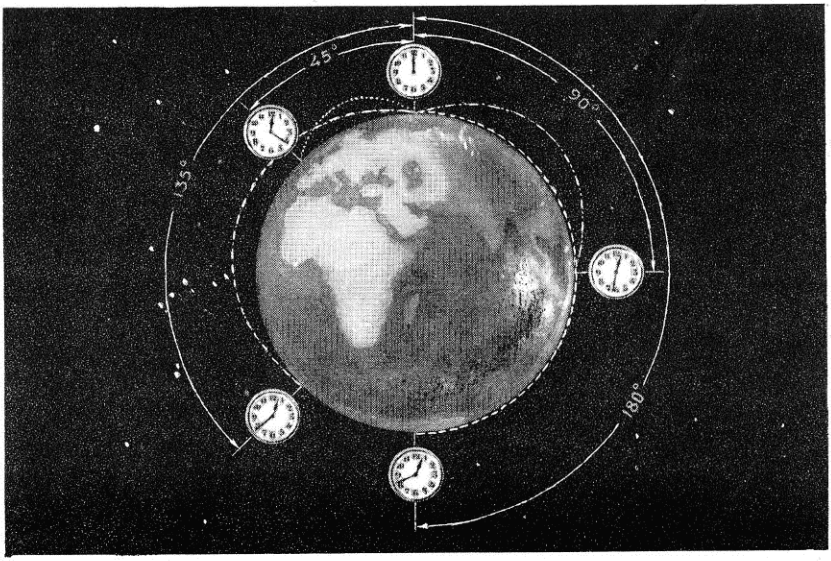


Рис. 21. Ракетные перелёты на Земле. Для перелёта с Северного полюса на Южный потребуется приблизительно три четверти часа.

ракеты должен быть равен, очевидно, половине длины земной окружности.

Однако, взглянув на карту северного полушария, можно сразу заметить, что при старте из Европы в большинстве случаев будет вполне достаточно ракеты с радиусом действия, равным всего лишь четверти земной окружности. (В досягаемую площадь входят: Европа, Азия, Африка, Северная Америка, северо-восточный берег Южной Америки и некоторые другие места земного шара.)

Траектории бескрылых пассажирских ракет будут представлять собою дуги эллипсов, тем более близкие к дуге круга, чем больше расстояние между точками взлёта и посадки. По мере подъёма по инерции (т. е. с выключенным двигателем) скорость ракеты будет постепенно уменьшаться. У потолка это уменьшение может составить до 30% максимально достигнутой скорости. При падении скорость будет опять возрастать.

С точки зрения быстроты сообщения всегда выгодно совершать перелёт без промежуточных посадок. Однако с точки зрения экономии топлива в некоторых случаях будет выгоднее перелёт с промежуточными посадками (рис. 23). В основном это будет зависеть от качества применяемого топлива; при больших скоростях истечения газов расход

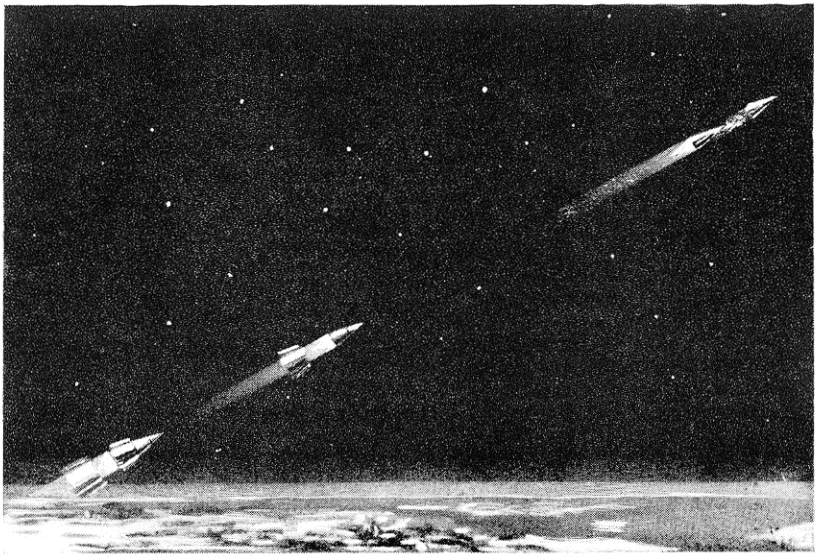


Рис. 22. Взлёт трёхступенчатой ракеты, отправляющейся в дальний перелёт.

топлива на километр пути тем меньше, чем дальше точка ближайшей посадки. Если же скорость истечения газов сравнительно небольшая, то расход топлива получается минимальным для сравнительно небольших расстояний между точками взлёта и посадки.

Может показаться неясным, почему бескрылая пассажирская ракета должна лететь не на постоянной высоте с постоянной скоростью, а на переменной высоте с переменной скоростью. Конечно, можно было бы построить такую ракету, которая поднялась бы выше сколько-нибудь плотных слоёв атмосферы (для освобождения от сопротивления воздуха) и здесь летела параллельно земной поверхности с постоянной скоростью. Но для этого необходимо, чтобы двигатель ракеты непрерывно работал. Для этого же потребуется громадный расход топлива, в десятки раз превышающий вес самого ракетного снаряда. Вполне понятно, что осуществление такой ракеты невозможно, так как не существует достаточно прочных материалов, способных вынести столь большую нагрузку.

При безоблачной погоде по мере подъёма перед глазами пассажиров ракеты будет развёртываться величественная панорама земной поверхности. В некоторых случаях точки взлёта и посадки, отдалённые друг от друга на многие тысячи кило-



Рис. 23. Если скорость истечения газов для ракеты мала, то расход топлива на километр пройдённого на земле пути увеличивается с увеличением расстояния; если же эта скорость велика, то расход топлива на километр пути уменьшается с увеличением радиуса действия.

метров, будут одновременно видны на горизонте. Впрочем, необходимо заметить, что вследствие быстрого движения ракеты многие детали земной поверхности не смогут быть восприняты глазом.

При полёте на ракете днём Земля предстанет перед пассажирами в виде огромного яркого шара на чёрном фоне. В большинстве случаев некоторая часть поверхности шара будет погружена в тень. Следовательно, пассажирам ракеты будут видны такие же фазы освещения земной поверхности, какие мы видим на Луне, но Земля покажется человеческому глазу значительно ярче нашего спутника. Как только ракета вылетит за пределы сколько-нибудь ощутимой атмосферы, т. е. через одну-две минуты после взлёта, небесный свод станет для пассажиров ракеты абсолютно чёрным.

От одного меридиана к другому ракета будет лететь со скоростью, во много раз большей скорости вращения Земли (до 17 раз). Вследствие этого наблюдаемые пассажиром фазы Земли будут меняться со сказочной быстротой.

Существует библейская легенда, согласно которой Иисусу Навину удалось на некоторое время задержать движение Солнца. Для пассажиров ракеты, летящей на запад, Солнце

окажет ещё бóльшую честь: оно не только остановится в своём пути на небесном своде, но даже повернётся и с огромной скоростью двинется с запада на восток!

Из изложенного видно, насколько полёт в бескрылой ракете не будет похож на полёт в самолёте.

Физиологические ощущения пассажира в такой ракете будут такими же, как в космической ракете: он будет чувствовать увеличенную перегрузку при увеличении скорости и при торможении и полное отсутствие перегрузки при полёте с выключенным двигателем. Вообще такой скоростной перелёт на Земле будет отличаться от космического путешествия только малой продолжительностью.

ОТ СТРАТОСФЕРНОЙ ДО КОСМИЧЕСКОЙ РАКЕТЫ

Переход от стратосферной ракеты к космической будет осуществляться постепенным усовершенствованием двигателя, органов управления, кабины, измерительных и регулирующих приборов и т. п.

Немалую роль в осуществлении космического корабля сыграют подбор соответствующих материалов, топлива, способ нагрева кабины и т. д.

***

В реактивном двигателе для космического корабля важнейшей частью будет, несомненно, как и в современных сверхдальних ракетах, камера сгорания и сопло для выбрасывания газообразных продуктов сгорания топлива. Камера сгорания и её вспомогательные механизмы во время работы двигателя будут подвергаться как воздействию очень низкой температуры топлива, например жидких водорода и кислорода, так и весьма сильному нагреву от раскалённых продуктов сгорания. Кроме того, объём камеры сгорания будет небольшим, вследствие чего давление образующихся в нём газов будет громадным.

Эти обстоятельства предъявляют особо трудные требования к выбору материала для камеры, к системе её охлаждения, к возможности её замены при изнашивании. Сопло камеры должно будет иметь такую форму, которая при давлении, существующем в камере сгорания, обеспечивала бы максимальную скорость истечения газов. Такому требованию удовлетворяют насадки, сначала суживающиеся, а затем расширяющиеся по вполне определённому закону для каждого давления в камере сгорания.

Конструкция и размеры всего двигателя в целом будут в значительной мере зависеть от предполагаемого радиуса действия космического корабля и от величины полезного груза.

Топливные баки, очевидно, будут занимать большую часть объёма космического корабля, в связи с чем их форма и расположение в значительной мере определят форму самого корабля.

Для газов при нормальных давлениях и температуре объём баков получается настолько огромным, что применение газового топлива в космическом корабле было бы бессмысленно.

Можно значительно уменьшить объём баков, следовательно, уменьшить и сопротивление ракеты при её взлёте в пределах атмосферы, если применять сжатые газы. Однако вес баков по отношению к весу топлива от этого не уменьшится, а наоборот, увеличится, так как баки пришлось бы сделать значительно более прочными. Остаётся единственный выход — сжижать газы. Но здесь возникает новое большое неудобство — при низких температурах, при которых, как правило, только и возможно сжижение газов, уменьшается упругость твёрдых материалов и последние делаются хрупкими. Так, например, железный сосуд, в который налит жидкий кислород, может быть разбит даже лёгким ударом. Ввиду этого для хранения продуктов сжижения газов необходимо пользоваться сосудами из такого материала, который способен переносить низкие температуры, не теряя при этом значительно своей упругости. К таким материалам относятся, например, чистая медь и свинец; последний имеет даже повышенную прочность при низкой температуре. Однако эти металлы обладают, как мы увидим ниже, другими недостатками.

Наполнение баков жидким топливом, полученным путём сжижения газа, должно производиться постепенно во избежание резкого повышения давления вследствие испарения большого количества жидкости. Стенки баков, непосредственно соприкасающиеся с жидкостью, должны быть сделаны или целиком из металла, не вступающего с жидкостью в химическую реакцию, или хотя бы покрыты таким металлом.

Вообще же материалы для постройки космического корабля должны быть особенно прочными, но в то же время достаточно лёгкими. С точки зрения теории сопротивления материалов такие материалы характеризуются большой величиной отношения предела прочности к удельному весу. Наглядное представление о пригодности того или иного материала для постройки космического корабля даёт следующий мысленный опыт: предположим, что со стратостата выпускаются тросы, сделанные из разных материалов. При некоторой длине, вполне определённой для каждого материала, тросы оборвутся под

действием своего собственного веса. Свинцовый трос оборвётся уже при длине в 0,1 километра, трос из олова — при 0,5, из цинка — при 1,7, из красной меди — при 2,6, из чугуна — при 3 километрах, из кованой стали — при 13, из дюраля — при 19, а из специальных сталей — при 20—24 километрах. Чем больше эта предельная длина, на которую нужно выпустить трос, чтобы он оборвался, тем более пригоден материал троса для постройки космического корабля.

Некоторые материалы при низких температурах становятся прочнее; например, при температуре жидкого кислорода (—182° Ц) прочность дуралюмина увеличивается на 26%, а кованой стали — на 34%.

Более труден вопрос о материале для камеры сгорания. Камера сгорания и сопло, как мы уже говорили, подвергаются одновременному действию давления и высокой температуры.

Обеспечения давления в пределах, безопасных для расчётной прочности камеры, легко достичь регулированием подачи топлива. Для предохранения же камеры от разрушающего влияния высокой температуры можно применить поточное охлаждение какой-либо жидкостью, например, одним из компонентов топлива. Поглощённая им теплота затем снова выделится в камере сгорания.

Несмотря на высокие температуры в камере, предохранение её от разрушения вполне возможно, тем более, что время непрерывной работы двигателя космического корабля будет измеряться лишь несколькими минутами.

При подаче компонентов топлива в камеру сгорания необходимо будет обеспечить наиболее полное их смешение и наиболее быстрое сгорание. Смешение может производиться или в особой полости (форкамере), или же непосредственно в самой камере сгорания. Для воспламенения смеси можно будет применять запальную свечу, действующую от магнето, или же какой-нибудь катализатор.

Для подачи топлива можно будет создавать в баках некоторое избыточное давление, или использовать специальные насосы.

Горение, как правило, будет происходить в постоянном объёме, причём процесс может быть как непрерывным (при постоянном давлении), так и прерывным, пульсирующим (при переменном давлении).

В последнем случае, с теоретической точки зрения, нет надобности в применении насосов: впуск топлива в камеру сгорания может производиться в момент наибольшего падения давления автоматически — действием небольшого избыточного

давления в баках, после чего впускные клапаны сами закрываются до момента выброса продуктов сгорания; затем цикл повторяется. При этих условиях расход энергии на подачу топлива будет минимальным. При достаточной частоте циклов отклонения величины ускорения от среднего его значения будут очень мало заметны.

Недостатком такого способа работы двигателя является то обстоятельство, что при равных расходах топлива вес камеры с пульсирующим процессом больше веса камеры, работающей с постоянным давлением.

Для непрерывной подачи топлива необходимы специальные приспособления, иначе пришлось бы держать баки под высоким избыточным давлением. С этой целью можно применять либо насос того или иного типа, приводимый в действие отдельным мотором, либо воспользоваться сжатым инертным газом (азот), либо, наконец, производить быстрое испарение сжиженного газа в особой камере. Для нагревания такой камеры можно использовать теплоту камеры сгорания, а для ускорения процесса — сжигать в баках небольшие порции топлива.

***

На каких же топливах работает современная ракета и на каких топливах будет работать ракета будущего?

Заметим, что топливом мы называем совокупность горючего вещества и окислителя. Современная техника занимается главным образом вопросами, касающимися горючего, так как окислитель (кислород) для обычных машин может черпаться в неограниченном количестве из атмосферы. Для космических полётов, когда бóльшая часть пути пролегает в пустоте, оба компонента топлива имеют одинаково важное значение.

Пороха и вообще твёрдые топлива не дают возможности осуществить непрерывную подачу в камеру сгорания. Жидкие и газообразные топлива, напротив, допускают такую непрерывную подачу, причём горючее и окислитель могут храниться порознь и входить в соприкосновение только в камере сгорания.

Топливо для ракеты представляет тем бóльшую ценность, чем большей скоростью истечения обладают его продукты сгорания и чем больше его плотность. Первое требование непосредственно вытекает из основного закона движения ракеты, согласно которому скорость ракеты пропорциональна скорости выбрасываемых газов; второе же требование объясняется тем, что при большей плотности топлива необходи-

мый объём и вес баков для горючего получается меньшим, что, в частности, позволяет сконструировать ракету с меньшим аэродинамическим сопротивлением. Можно было бы думать, что пороха дают самую большую скорость истечения газов, но это не так: скорость истечения зависит не от скорости химической реакции данного состава, которая в случае пороха действительно очень большая, а от его теплотворной способности. Теплотворная же способность порохов сравнительно мала.

Как известно, водород, соединяясь с кислородом, выделяет больше тепла, чем большинство известных нам топлив. К сожалению, водород, даже в жидком виде, имеет очень малый удельный вес (один кубический сантиметр весит 0,07 грамма), а это является серьёзным недостатком. Кроме того, получение жидкого водорода в больших количествах довольно затруднительно вследствие низкой температуры его кипения (—253° Ц). Более подходящими горючими оказываются ацетилен и метан в жидком виде.

Очевидно, что наилучших результатов следует ожидать от жидких горючих. При этом упрощается конструкция баков, и не приходится применять специальных мер для защиты горючего от влияния температуры наружного воздуха; кроме того, горючие этого рода имеют большой удельный вес. Исходя из этих соображений, в качестве горючего для реактивного двигателя, работающего на жидком топливе, применяются жидкие углеводороды, как, например, керосин, газойль, бензин, скипидар, а также этиловый спирт и т. д.

Окислителем могут служить тетранитрометан, азотный тетроксид, азотная и хлорная кислота, гидроперекись и другие вещества, находящиеся при нормальных условиях в жидком виде. Некоторые вещества, входящие в состав этих окислителей, не участвуют в горении. С точки зрения полного сгорания наиболее выгоден в качестве окислителя жидкий кислород.

Ещё более выгоден был бы озон, так как реакция его разложения сопровождается выделением тепла (700 больших калорий на один килограмм), что существенно увеличивает теплотворную способность топливной смеси. Кроме того, его удельный вес в 1,5 раза выше, чем у кислорода (1,7 грамма в кубическом сантиметре в жидком виде), что позволяет уменьшить вес баков. Однако у озона имеются и недостатки: сильное окислительное действие на металлы и лёгкая взрываемость.

Топлива водород — кислород и водород — озон имеют весьма высокую теплотворную способность, соответственно равную 3811 и 4333 больших калорий в килограмме (при давлении

760 миллиметров ртутного столба и 15° Ц); теплотворная способность топлив углерод — кислород и углерод — озон соответственно равна 2219 и 2728 больших калорий в килограмме.

Если бы при сгорании не происходило никаких потерь, то соответствующие скорости истечения газов были бы равны 5650, 6050, 4220 и 4690 метров в секунду. Как известно, углерод вообще не применяется в реактивных двигателях, а водород применяется только в экспериментах. Тем не менее мы указываем теплотворную способность этих топлив и соответствующие скорости истечения, так как углеводороды часто применяются в качестве горючего для ракет и при сжигании в кислороде или озоне дают, очевидно, скорость истечения, лежащую между указанными значениями для водородного и углеродного топлива.

Сжигание металлических частей ракеты, после того как они стали ненужными, дало бы возможность строить ракеты с относительно меньшим весом. В частности, можно было бы осуществить сжигание сплавов магния с цинком, железом или медью. Но этот приём, очевидно, сильно усложнит конструкцию камеры сгорания, так как температура сгорания металлов очень высока. Подача использованных металлических частей космического корабля в камеру сгорания также представит большие трудности.

Как известно, атомный водород при образовании обыкновенного молекулярного водорода выделяет на единицу массы огромное количество энергии, далеко превышающее выделение энергии при других известных термохимических реакциях (более 50 000 больших калорий на килограмм). Однако пока ещё не существует ни способа его получения, ни умения с ним обращаться.

Применение жидкого водорода и кислорода для космического корабля было предложено К. Э. Циолковским, который, начиная с 1903 г., отстаивал использование жидких топлив для целей космонавтики. Цандеру принадлежит мысль (1924 г.) об использовании металла баков, после их опорожнения, для сжигания в двигателе. Наконец, Кондратюк предложил (1929 г.) заменить кислород озоном, который даёт более теплотворную смесь с горючим.

В настоящее время усиленно ведутся работы по созданию новых высококачественных топлив для реактивных двигателей. Огромные возможности сулит применение атомной энергии для реактивного двигателя.

* * *

При полёте в воздухе устойчивость космического корабля может быть обеспечена применением плавниковых стабилизаторов и аэродинамических рулей, подобно тому как это делается в самолёте. Поместив такие рули на пути газового потока, выбрасываемого из сопла, можно использовать их для управления движением корабля также и при движении в пустоте.

Однако возможны и иные способы управления движением космического корабля в пустом пространстве. Такое управление необходимо не только для изменения направления полёта, но также для производства наблюдений и регулировки температуры. Одним из таких способов является устройство на окружности поперечного сечения космического корабля нескольких вспомогательных сопел, вводимых в действие в тот момент, когда необходим поворот корабля.

Другой способ основан на законе сохранения момента количества движения. Если двигаться внутри корабля по окружности вдоль стен в определённом направлении, то корабль начнёт поворачиваться в обратном направлении. Таким путём можно осуществить вращение корабля вокруг любой оси. Однако, поскольку масса человека значительно меньше массы корабля, человеку пришлось бы много раз обойти вокруг кабины для того, чтобы корабль сделал полуповорот. На основании того же закона сохранения момента количества движения медленное вращение космического корабля в нужном направлении может быть вызвано быстрым вращением маленького диска в обратном направлении (рис. 24).

* *
*

Как же определить местонахождение космического корабля в межпланетном пространстве?

Очевидно, местонахождение космического корабля будет известно, если будут определены расстояние корабля от Солнца и так называемый полярный угол, имеющий вершину в Солнце, а именно, угол, образуемый лучом Солнца, освещающим корабль в данный момент, и лучом Солнца, освещающим корабль в начале полёта. Определение расстояния до Солнца можно произвести при помощи термометра. В самом деле, известно, что температура изолированного в межпланетном пространстве тела зависит от его расстояния от Солнца. Абсолютная температура совершенно чёрного шара, находящегося, например, на расстоянии 100 миллионов километров от Солнца, равна 338°; на расстоянии 400 миллионов километров от Солнца она будет в два раза меньше, т. е. равна 169°, а на расстоянии 900 миллионов километров в 3 раза меньше и т. д.

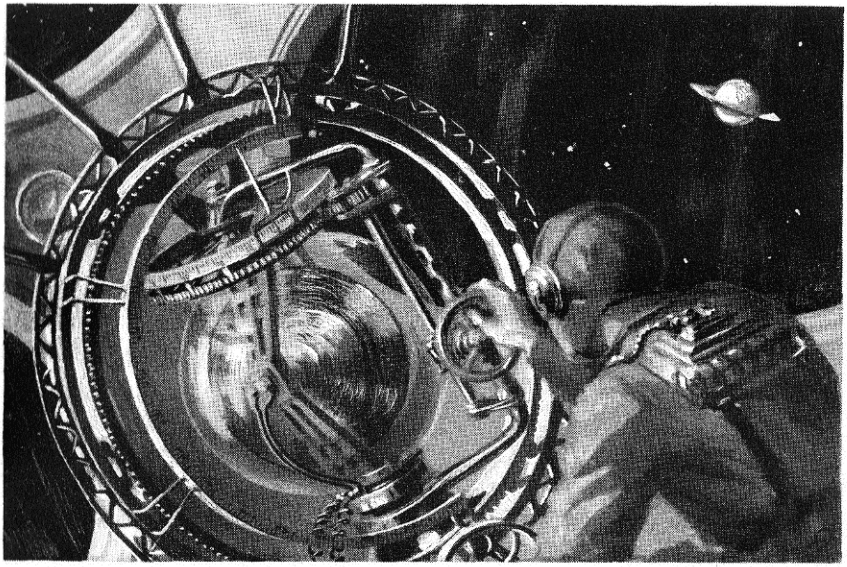


Рис. 24. Медленное вращение космического корабля в нужном направлении можно будет вызвать быстрым вращением небольшого диска в обратном направлении.

Следовательно, измеряя температуру тела, подвергающегося на космическом корабле прямому действию солнечных лучей, мы можем определить расстояние до Солнца (рис. 25 слева). Что касается полярного угла, то его нетрудно определить при помощи гироскопа (массивного вращающегося волчка), подвешенного в кардановом подвесе. Как известно, вращающийся гироскоп, подвешенный в кардановом подвесе, сохраняет неизменным направление своей оси относительно звёзд, причём совершенно независимо от того, как движется космический корабль; поэтому, наблюдая изменение угла между осью гироскопа и направлением солнечного луча, можно легко определить полярный угол (рис. 25 справа)[1]).

Можно определить местонахождение космического корабля также путём наблюдения за положением светил солнечной системы, но этот способ менее точен и требует более сложной аппаратуры.

***

[1]) Этот способ определения местонахождения космического корабля в межпланетном пространстве был предложен автором в 1934 г.

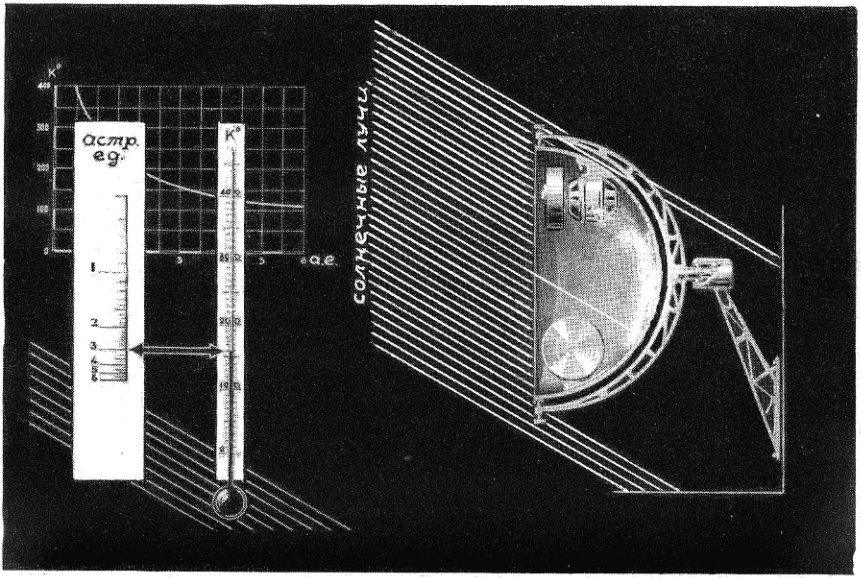


Рис. 25. Расстояние космического корабля от Солнца можно будет определить при помощи термометра, а угловую координату (полярный угол) — при помощи солнечного луча в гироскопической камере, подвешенной в карданном подвесе.

Помимо перечисленных приборов, экипажу космического корабля придётся во время пути пользоваться многими другими приборами, имеющими применение в обычных условиях на твёрдой земле, но конструкция этих приборов должна быть рассчитана на значительные ускорения, развивающиеся во время работы двигателя, а принцип их действия не должен зависеть от силы тяжести.

Желательно, чтобы приборы управления были автоматическими или хотя бы полуавтоматическими, так как сначала, вследствие влияния перегрузки, движения пилота будут затруднены, а в дальнейшем, в первые минуты после исчезновения ощущения тяжести, он может утратить способность ориентироваться. Для записи всякого рода измерений также предпочтительны автоматические приспособления.

Для измерения температуры в различных точках камеры сгорания и сопла, а также в других местах аппарата могут быть применены обычного типа термометры и термопары.

Для определения давления в камере сгорания и давления воздуха в пассажирских помещениях будут пригодны обычные манометры. Специальное приспособление, чувствительное к

минимальному сопротивлению воздуха, в сочетании с сигнальным механизмом даст знать пилоту о том моменте, когда возвращающийся на Землю космический корабль коснётся атмосферы.

Нет надобности доказывать, насколько ценными будут фотокамеры, простые и кинематографические, для получения документальных данных о произведённых наблюдениях.

В дальнейшем, по мере развития космических кораблей, они превратятся в настоящие летающие лаборатории, снабжённые самым разнообразным набором измерительных и регистрирующих приборов.

Заметим, что во время длительных межпланетных путешествий баки космической ракеты, опорожнённые от топлива, могут использоваться в качестве помещений для жилья и лабораторий.

ЖИЗНЬ НА КОСМИЧЕСКОМ КОРАБЛЕ

В течение короткого периода работы ракетного двигателя космический корабль и его путешественники будут испытывать значительную перегрузку. Истечение газовой струи из сопла будет сопровождаться сильным шумом, что потребует специальных мер для защиты слуховых органов. Но, как уже отмечалось, этот период будет длиться всего несколько минут.

Мы попытаемся описать условия жизни внутри корабля с того момента, когда работа двигателя прекратится, и космический корабль станет миниатюрным небесным телом.

Несмотря на то, что для жизни человеческого организма необходимы вполне определённые условия, его функционирование внутри космического корабля не является неразрешимой задачей. Уже в наше время человеку приходится иногда проводить некоторое время в герметически закрытой камере, например, в подводной лодке при её плавании в погружённом состоянии. Батисфера [1]), гондола стратостата, кабина стратоплана представляют собой другие примеры полного изолирования человека от обычной среды.

В кабине межпланетного корабля, помимо пассажиров, будут помещаться все нужные им вещи и научные приборы. Необходимое давление воздуха будет поддерживаться при помощи автомата.

Если материал кабины будет проницаем для ультрафиолетовых и других лучей (что, впрочем, мало вероятно), то придётся прибегнуть к прослойке, например, озона, обладающего способностью поглощать эти лучи при толщине слоя всего в два миллиметра при нормальном атмосферном давлении.

Для освещения можно будет пользоваться естественными солнечными лучами, за исключением тех очень редких случаев, когда корабль будет проходить через область, затенённую

[1]) Аппарат, позволяющий человеку опускаться в воду без водолазного костюма (в настоящее время на глубину до двух километров).

какой-либо планетой или её спутником. Если в корабле нельзя будет сделать окон, непосредственно выходящих наружу, то для ввода световых лучей внутрь кабины можно будет пользоваться узким каналом с системой линз и зеркал. Для производства наблюдений в этом случае придётся пользоваться перископом.

Солнечная энергия может быть использована в качестве источника тепла и света или непосредственно, или же путём промежуточного превращения в механическую или электрическую энергию с помощью обычных способов: например, концентрированные солнечные лучи будут нагревать котёл паровой машины или турбины, а последняя уже будет приводить в движение электрогенератор.

Электрические лампочки и вообще все приборы, действие которых имеет основой электрическое сопротивление, должны быть предохранены от очень низких температур; в противном случае сопротивление их упадёт до ничтожной величины, и работа их нарушится (например, лампочка не зажжётся).

Приготовление пищи с помощью непосредственного нагревания солнечными лучами не всегда может быть рекомендовано: специальными опытами было обнаружено, что овощи при нагревании таким способом не портятся и не теряют своих вкусовых свойств, но зато мясные продукты подвергаются гнилостному разложению.

Выход путешественников из корабля наружу, а также удаление всякого рода отбросов могут совершаться без потери воздуха через тамбур, из которого будет выкачиваться воздух после введения в него удаляемых веществ.

Скафандры для выхода наружу будут устроены по тому же принципу, как и одежда водолазов, причём малая разность давлений внутри и снаружи скафандра позволит осуществить очень лёгкую конструкцию. Однако в скафандре должен быть особый каркас для обеспечения движений путешественника, так как в случае изготовления скафандра просто из газонепроницаемой ткани последняя приняла бы такую форму, которая при заданной выкройке ткани имела бы наибольший объём; поэтому всякое движение, связанное с уменьшением этого объёма, было бы крайне затруднено, так как для уменьшения объема приходилось бы затрачивать энергию. Следовательно, одежда должна быть устроена так, чтобы она при любых движениях сохраняла постоянный объём. Кроме того, человек в скафандре должен иметь возможность регулировать температуру независимо от своего положения относительно солнечных лучей. Наконец, одежда не должна пропускать лучей, вредных для организма.

Воздух для дыхания может храниться в сжатом или жидком виде в специальном резервуаре при скафандре или подаваться из кабины корабля через соединительный шланг.

***

Если при полёте космического корабля в нём не будет создано искусственное поле тяготения, то физические явления на корабле будут существенно отличаться от привычных явлений, имеющих место на Земле.

Ввиду отсутствия тяжести представление о «верхе» и «низе» исчезнет. Силы притяжения между предметами внутри корабля ввиду малости взаимодействующих масс не будут заметны. Люди смогут отдыхать в любом положении. Ходьба станет невозможной, так как давление стопы на опору будет отсутствовать, а, следовательно, не будет и трения, необходимого для передвижения.

Передвигаться внутри космического корабля можно будет, или подтягиваясь к стенкам и неподвижно укреплённым предметам, или отталкиваясь от них.

При выходе из корабля, пассажир, очевидно, должен будет сохранять с ним связь с помощью верёвки. Он может взять с собой привязанный к бечёвке тяжёлый предмет, отбрасывая который в одном направлении, он сам будет перемещаться в противоположном направлении (на основании закона о сохранении положения центра масс, см. стр. 52). Того же эффекта можно будет достичь с помощью маленькой ракетки или пистолета, но эти способы связаны с безвозвратной потерей массы.

Обычной мебелью и инструментами нельзя будет пользоваться. Для удержания любого предмета на определённом месте его придётся укреплять. При приготовлении пищи кастрюли нужно будет закрывать крышками и приводить их во вращательное движение, чтобы их содержимое прилегало к стенкам. Очень удобно будет пользоваться электрическими и электромагнитными инструментами.

При выливании из сосуда жидкость обратится в шар вследствие действия поверхностного натяжения. При соприкосновении с твёрдым телом силы сцепления могут превысить силы поверхностного натяжения, и тогда жидкость растечётся по поверхности тела. Вообще обращение с жидкостями будет довольно неудобно. Умываться можно будет только с помощью смоченной губки. Для опорожнения бутылки нужно будет буквально «стянуть» её с заключённой в ней жидкости либо использовать центробежный эффект, двигая бутылку

по большой дуге, либо, наконец, воспользоваться насосом или резиновой грушей.

Одежда должна быть изготовлена таким образом, чтобы она удерживалась на теле независимо от силы тяготения.

***

Для измерения давления воздуха нужно будет пользоваться пружинным манометром, так как обычный ртутный барометр для этой цели непригоден. В самом деле, пружинный манометр основан на упругой деформации твёрдого тела, а это свойство не меняется от увеличения или исчезновения ускорения, которому подвергается прибор. Ртутный же барометр основан на уравновешивании давления воздуха весом соответствующего столба ртути. Но в то время как давление воздуха в кабине космического корабля практически не будет меняться ни во время работы двигателя, ни во время полёта с выключенным двигателем, вес столба ртути существенным образом будет зависеть от величины тяги ракетного двигателя (рис. 26). Так, например, если после включения двигателя сила тяжести на борту корабля увеличится в четыре раза, то прежнее давление воздуха в кабине ракеты будет уравновешиваться столбом ртути, в четыре раза меньшим нормального, что может ввести наблюдателя в заблуждение. При полёте же по инерции (с выключенным мотором) масса ртути, вообще, теряет свой вес, поэтому ртуть в узком колене манометра поднимется до самого верха и барометр перестанет обнаруживать изменения давления.

Из-за потери веса во время полёта по инерции маятниковые часы с гирей не смогут ходить. Но здесь недостаточно замены гири пружиной. При взлёте корабля, когда реактивный двигатель развивает большое ускорение, колебания маятника будут происходить чаще и часы начнут спешить (рис. 27); после же выключения мотора маятник вообще перестанет колебаться и часы остановятся. Поэтому следует его заменить якорем, пружина которого работает одинаковым образом в любых условиях движения корабля.

Как во время космического полёта измерять массу? Подвесим килограммовую гирю к пружинным весам. До момента взлёта ракеты указатель весов будет стоять на единице. Но в момент включения двигателя указатель резко переместится и будет показывать столько килограммов, во сколько раз ускорение ракеты больше ускорения силы тяжести на поверхности Земли, ибо, как известно, вес тела равен его массе, умноженной на ускорение. Когда же ускорение прекратится, указатель перескочит на «нуль». Следовательно, обычные пружинные



Рис. 26. Для измерения давления воздуха на космическом корабле нужно будет пользоваться пружинным манометром, так как барометр для этой цели будет не пригоден.



Рис. 27. Маятниковые часы с гирей не будут пригодны на космическом корабле; они должны быть заменены пружинными часами с якорем.

весы не позволят измерять массу во время космического полёта. Придётся пользоваться центробежными весами, в которых сила, сжимающая пружину, будет возникать вследствие вращения.

Для поддержания пламени в горелке нужно будет подводить к ней непрерывную струю кислорода; без этого продукты сгорания не будут отводиться от пламени, и оно будет заглушено.

Таким образом, мы видим, что управление многими явлениями и функциями в космическом корабле будет несколько затруднено. С другой стороны, некоторые функции при отсутствии тяжести существенно облегчатся.

Однако, как мы видели выше, вполне возможно, без больших затруднений, создание искусственной тяжести, вследствие чего некоторые из перечисленных трудностей пребывания на космическом корабле отпадут.

Приспособление к новым, необычным условиям для человека, возможно, не представит больших трудностей. Что же касается животных, то едва ли можно надеяться на то, что они смогут привыкнуть к отсутствию тяжести в космическом корабле.

* *
*

Для поддержания температуры внутри космического корабля можно будет применить искусственное отопление. При этом необходимо будет принять меры против потерь тепла через стенки кабины, например, путём обшивки их теплонепроницаемым материалом. Однако такой способ, связанный с расходом топлива, будет необходим только для полётов вблизи границ солнечной системы, где солнце почти «не греет». Нормальным же способом отопления, дающим наибольшую экономию топлива, будет использование солнечных лучей.

В самом деле, всякое тело, подвергающееся действию солнечных лучей, нагревается или охлаждается до тех пор, пока количество поглощаемой им теплоты не сделается равным количеству излучаемой теплоты, после чего температура тела устанавливается на определённом постоянном уровне — на так называемой равновесной температуре.

Равновесная температура тела зависит от рода составляющей его материи, от расстояния до Солнца, от формы тела и от расположения освещаемой поверхности тела относительно солнечных лучей. Например, температура абсолютно чёрного шара при его перемещении в межпланетном пространстве от орбиты Меркурия до орбиты Плутона изменяется от $+171°$

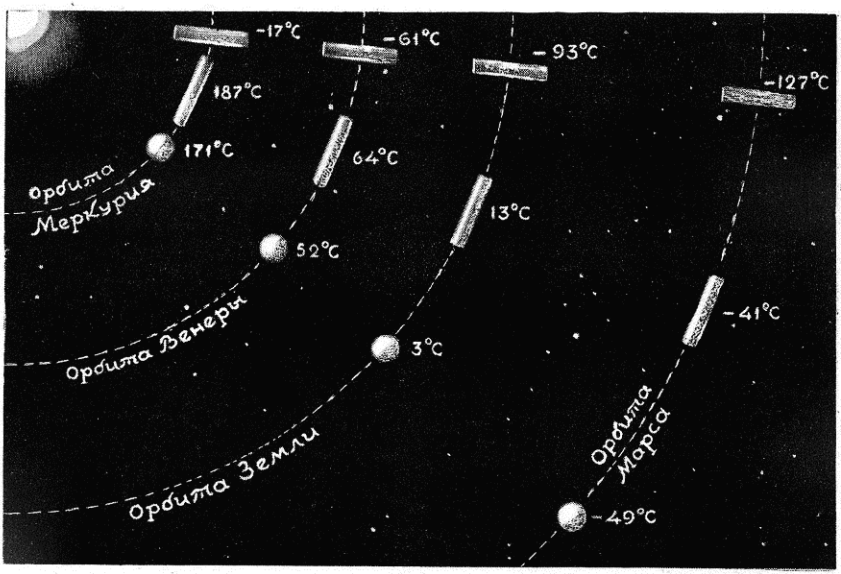


Рис. 28. Температура абсолютно чёрного тела, имеющего форму шара и цилиндра, на орбитах Меркурия, Венеры, Земли и Марса.

до —229° Ц (рис. 28). Температура абсолютно чёрного цилиндра с высотой, равной пяти диаметрам, находящегося на орбите Венеры, будет колебаться от —61° до + 64° Ц, в зависимости от расположения цилиндра относительно солнечных лучей.

Абсолютно чёрное тело поглощает солнечные лучи целиком. Тела другой окраски часть солнечных лучей в той или иной мере отражают. Это обстоятельство позволит легко и в широких пределах регулировать температуру внутри космического корабля. Достаточно будет одну часть наружных стенок корабля покрыть оболочкой из материала, сильно поглощающего солнечные лучи, а другую часть — оболочкой, хорошо отражающей лучи, и ориентировать эти оболочки соответствующим образом относительно Солнца.

Имеющееся на корабле топливо, полученное путём сжижения газов, должно, конечно, сохраняться при вполне определённой низкой температуре; между тем, человеческий организм требует сравнительно высокой температуры. Эти противоречивые требования приводят к значительному усложнению конструкции космического корабля. Для решения этой задачи можно будет, например, отделить баки с жидким топливом от пассажирской кабины и искусственно поддерживать в них низкую

температуру. Если поддержание низкой температуры на стороне, обращённой к Солнцу, нельзя будет обеспечить при помощи теплоизоляции, то содержимое баков придётся перемешивать механическим путём.

На поверхности Земли наличие атмосферы вносит заметную поправку в величину равновесной температуры, обусловленной солнечным излучением. Это происходит вследствие конвекции, отнимающей тепло от нагреваемого тела. Поэтому данные о нагревании тела, получаемые из повседневного опыта, нельзя распространять на случай, когда тела находятся в пустоте мирового пространства; некоторые тела, нагревающиеся в воздухе сильнее, чем другие, в пустоте будут иметь более низкую температуру.

***

При перемещениях человека в пространстве, когда ему на то или иное время приходится терять связь с источниками снабжения, всегда возникает вопрос о минимальном весе жизненных припасов, необходимых для нормального существования. Корабли, поезда дальнего следования, пассажирские самолёты, научные экспедиции необходимо снабжать пищей, часто и водой на несколько дней или недель, а иногда на несколько лет. О кислороде для дыхания в этих случаях не приходится заботиться: его можно в неограниченном количестве черпать из атмосферы.

В кабине космического корабля дело осложняется вопросом о снабжении не только водой и пищей, но и кислородом. Если взять с собой нужное количество воды, то это слишком отяготит космический корабль. Поэтому запасы воды необходимо будет постоянно возобновлять, извлекая её из воздуха, заключённого в кабине, и из выделений организма.

Если принять во внимание, что полёт к ближайшим планетам и обратно будет длиться не менее года, то станет понятным огромное значение рационального снабжения путешественников кислородом и продуктами питания. Слишком малый запас этих необходимых организму веществ может привести к истощению или даже гибели путешественников, излишний же запас недопустим, так как даже минимальное увеличение полезного груза космического корабля связано с большими трудностями.

Согласно расчётам некоторых исследователей вес продуктов и кислорода, необходимых для снабжения одного космического пассажира в течение суток, должен составлять от 4 до 10 килограммов. Однако это неверно: более правильный расчёт показывает, что ежесуточную норму продуктов и кислорода

можно уменьшить примерно до 1,3 килограмма. Кроме того, исследователи, производившие первоначальные расчёты, не заметили того очень важного факта, что человеческий организм постоянно производит воду.

Человек может нормально существовать только в соответствующей атмосфере. Атмосфера не только даёт кислород, без которого невозможно дыхание, но и оказывает на тело определённое давление, необходимое для сохранения в равновесии содержащихся в теле газообразных веществ, а также препятствует быстрому испарению влаги, содержащейся в клетках.

Потребление кислорода зависит прежде всего от выполняемой человеком работы и от его веса, но для различных организмов оно колеблется в очень широких пределах. В среднем оно составляет девять миллиграммов в минуту на один килограмм веса человека. Находясь в состоянии покоя, человек потребляет в минуту около 179 миллиграммов кислорода и выделяет около 180 миллиграммов углекислого газа. При неполном покое потребление кислорода увеличивается примерно на 25%, а при интенсивной работе возрастает в 10 раз.

Но следует ли из сказанного, что, например, годичные запасы кислорода для человека, находящегося в состоянии полного покоя, исчерпались бы уже в 0,1 года при чрезвычайно интенсивной работе. Конечно, нет, ибо во время сна и отдыха, потребность в которых тем больше, чем интенсивнее труд, человек поглощает небольшое количество кислорода. Ввиду этого отношение минимального суточного запаса кислорода к максимальному будет равно примерно 1: 2,2.

Вообще, точное определение потребного запаса кислорода довольно затруднительно. Впрочем, опасности истощения запасов кислорода для дыхания смягчаются тем обстоятельством, что в крайнем случае может быть использован жидкий кислород, предназначенный для двигателя.

Вопрос о поддержании нужного давления в кабине космического корабля также имеет большое значение.

В земной атмосфере недостаток кислорода обычно даёт себя чувствовать при давлении в 430 миллиметров ртутного столба, что соответствует высоте над уровнем моря в 4,5 километра. Опытами установлено, что при уменьшении давления вдыхаемого воздуха пропорция кислорода в нём должна увеличиваться, так как иначе может наступить удушье. Так, например, в одном из опытов испытуемый выдержал (с лёгкими признаками недомогания) давление вдыхаемой смеси в 100 миллиметров ртутного столба, но с содержанием кислорода около 75%. Основываясь на опытах над кроликами, физиологи

пришли к выводу, что человеческий организм способен выдержать понижение внешнего давления до 65 миллиметров ртутного столба, но при необходимом условии, что дыхательная смесь обогащается кислородом до 90 %. Эти выводы имеют скорее теоретический интерес, так как в указанных условиях организм исчерпывается до крайности. Для нормального функционирования различных органов необходимо гораздо более высокое давление. Заметим, что при низком давлении очень понижается работа органа слуха. С другой стороны, чем меньше давление воздуха в кабине космического корабля, тем меньше опасность утечки воздуха в мировое пространство, тем проще конструкция кабины и скафандров.

Но если с точки зрения облегчения конструкции кабины желательно минимальное давление, то для достижения наименьшей испаряемости с поверхности тела требуется как раз повышение давления. Решение вопроса о наиболее целесообразном выборе давления должно быть найдено опытным путём.

Воздух, находящийся в кабине, может непрерывно очищаться путём охлаждения в специальном конденсаторе до температуры сжижения углекислого газа, т. е. до —78° Ц. При этом сначала будет осаждаться вода, а затем и жидкая углекислота. К очищенному воздуху должен прибавляться в необходимом количестве кислород, а если нужно, то и водяные пары, после чего смесь должна быть подогрета до нормальной температуры.

Необходимый запас кислорода должен быть взят с собой в жидком виде. В этом случае вес и объём резервуаров будут самые малые. Конструкция баков для сжиженного кислорода может быть выполнена по принципу сосудов Дьюара, обеспечивающих довольно длительное сохранение продуктов сжижения газов. Кислород для дыхания может храниться или в отдельных резервуарах, или совместно с кислородом, предназначенным для питания двигателя.

Если удастся получить жидкий озон в устойчивом виде, то тогда будет целесообразно располагать в пути определённым запасом его. Этот газ, обладающий сильным окислительным и обеззараживающим действием, хорошо освежает воздух, что особенно важно для герметически закрытой кабины.

* *
*

Количество необходимого для космического пассажира кислорода тесно связано с количеством пищи и её составом.

Пища человека состоит из трёх основных компонентов: углеводов, белков и жиров.

Современные лаборатории по рациональному питанию занимаются главным образом вопросами, касающимися пищи, а не кислорода, запасы которого в земной атмосфере неисчерпаемы. Для внеземных же путешествий, которые будут происходить в безвоздушном пространстве, вопрос минимальной нормы кислорода не уступает по своей важности аналогичному вопросу о пище. В космическом корабле достаточность жизненных припасов будет определяться количеством тепла, получаемого телом не от единицы массы пищи, а от единицы массы смеси пища-кислород.

Исходя из лабораторных данных, можно считать, что в среднем для сгорания одного грамма углеводов требуется 1,185 грамма кислорода, причём выделяется 4,18 большой калории тепла; для сгорания одного грамма жира требуется 2,89 грамма кислорода, причём выделяется 9,45 большой калории. Наконец, для сгорания одного грамма белка необходимо около одного грамма кислорода, причём выделяется около 4,1 большой калории. Таким образом, легко вычислить, что один грамм смеси углеводов с кислородом даёт 1,91 большой калории, один грамм смеси жира с кислородом — 2,43 большой калории и один грамм смеси белка с кислородом — около 2 больших калорий. Отсюда следует, что белок, который при обычных расчётах, не учитывающих количества поглощённого кислорода, считается менее калорийным, чем углеводы, выделяет в сочетании с кислородом на единицу веса смеси несколько больше тепла, чем углеводы. С другой стороны, жир, который без учёта поглощаемого кислорода даёт в 2,36 раза больше тепловой энергии, чем белок, выделяет в сочетании с кислородом только в 1,22 раза больше калорий, чем белок с кислородом. Тем не менее жиры всё же остаются наиболее калорийной пищей, и поэтому для возможного уменьшения необходимого запаса продуктов питания и кислорода жиры должны составлять возможно бóльшую долю в пищевом рационе.

Исследования обмена веществ показали, что углеводы могут быть исключены из пищи без особого вреда для организма. Что касается белка, то определённое его количество необходимо для поддержания жизни клеток. Принято считать, что взрослому человеку весом в 70 килограммов, работающему 8—10 часов в сутки, необходимо получать в день 118 граммов белков.

Каков же будет расход других продуктов питания и кислорода? Если предположить, что масса пассажира космического корабля будет оставаться неизменной, то суточный рацион, необходимый для поддержания организма в состоянии равновесия, будет зависеть только от выделяемой телом теплоты.

Эта же теплота зависит, в свою очередь, от выполняемой человеком работы.

В результате большого числа опытов установлено, что человек, находящийся в состоянии полного покоя, тепло одетый, выделяет при температуре наружного воздуха в 15° Ц около 1680 больших калорий в сутки; при выполнении очень лёгких работ — 2350 больших калорий в сутки; при очень же интенсивной работе (около 100 000 килограммометров) — 3655 больших калорий в сутки.

При определении расхода продуктов питания и кислорода для дыхания мы будем исходить из двух последних случаев, предполагая, что масса пассажира космического корабля остаётся неизменной.

Если принять за норму указанный выше рацион белков и взять остальное количество пищи в виде жиров, то получим, что при выполнении очень лёгкой работы потребуется ежесуточно на одного человека 0,32 килограмма продуктов питания и 0,7 килограмма кислорода, а при выполнении очень интенсивной работы — 0,45 килограмма продуктов и 1,1 килограмма кислорода. Мы предполагаем при этом, что космические пассажиры имеют возможность запастись совершенно сухими, обезвоженными продуктами питания. В действительности большинство продуктов, даже так называемые концентраты, содержат большой процент воды, поэтому придётся ещё много поработать над способами изготовления абсолютно сухих продуктов для космических путешествий.

Пища должна содержать необходимые организму минеральные соли и витамины.

Суточная норма воды по весу значительно больше (примерно 2,5 килограмма), чем норма сухих продуктов и кислорода, вместе взятых. Однако вода не усваивается организмом, а выделяется им обратно. При этом нужно иметь в виду то важное обстоятельство, что человеческий организм выделяет различными путями воды больше, чем он поглощает в виде питья, в твёрдых продуктах и в парах вдыхаемого воздуха. Это происходит вследствие соединения водорода, содержащегося в продуктах питания, с кислородом, содержащимся как в самих продуктах, так и во вдыхаемом воздухе. Количество образующейся таким образом воды составляет в среднем 0,4 килограмма в сутки.

Это обстоятельство позволит обойтись без каких-либо запасов воды, ибо с помощью простейшей аппаратуры можно извлечь 90 % воды из воздуха и отбросов. Естественно, что после извлечения воды она должна быть насыщена воздухом и снабжена некоторым количеством минеральных солей.

Итак, вопросы снабжения путешественников кислородом и продуктами питания в герметически закрытой кабине не представляют затруднения уже в настоящее время. Количество же воды в совершенно изолированной системе будет даже постоянно увеличиваться за счёт потреблённых сухих продуктов питания. При этом часть воды, оставшаяся после удовлетворения потребностей питания и гигиены, может быть подвергнута с помощью солнечной энергии разложению и использована затем в качестве горючего и кислорода для дыхания. Вследствие того, что запасы материи в космическом корабле будут весьма ограничены, может оказаться целесообразным сохранять отбросы даже после извлечения из них воды и кислорода. В частности, они могут быть использованы в качестве составной части массы, выбрасываемой двигателем, тем более, что они частично (около 8%) способны гореть, выделяя, таким образом, некоторое количество энергии.

Наконец, возможно, что на космическом корабле удастся осуществить круговой процесс не только воды, но и кислорода.

ПОЛЁТЫ В МЕЖПЛАНЕТНОЕ ПРОСТРАНСТВО

Едва ли создатели небесной механики, т. е. науки о движении небесных тел, предполагали, что открытые ими законы впоследствии будут применяться для расчёта движения космических кораблей, управляемых человеком. Между тем, космический корабль, летящий в межпланетном пространстве с выключенным двигателем, подчиняется в точности таким же законам, как и небесные тела. Зная величину и направление скорости небесного тела в какой-либо точке пространства, мы можем вычислить его орбиту, т. е. весь его путь в мировом пространстве. Аналогичным образом, зная величину и направление скорости космического корабля в какой-нибудь точке мирового пространства, можно совершенно точно вычислить весь путь, пройденный кораблём с момента выключения двигателя, и весь путь, который ему ещё предстоит совершить при выключенном двигателе.

***

Бросим какое-либо тело с некоторой начальной скоростью, направленной горизонтально. Если бы не было силы притяжения Земли и сопротивления воздуха, то брошенное тело двигалось бы по инерции прямолинейно и равномерно и постепенно удалялось бы от поверхности Земли. Но сила притяжения Земли заставляет тело падать назад на Землю. Это падение происходит одновременно с удалением от Земли вследствие движения по инерции; оба движения, происходящие под углом друг к другу, складываются по закону параллелограмма, в результате чего путь тела искривляется. При небольших начальных скоростях падение тела назад на Землю опережает удаление от Земли; поэтому тело начинает постепенно приближаться к Земле. Но при некоторой, вполне определённой начальной скорости наступит такое состояние движения, что в каждый промежуток времени тело будет по инерции удаляться от поверхности Земли ровно настолько,

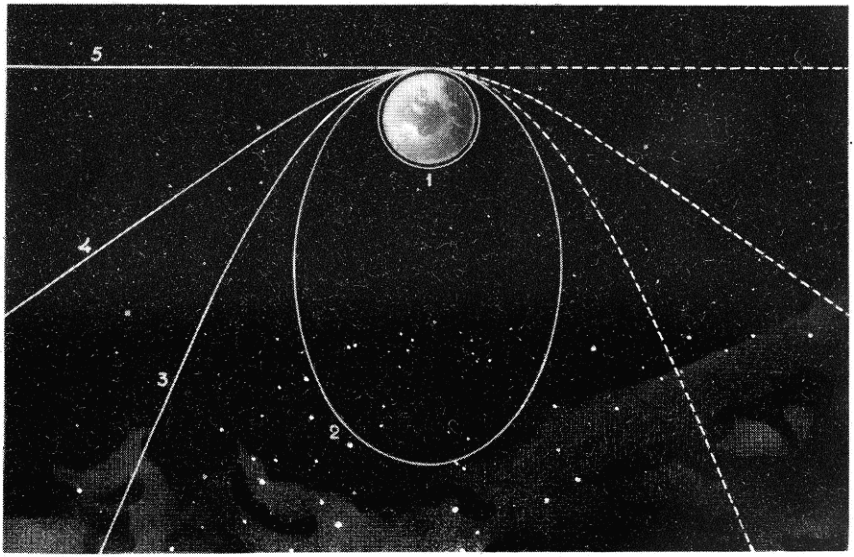


Рис. 29. При начальной горизонтальной скорости в 7,9 километра в секунду тело опишет вокруг Земли окружность *1*; при скорости от 7,9 до 11,2 километра в секунду оно будет двигаться по эллипсу *2*; при скорости в 11,2 километра в секунду — по одной из ветвей параболы *3*; при ещё больших скоростях — по одной из ветвей гиперболы *4*. Для осуществления полёта по касательной прямой *5* к земной поверхности понадобилась бы бесконечно большая скорость.

насколько будет падать вследствие притяжения. Тогда тело, продолжая свой полёт, будет всё время оставаться на одной и той же высоте над поверхностью Земли, т. е. иными словами, будет двигаться вокруг Земли по окружности, имеющей свой центр в центре Земли (рис. 29). Скорость полёта, при которой наступает такое движение, будем называть *круговой скоростью*. Вблизи поверхности Земли она равна 7912 метров в секунду и уменьшается с высотой. На небольших высотах это уменьшение составляет 0,6 метра в секунду на один километр высоты, а на высоте 1000 километров — 0,5 метра в секунду. (Напомним, что мы пренебрегаем сопротивлением воздуха.)

Круговая скорость на Меркурии, Венере, Марсе и Плутоне меньше, чем на Земле, а на всех остальных планетах — значительно больше (см. таблицу 3 на стр. 104).

Круговая скорость у поверхности планеты является наименьшей скоростью, позволяющей космическому кораблю оторваться от поверхности планеты и продолжать затем постоянно двигаться по траектории, практически невозмущаемой влиянием других небесных тел. С этой точки зрения круговую скорость можно назвать «первой» космической скоростью.

Какая же нужна минимальная начальная скорость для того, чтобы брошенное тело совсем преодолело притяжение Земли, т. е. унеслось бы в межпланетное пространство?

Математический расчёт показывает, что работа, необходимая для удаления тела с поверхности планеты в бесконечность, равна той работе, которую нужно было бы затратить для подъёма тела на высоту, равную радиусу планеты, при условии, что напряжение силы тяжести не изменяется по мере удаления тела от центра планеты. Для того чтобы дать возможность какому-либо телу совсем улететь с поверхности планеты, необходимо сообщить ему на поверхности планеты такую скорость, чтобы его кинетическая энергия численно была равна только что указанной работе; эта скорость будет больше круговой скорости на 41%. Тело, обладающее такой скоростью, вообще будет двигаться в бесконечность по параболе; поэтому эта скорость называется *параболической*; но в том случае, когда тело будет брошено вверх строго вертикально, оно будет двигаться по прямой линии. Как круговая, так и параболическая скорости для разных точек Земли имеют разную величину. Если пренебречь влиянием вращения нашей планеты, то для точек на экваторе Земли параболическая скорость равна 11 189 метрам в секунду.

Скорость взлёта космического корабля, конечно, складывается с окружной скоростью вращения планеты около собственной оси. На земном экваторе окружная скорость равна 465 метрам в секунду. Поэтому направление взлёта должно быть выбрано так, чтобы оно совпадало с направлением вращения Земли. В этом случае для удаления тела в бесконечность достаточно сообщить ему скорость только в 10 724 метра в секунду.

Параболическая скорость на Меркурии, Венере, Марсе и Плутоне меньше, чем на Земле, на планетах-гигантах она значительно больше (см. таблицу 3).

Если телу сообщить скорость, бóльшую круговой скорости, но меньшую параболической, то оно будет двигаться по эллиптической орбите.

Приведённые расчёты выполнены при допущении, что тело находится под действием силы притяжения только одной Земли. Однако космический корабль, покидающий Землю, будет подвергаться одновременно притяжению Земли и притяжению Солнца. Поэтому для того чтобы тело могло удалиться за пределы нашей солнечной системы, ему следует сообщить скорость, бóльшую параболической. Будем называть эту скорость *освобождающей скоростью*. Величина освобождающей скорости зависит от её направления; наименьшее значение, равное 16 662 метрам в секунду, она будет иметь в том случае, когда её

Таблица 3

Значения круговой, параболической и освобождающей скоростей в километрах в секунду для Солнца и планет

Светило	Средняя скорость движения светила по орбите	Круговая скорость на поверхности светила	Параболическая скорость на поверхности светила	Параболическая скорость относительно Солнца	Разность между параболической скоростью относительно Солнца и средней скоростью светила по орбите	Освобождающая скорость (на полюсах светила)
Солнце	—	437,535	618,753	618,753	—	618,753
Меркурий	47,842	3,028	4,282	67,659	19,819	20,275
Венера	34,999	7,319	10,351	49,495	14,497	17,812
Земля	29,766	7,912	11,189 (на экваторе) 11,208 (на полюсах)	42,095	12,329	16,662
Марс	24,114	3,562	5,038	34,102	9,988	11,187
Юпитер	13,050	42,205	59,686 (на экваторе) 61,778 (на полюсах)	18,455	5,405	62,012
Сатурн	9,638	25,100	35,495 (на экваторе) 37,500 (на полюсах)	13,630	3,992	37,720
Уран	6,795	15,308	21,648	9,609	2,814	21,829
Нептун	5,428	16,129	22,810	7,676	2,248	22,920
Плутон	4,739	?	?	6,701	1,962	?

направление будет совпадать с направлением движения Земли вокруг Солнца.

Освобождающая скорость на всех планетах, кроме Марса и Плутона, больше, чем на Земле (см. таблицу 3).

Значения круговой, параболической и освобождающей скоростей для спутников планет даны в таблице 4.

* * *

Когда будет достигнута «первая» космическая скорость, в порядке дня встанет вопрос о постройке искусственного спутника, обращающегося вокруг Земли вне атмосферы (рис. 30).

Вследствие отсутствия сопротивления воздуха при выборе формы для такого спутника соображения удобообтекаемости

Таблица 4

Значения круговой и параболической скоростей в километрах в секунду для спутников планет

Планета	Спутник	Средняя скорость движения спутника по орбите	Параболическая скорость относительно планеты	Круговая скорость на поверхности спутника	Параболическая скорость на поверхности спутника
Земля	Луна	1,023	1,447	1,679	2,375
Марс	Фобос	2,139	3,024	—	—
	Деймос	1,352	1,911	—	—
Юпитер	5-й спутник [1]) .	26,342	37,253	—	—
	1-й (Ио)	17,328	24,505	1,835	2,595
	2-й (Европа) . .	13,735	19,424	1,466	2,073
	3-й (Ганимед) .	10,874	15,379	1,963	2,776
	4-й (Каллисто) .	8,200	11,596	1,505	2,128
	6-й (спутник) . .	3,323	4,700	—	—
	10-й спутник . .	3,290	4,653	—	—
	7-й спутник . .	3,282	4,642	—	—
	11-й спутник . .	2,354	3,329	—	—
	8-й спутник . .	2,313	3,271	—	—
	9-й спутник . .	2,307	3,263	—	—
Сатурн	7-й (Мимас) [1]) .	14,306	20,232	0,280	0,396
	6-й (Энцелад) .	12,623	17,851	0,507	0,717
	5-й (Фетида) . .	11,342	16,040	0,823	1,164
	4-й (Диона) . .	10,020	14,171	0,990	1,400
	3-й (Рея)	8,478	11,989	1,282	1,813
	1-й (Титан) . .	5,568	7,874	5,323	7,528
	8-й (Гиперион) .	5,055	7,149	—	—
	2-й (Япет) . . .	3,261	4,612	—	—
	9. Феба	1,710	2,419	—	—
Уран	5-й спутник [1]) .	6905(?)	9765(?)	—	—
	3-й (Ариель) . .	5,530	7,821	—	—
	4-й (Умбриель)	4,668	6,601	—	—
	1-й (Титания) .	3,659	5,175	—	—
	2-й (Оберон) . .	3,165	4,475	—	—
Нептун	Тритон	4,373	6,184	—	—

[1]) См. примечание к таблице 2 на стр. 21.

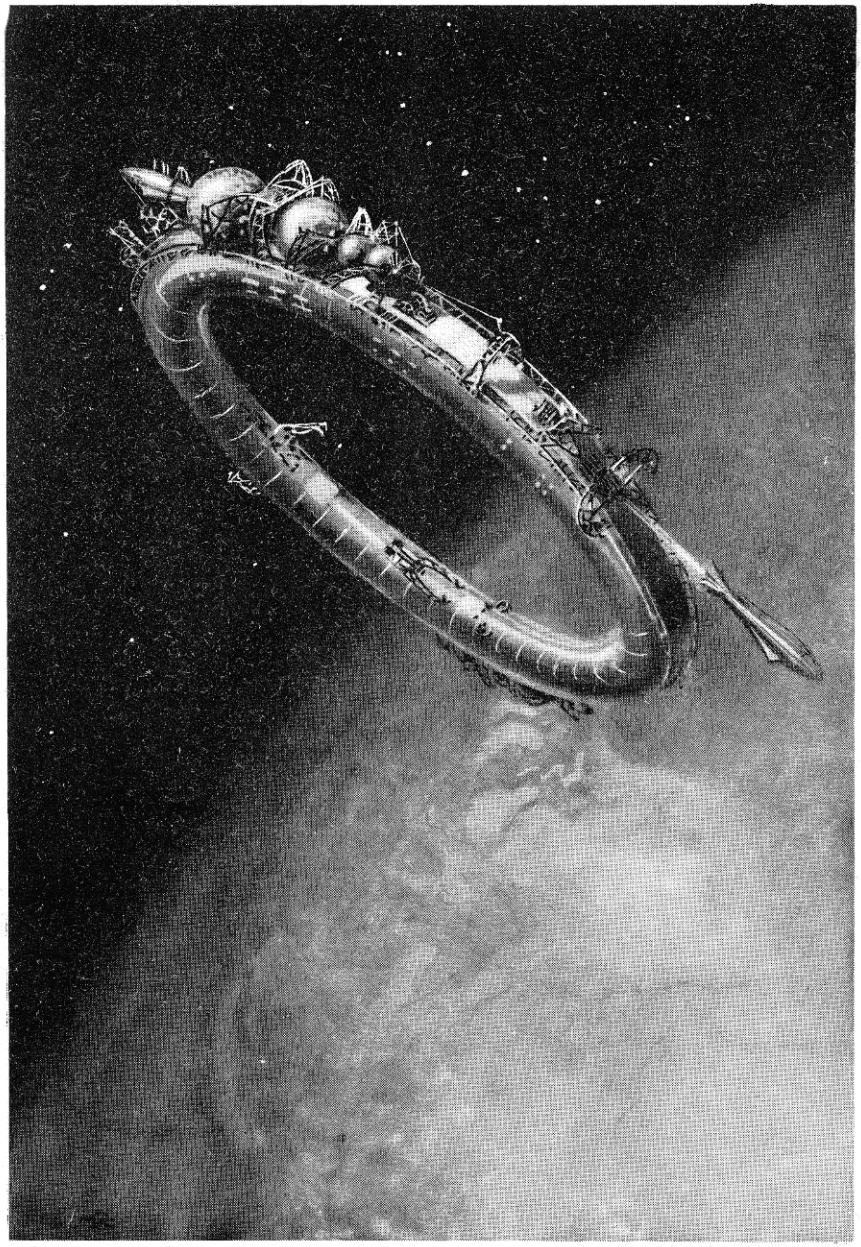


Рис. 30. Примерная конструкция искусственного спутника Земли. С такого спутника космические корабли будут отправляться в межпланетное пространство. Вращение спутника вокруг своей оси будет вызывать на нём искусственную тяжесть.

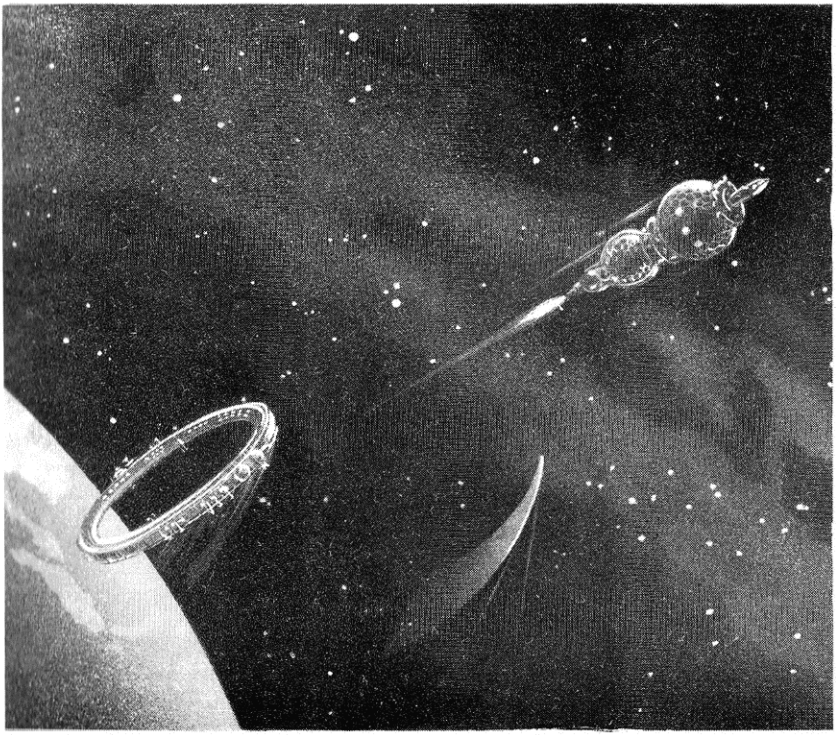


Рис. 31. Космический корабль улетает в мировое пространство с искусственного спутника Земли.

совершенно отпадают. Движение спутника будет продолжаться вечно без всякого расхода топлива под действием силы тяготения.

Постройка спутника может быть произведена из нескольких частей, последовательно отправленных с Земли. Его устройство должно быть основано на тех же принципах, что и устройство космического корабля, а условия жизни на нём будут напоминать условия в кабине космического корабля.

Искусственный спутник может быть использован в качестве промежуточной отправной станции для космических путешествий (рис. 31). При наличии такой внеземной станции топливо, а также полезный груз, необходимый для достижения конечной цели путешествия, могут быть доставлены на неё предварительно, отдельными частями. Это облегчит конструкцию космического корабля, так как ему понадобится запасаться для путешествия значительно меньшим количеством топлива.

Основная ценность близкого к Земле искусственного спутника будет заключаться в том, что для полёта к нему будет нужна

небольшая начальная скорость. Конечно, такой спутник должен двигаться уже вне сколько-нибудь ощутимой атмосферы. Исходя из этих соображений, достаточно его расположить на высоте около 200 километров. Соответствующая этой высоте круговая скорость равна 7791 метров в секунду. Ракета, способная развить в свободном пространстве скорость около 9 километров в секунду, легко может долететь до такого искусственного спутника, несмотря на потерю скорости вследствие притяжения к Земле и сопротивления воздуха. Такая же ракета, отправляющаяся с искусственного спутника, не только может достичь любой планеты, но и навсегда покинуть нашу солнечную систему.

Впрочем, для реализации путешествия «по этапам» совсем не обязательно создание постоянного искусственного спутника. Сначала можно будет отправить космический корабль в полёт по круговой или эллиптической орбите вокруг Земли, а затем доставить к нему с помощью вспомогательных ракет дополнительные грузы и топливо, необходимые для дальнейшего полёта к намеченной цели.

Искусственные спутники будет полезно создать не только вокруг планет, но и вокруг Солнца. Их назначение будет такое же, как и искусственных спутников Земли; кроме того, они могут использоваться для путешествия в области, близкие к Солнцу. Ряд готовых, не искусственных, а природных станций вокруг Солнца можно выбрать среди многочисленных астероидов. Многие из этих астероидов, благодаря их удачному положению относительно Солнца и ничтожной силе тяжести, представляют собой особенно удобные промежуточные станции.

* *
*

Полёты на Луну и вокруг Луны будут особенно облегчены тем, что солнечное притяжение практически не будет оказывать на них никакого влияния. В противоположность путешествию на другие планеты полёт на Луну может быть предпринят почти в любое время и будет длиться недолго. Поэтому необходимые запасы продуктов могут быть минимальными.

Неподготовленному читателю может показаться, что начальная скорость, необходимая для достижения лунной орбиты, значительно меньше параболической скорости, необходимой для удаления тела в бесконечность. Однако в действительности разница между этими скоростями составляет только один процент параболической скорости. При взлёте с искусственного спутника необходимая начальная скорость будет значительно меньше.

Для того чтобы достигнуть ближайшей точки лунной орбиты, скорость взлёта с искусственного спутника (при полёте по

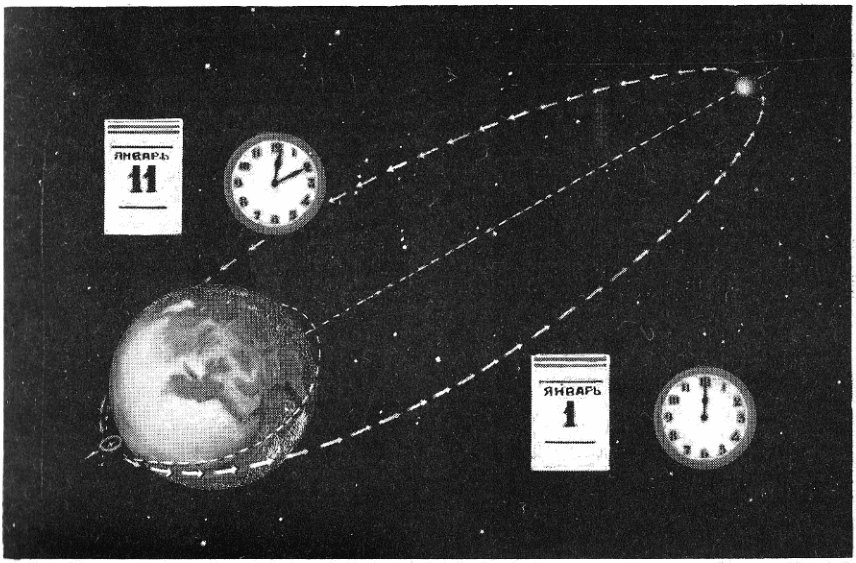


Рис. 32. Отправляясь с искусственного спутника Земли со скоростью 3129 метров в секунду, можно совершить беспосадочный перелёт Земля — Луна — Земля в 10 дней 11 минут.

эллиптической траектории) должна быть равна только 3129 метрам в секунду. Для достижения же наиболее удалённой точки лунной орбиты, расположенной от Земли дальше ближайшей точки на 42 212 километров, скорость взлёта должна быть увеличена на 10 метров в секунду. Таким образом, ничтожное увеличение начальной скорости позволяет весьма значительно вытянуть эллиптическую траекторию космического корабля.

Обогнув Луну и дав возможность обозреть неизвестную нам сторону Луны, космический корабль автоматически вернётся на Землю, двигаясь по другой половине эллипса (рис. 32).

Полные времена полёта по эллипсам, проходящим через перигей и апогей Луны (т. е. через наиболее близкую и наиболее удалённую точки лунной орбиты), будут составлять соответственно 9 дней 5 часов 4 минуты и 10 дней 19 часов 49 минут.

Если скорость истечения газов из ракеты будет равна 4 километрам в секунду, то количество топлива, необходимое для совершения этих путешествий, будет превышать вес пустого космического корабля в 1,2 раза. При небольшом дополнительном расходе топлива можно будет значительно сократить время полёта к Луне.

При полёте на Луну непосредственно с Земли, а не с искусственного спутника, необходимое количество топлива должно

будет превышать вес пустого космического корабля приблизительно в 15 раз.

Во время полёта на Луну поле тяготения Земли будет сильно меняться, а поле тяготения Солнца будет оставаться всё время практически постоянным. Это объясняется тем, что во время такого путешествия расстояние корабля от центра Земли будет увеличиваться в десятки раз, а расстояние от Солнца будет меняться в среднем всего на $^1/_4\%$. Вообще, влияние силы притяжения Солнца на космический корабль, летящий на Луну, будет очень незначительным. В самом деле, такой космический корабль будет обращаться вместе с системой Земля — Луна вокруг Солнца и вместе со всей системой постоянно падать на Солнце. Следовательно, по отношению к Земле путь корабля почти не будет зависеть от поля тяготения Солнца. Иначе будет при полёте на планеты. В этом случае космический корабль, находясь всё время под действием притяжения Солнца, будет очень быстро освобождаться от притяжения Земли.

***

Одной из основных задач космонавтики является изучение таких траекторий полёта, при движении по которым космический корабль будет нуждаться в минимальной затрате топлива.

Допустим, например, что мы хотим осуществить полёт на Венеру. Расстояние от Земли до этой планеты изменяется от 41,4 до 257,6 миллиона километров. Можно подумать, что с точки зрения расхода топлива экономнее всего совершить полёт по кратчайшей прямой, но это неверно. Для того чтобы достичь Венеры по прямой, требуется начальная скорость в 31,81 километра в секунду. Между тем, при полёте по полуэллипсу с большой осью, равной по длине указанному выше максимальному расстоянию в 257,6 миллиона километров, космическому кораблю придётся сообщить начальную скорость всего только в 11, 484 километра в секунду.

В самом деле, при взлёте космического корабля с Земли его собственная скорость складывается с огромной скоростью движения Земли по её орбите вокруг Солнца. При полёте по кратчайшей прямой эту скорость необходимо как бы преодолевать; она мешает кораблю, отклоняя его в сторону от маршрута, подобно тому как это делает течение реки с лодкой при переправе перпендикулярно к берегу. Во втором же случае скорость движения Земли по орбите будет направлена в одну сторону со скоростью корабля. Следовательно, обе скорости будут складываться. Длина такого маршрута будет равна 401 милли-

ону километров, а время полёта в одном направлении — 146 дням. Марс в наиболее близком положении отстоит от Земли на 78,3 миллиона километров, а в наиболее далёком — на 377,3 миллиона километров (рис. 33, *а* на стр. 112). И в этом случае наиболее экономным полётом, с точки зрения минимальной затраты топлива, будет полёт по полуэллипсу с большой осью, равной указанному максимальному удалению Марса (рис. 33, *б*). Развёрнутая длина полуэллипса, т. е. длина маршрута, будет равна 588 миллионам километров, время полёта — 258 дней; скорость отлёта с земного полюса должна быть равна 11,588 километра в секунду, а с искусственного спутника — 3,613 километра в секунду.

При встрече с Венерой наш космический корабль опередил бы эту планету со скоростью 2,705 километра в секунду. При встрече же с Марсом планета мчалась бы со скоростью на 2,646 километра в секунду большей, чем космический корабль.

Заметим, что при рассмотренных расчётах нами не приняты во внимание поля тяготения Венеры и Марса, что, однако, почти не влияет на полученные результаты.

***

Посадка на ближайшие к нам планеты — Венеру и Марс — может быть произведена, повидимому, как и посадка при возвращении на Землю, без расхода топлива, т. е. при помощи торможения об атмосферу, окружающую эти планеты.

Очевидно, что перелёт с одного небесного тела на другое должен начинаться в заранее вычисленный момент времени, когда оба небесных тела находятся в наивыгоднейшем взаимном положении. Это не является существенным неудобством при отлёте с Земли, но зато при возвращении на Землю может случиться, что придётся долго выжидать момента возможного отлёта с планеты.

При желании вернуться на Землю по симметричному полуэллипсу обратный взлёт с планеты, очевидно, не может быть совершён в любое время. Иначе может случиться, что космический корабль, достигнув на обратном пути земной орбиты, не встретит здесь Землю. Для того чтобы при полёте по симметричному полуэллипсу обеспечить встречу с Землёй, взлёт с планеты должен быть совершён через промежуток времени после соединения планеты с Землёй, равный промежутку времени между моментом прибытия на планету и моментом соединения, т. е. тем моментом, когда планета и Земля находятся на одной прямой линии с Солнцем. В качестве примера на рис. 33 показаны траектории полёта на Марс и обратно по симметричным полу-

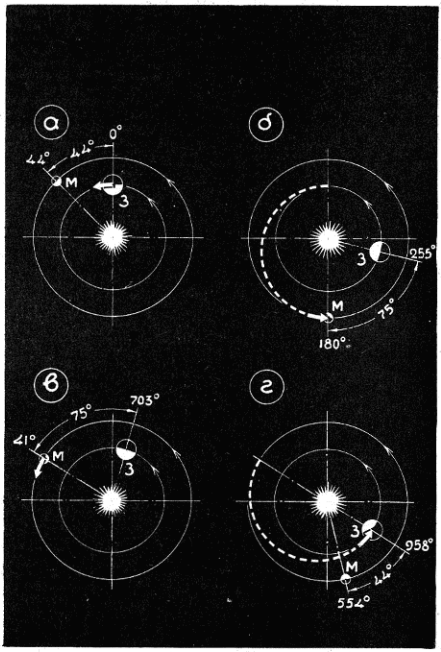


Рис. 33. Полёт на Марс по маршруту, требующему минимальной затраты топлива.

эллипсам. Зная продолжительность путешествия и средние скорости движения Земли и Марса по своим орбитам, легко вычислить все данные, необходимые для построения этого рисунка.

Рассмотрим подробнее полёт космического корабля с одним путешественником на Венеру с целью совершить на ней посадку, а затем вернуться на Землю. Пусть космический корабль отправляется с искусственного спутника Земли. Выше было указано, что полёт на Венеру по наиболее экономной, с точки зрения расхода топлива, траектории будет длиться 146 дней. Казалось бы, что полёт в обоих направлениях будет длиться 292 дня плюс некоторое число дней для пребывания на Венере. В действительности же для того чтобы космический корабль мог вернуться на Землю по симметричному полуэллипсу, т. е. опять по траектории, требующей минимальной затраты топлива, путешественнику пришлось бы пробыть на Венере 467 дней 53 минуты; только после истечения этого времени Венера и Земля будут опять в таком взаимном расположении, которое позволит совершить обратный полёт при минимальной затрате топлива. В конечном результате, учитывая вес топлива, необходимого для полёта в обе стороны, и принимая в этом случае, как и во всех последующих, что вес пустого корабля с пассажиром равен двум тоннам, а вес суточного пайка продовольствия составляет 1,3 килограмма, мы получим, что вес космического корабля при отлёте с искусственного спутника Земли будет составлять (при скорости истечения газов 4 километра в секунду) около 78 тонн, а всё путешествие будет длиться около 759 дней.

В действительности начальный вес космического корабля будет больше, так как в проделанных расчётах мы для простоты предполагали, что при взлёте с Венеры необходимая скорость кораблю сообщается мгновенно (что невозможно) и что

потеря скорости от сопротивления атмосферы при взлёте с планеты пренебрежимо мала.

Для выполнения аналогичного путешествия Земля—Марс—Земля начальный вес космического корабля должен составлять около 27 тонн, несмотря на то, что общая длительность путешествия будет на 213 дней больше, чем на Венеру: потребуется 258 дней 20 часов 48 минут для полёта в одном направлении и 454 дня 8 часов 25 минут для выжидания на Марсе того момента, когда Марс и Земля окажутся опять в таком благоприятном взаимном положении, что обратный полёт можно будет совершать с минимальной затратой топлива.

Приведённые выше числа достаточно убедительно показывают, что путешествия *с посадкой* на Венеру и на Марс в ближайший период времени неосуществимы, так как вес топлива и жизненных припасов должен превышать вес самого космического корабля в 13 и даже в 38 раз. Для путешествия на другие планеты соответствующие числа, если только не удастся применить новых видов топлива, настолько огромны, что приводить подробные расчёты нет никакого смысла. Ограничимся лишь указанием продолжительности перелёта в одном направлении, а также минимальных скоростей, которые космический корабль должен иметь при отлёте с Земли (таблица 5).

Таблица 5

Минимальная скорость отлёта с Земли и продолжительность полёта до других планет по полуэллиптическим траекториям

Планета, к которой направляется космический корабль	Минимальная скорость отлёта с учётом поля тяготения Солнца, но без учёта поля тяготения Земли	Минимальная скорость отлёта с земного полюса с учётом поля тяготения Солнца и Земли	Минимальная скорость отлёта с искусственного спутника Земли с учётом поля тяготения Солнца и Земли	Скорость космического корабля относительно планеты при встрече	Продолжительность полёта в одном направлении
	в километрах в секунду				в годах
Меркурий	— 7,528	—13,501	—6,181	+9,548	0,289
Венера	— 2,494	—11,484	—3,505	+2,705	0,400
Марс	+ 2,943	+11,588	+3,613	—2,646	0,707
Юпитер	+ 8,787	+14,226	+6,308	—5,646	2,731
Сатурн	+10,286	+15,213	+7,278	—5,441	6,048
Уран	+11,274	+15,897	+7,971	—4,661	16,038
Нептун	+11,647	+16,164	+8,241	—4,054	30,616
Плутон	+11,806	+16,279	+8,356	—3,685	45,490

В этой таблице скорость космического корабля считается положительной, если она имеет направление, одинаковое с движением Земли или планеты, и отрицательной — в противоположном случае.

Таким образом, на первых порах придётся довольствоваться обозрением планет с более или менее значительных расстояний, не производя на них посадки. Можно будет даже приближаться к намеченному небесному телу несколько раз, но настолько, чтобы не подвергаться в значительной мере влиянию его поля тяготения.

Это вполне возможно, так как тело, улетевшее с Земли со скоростью от 11,2 до 16,6 километра в секунду, будет двигаться вечно по одной и той же эллиптической орбите, если только оно не встретит на своём пути никакого препятствия, и при условии, что можно пренебречь возмущениями от планет. Следовательно, не будет исключена возможность того, что оно рано или поздно встретится на своём пути с Землёй. Для ускорения такой встречи необходимо предусмотреть соответствующий маршрут.

Для того чтобы космический корабль, пройдя вблизи того или иного светила, мог автоматически, т. е. без включения двигателя, вернуться на Землю, необходимо, чтобы к моменту возвращения корабля Земля и корабль совершили целое число обращений вокруг Солнца. Для получения подобного сочетания достаточно выбрать надлежащую величину большой оси эллипса, по которому будет совершаться полёт.

Так, например, если космическому кораблю, отправляющемуся с искусственного спутника Земли на высоте 200 километров, сообщить скорость в 3721 метр в секунду по касательной к орбите Земли в сторону её движения, то корабль не только достигнет орбиты Марса, но и пересечёт её, а затем, совершив два полных обращения по эллипсу вокруг Солнца, встретит на своём пути Землю. До этого момента Земля совершит три полных обращения вокруг Солнца. Таким образом, всё путешествие будет длиться три года, причём корабль четыре раза пересечёт орбиту Марса. Начальный вес корабля при отлёте с искусственного спутника будет составлять 8,68 тонны. (Здесь и в дальнейшем мы опять допускаем, что скорость истечения газов из ракеты равна 4 километрам в секунду.)

Для выполнения такого же путешествия при отлёте с земного полюса скорость отлёта должна составлять 11 694 метра в секунду.

Аналогичное путешествие вокруг Венеры или Меркурия также будет длиться три года. Путешествие вокруг Юпитера потребует шести лет (рис. 34). Более отдалённых планет достичь несравненно труднее.

В таблице 6 мы даём результаты вычислений для полётов вокруг планет без посадки на них, но с автоматическим возвращением на Землю.

Все указанные выше трудности могут быть легко преодолены атомной ракетой будущего.

* * *

Какой же маршрут избрать, чтобы отправить космический корабль с Земли в путешествие вокруг Солнца?

На первый взгляд можно подумать, что наиболее выгоден маршрут, непосредственно приближающий корабль к цели, т. е. полёт по прямой. Но, как показывают расчёты, этот путь совсем не самый выгодный.

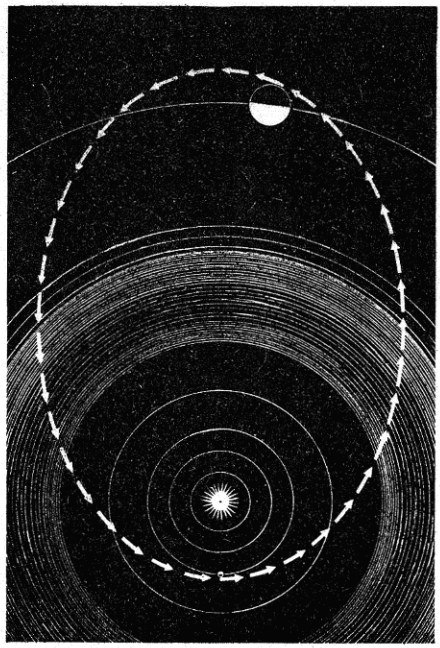


Рис. 34. Полёт к Юпитеру с автоматическим возвращением спустя шесть лет.

Для того чтобы корабль двигался к Солнцу по кратчайшему пути, т. е. по прямой, необходимо погасить огромную скорость, которой взлетевший с Земли корабль обладает вследствие движения

Таблица 6

Полёты вокруг планет с автоматическим возвращением на Землю (без посадки на планете)

Планета	Расстояние планеты от Солнца в астрономических единицах	Расстояние от Солнца, которое будет достигнуто космическим кораблём, в астрономических единицах	Скорость отлёта с искусственного спутника Земли в километрах в секунду	Количество пройденных эллипсов	Полное время полёта в годах	Начальный вес космического корабля в тоннах
Меркурий .	от 0,31 до 0,47	0,42	5,166	5	3	12,460
Венера . . .	от 0,72 до 0,73	0,65	3,719	4	3	8,677
Марс . . .	от 1,38 до 1,67	1,62	3,721	2	3	8,681
Юпитер . .	от 4,95 до 5,45	5,60	6,443	1	6	24,277
Сатурн . . .	от 9,01 до 10,07	9,48	7,272	1	12	47,417
Уран . . .	от 18,30 до 20,08	18,31	7,938	1	30	118,19

Земли по своей орбите вокруг Солнца. Эта скорость равна около 30 километров в секунду. Следовательно, кораблю надо сообщить такую же по величине скорость, но направленную в противоположную сторону, чтобы сделать его неподвижным относительно Солнца. Только после этого космический корабль будет падать на Солнце по прямой линии вследствие притяжения светила. Но расчёты показывают, что если даже скорость истечения газов будет равна 4 километрам в секунду, то для погашения скорости космического корабля относительно Солнца понадобится топлива в триста девяносто семь раз больше, чем весит сам корабль. Это значит, что на каждые 10 килограммов веса корабля придётся брать около 3972 килограммов топлива, что совершенно исключено. Применяя даже сверхлёгкие и сверхпрочные сплавы, невозможно создать такую конструкцию, которая при незначительном собственном весе поднимала бы столь огромный груз. Заметим ещё, что эти результаты относятся к случаю отлёта корабля с искусственного спутника. При отлёте же непосредственно с поверхности Земли получилось бы ещё худшее соотношение между весом корабля и весом топлива.

Гораздо выгоднее поступить иначе. Не будем останавливать космический корабль около самой Земли, т. е. не будем погашать ценою громадного расхода топлива большую скорость, приобретаемую кораблём вследствие движения Земли вокруг Солнца. Наоборот, воспользуемся этой большой скоростью и в первый этап путешествия удалимся от Солнца как можно дальше (рис. 35), например, до орбиты Марса, Юпитера или даже Урана [1]). При этом покинем искусственный спутник Земли в тот момент, когда спутник при своём вращении вместе с Землёй движется в ту же сторону, в какую сама Земля движется при своём обращении вокруг Солнца. Тогда космический корабль, кроме собственной скорости от ракетного двигателя, получит как бы «даровую» скорость движения Земли по её орбите вокруг Солнца. Поэтому собственная скорость космического корабля может не превышать 8 километров в секунду. Тем не менее, снабдим корабль таким запасом горючего, который был бы достаточен для развития начальной скорости в 10 километров в секунду. Корабль начнёт удаляться от Земли, а вместе с тем и от Солнца. Неиспользованный запас топлива нам пригодится в дальнейшем. При полёте с выключенным двигателем притяжение Солнца будет тормозить движение корабля, скорость его будет постепенно уменьшаться. Когда корабль пролетит расстояние, в двадцать раз большее расстояния от Земли до Солнца,

[1]) Предложено автором в 1934 г.

скорость его понизится до 2 километров в секунду. В этот момент погасим эту скорость, для чего сообщим кораблю такую же скорость в обратном направлении. Для этой цели и понадобится неиспользованный ранее запас топлива. Теперь, когда космический корабль потеряет совсем свою скорость, он начнёт падать на Солнце. Расчёты показывают, что при таком маршруте понадобится на каждые 10 килограммов веса космического корабля только 112 килограммов топлива, т. е. в 40 раз меньше, чем при полёте по кратчайшему пути. Осуществление космического корабля, который на каждый килограмм своего веса мог бы нести 11 килограммов топлива, уже не является недосягаемой мечтой. Идея такого полёта, основанная на использовании скорости естественного движения небесного тела, применима в равной мере и для полётов на планеты с их спутников при условии, что напряжение силы тяжести на спутнике сравнительно мало.

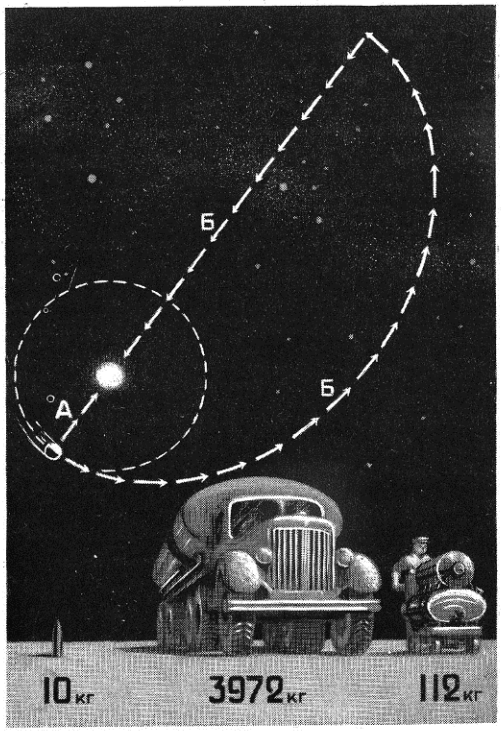


Рис. 35. Для того чтобы забросить ракету весом в 10 килограммов на Солнце по кратчайшему маршруту (*А*), надо израсходовать 3 972 килограмма топлива. Если же сначала удалить ракету от Солнца на значительное расстояние и только после этого направить её к Солнцу (маршрут *Б*), то расход топлива составит всего лишь 112 килограммов.

***

Во время подъёма ракеты ей приходится одновременно преодолевать земное притяжение и сопротивление воздуха. Чем больше ускорение ракеты, тем быстрее она освобождается от притяжения Земли и тем меньший нужен запас топлива. Но в то же время, чем больше ускорение ракеты, тем больше сопротивление воздуха, т. е. тем больше требуется топлива. Далее,

при полёте вертикально вверх ускорение свободного падения значительно уменьшает ускорение ракеты; но зато при таком полёте плотность воздуха, а следовательно, и его сопротивление уменьшается наиболее быстро. При горизонтальном же полёте притяжение Земли лишь незначительно уменьшает скорость ракеты.

Отсюда следует, что взлёт космического корабля, требующий наименьшего расхода топлива, должен происходить следующим образом: сначала корабль направляется почти вертикально вверх, а затем после достижения им значительной скорости поворачивается на 90° так, чтобы тяга была направлена параллельно поверхности Земли. Ускорение корабля должно составлять около 40 метров в секунду за секунду.

***

При возвращении космического корабля на Землю торможение его может производиться при помощи его собственного двигателя или путём использования сопротивления воздуха.

Однако способ торможения при помощи двигателя, т. е. при помощи струи газов, выбрасываемой по направлению движения, практически будет неприемлем: при таком способе потребуется громадное количество топлива для погашения космической скорости корабля при спуске и ещё более громадное количество для того, чтобы унести необходимый посадочный запас топлива в межпланетное пространство.

Наоборот, торможение путём использования сопротивления воздуха будет иметь очень большое значение не только для космических кораблей, но и для сверхдальних земных ракет.

От любых парашютов для вертикального или даже наклонного спуска необходимо отказаться: при громадной скорости космического корабля они мгновенно сгорят. Кроме того, путешественники не перенесут слишком резкого торможения в плотных слоях атмосферы. Поэтому при посадке космический корабль должен иметь профиль минимального сопротивления, и погашение его скорости должно производиться в разрежённых слоях атмосферы на очень длинном пути, которому соответствует почти горизонтальный спуск.

***

Из сказанного можно вывести некоторые заключения о конструкции космического корабля.

Космический корабль, покидая Землю, должен при минимальном весе конструкции содержать максимальное количество топлива. При отлёте с искусственного спутника, на котором ат-

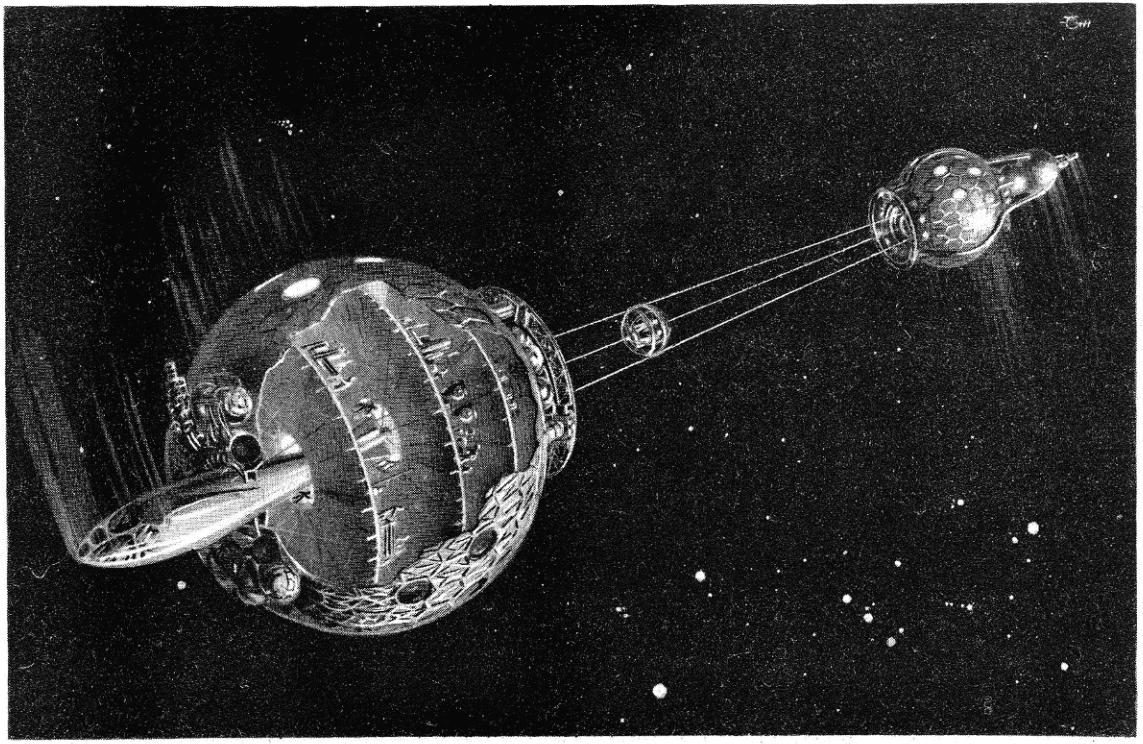


Рис. 36. При полёте в межпланетном пространстве баки, освободившиеся от топлива, могут быть использованы как помещения для жилья и лабораторий. Перед возвращением на Землю всё ценное имущество переносится в посадочный планер, вмонтированный в носовую часть космического корабля.

мосфера отсутствует, такое требование легче осуществить, чем при отлёте непосредственно с поверхности Земли. В самом деле, при отсутствии атмосферы, а следовательно, и при отсутствии аэродинамического сопротивления, космический корабль не должен иметь обязательно удобообтекаемую форму. Вместо этого кораблю можно придать, например, шарообразную форму с торчащими наружу деталями (рис. 6, стр. 32); это позволит при наименьшем весе конструкции получить наибольший объём баков для топлива.

Но при возвращении на Землю космический корабль должен иметь не только идеально удобообтекаемую форму, но и большую поперечную нагрузку, т. е. большой вес на каждую единицу лобовой площади. Только тогда он сможет с достаточно малым замедлением пронизать высокие слои атмосферы, не подвергаясь опасности чрезмерного нагрева или слишком большой перегрузки. Для осуществления этого требования космический корабль должен заключать в себе специальный посадочный планер (рис. 36). При подходе к Земле путешественники должны перейти в этот планер, перенеся в него также всё ценное имущество. В момент погружения в атмосферу Земли или несколько раньше планер отделяется от ставшего ненужным корпуса корабля (рис. 37). Отброшенный корпус, обладающий большим аэродинамическим сопротивлением, быстро раскаляется от сопротивления воздуха и сгорает подобно метеорному телу.

Во время торможения бóльшая часть кинетической энергии посадочного планера будет преобразовываться в тепло, которое будет нагревать как самый планер, так и окружающий воздух; небольшая часть кинетической энергии пойдёт на завихрение воздуха. Тепло, полученное планером, частично будет отдаваться во внешнюю среду.

При медленном торможении нагревание не будет значительным, в случае же резкого торможения планер может сгореть даже при наличии удобообтекаемой формы.

Сгорание метеорных тел, т. е. явление «падающих звёзд», не может служить аргументом против торможения космического корабля воздухом. Метеорные тела движутся обычно с гораздо бóльшими скоростями, чем те, которые будет иметь космический корабль; кроме того, метеорные тела быстрее достигают относительно плотных слоёв атмосферы и имеют неудобообтекаемую форму. Но даже при этих неблагоприятных условиях полностью сгорают в атмосфере лишь наиболее мелкие метеорные тела (размером до нескольких миллиметров в поперечнике); в более же крупных метеорных телах температура ядра остаётся значительно ниже 0° Ц.

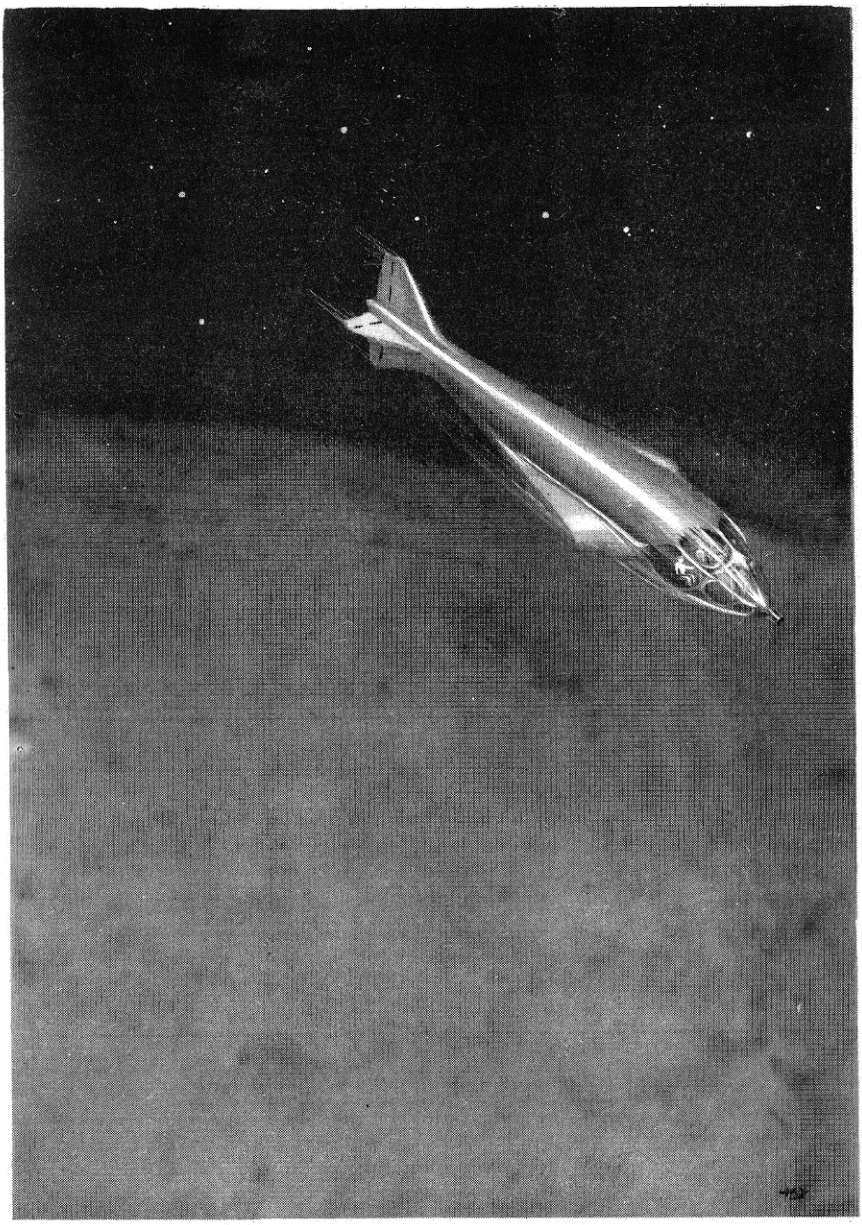


Рис. 37. В момент погружения в атмосферу Земли посадочный планер отделяется от ставшего ненужным корпуса космического корабля. Отброшенный корпус, обладающий большим аэродинамическим сопротивлением, быстро раскаляется от сопротивления воздуха и сгорает подобно метеорному телу.

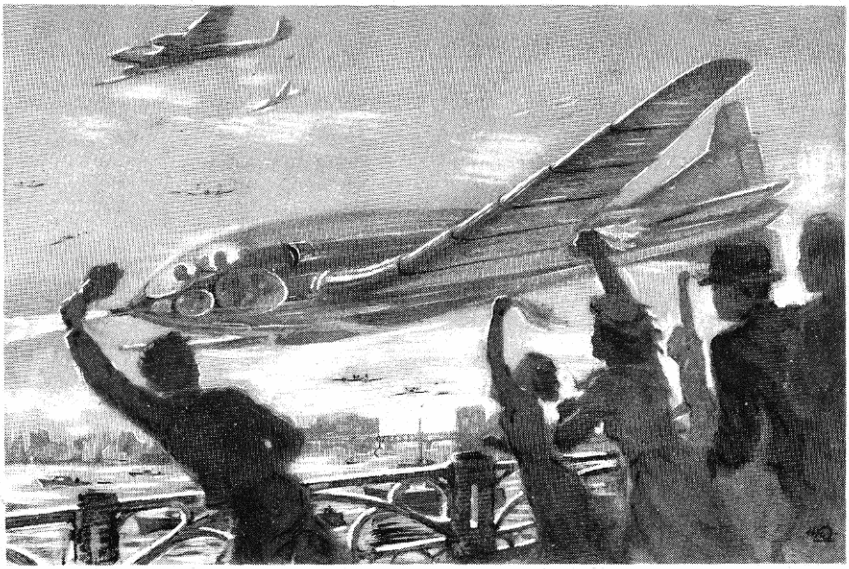


Рис. 38. Возвращение на Землю из межпланетного путешествия. По мере погашения скорости поверхность крыльев планера должна увеличиваться.

К сожалению, физическая картина сгорания метеорных тел при торможении в атмосфере ещё мало изучена, причём количественная сторона этого явления совершенно неизвестна. Возможно, что при таких огромных скоростях полёта проявляются новые, неизвестные нам факторы. Существующие теории этого явления противоречивы и далеко не полны. Если применить для космических скоростей методы расчёта, применяемые для обычных скоростей, то результаты могут оказаться совершенно неверными. Ввиду этого задача предохранения космического корабля от чрезмерного нагрева при торможении атмосферой пока ещё не поддаётся математическому исследованию.

Необходимость предохранения космического корабля от чрезмерных напряжений, а также физиологические соображения требуют, чтобы период торможения был возможно более длительным. Но при очень медленном торможении не исключена возможность, что космический корабль, обогнув Землю, опять улетит в мировое пространство. Однако не следует опасаться такого повторного вылета аппарата за пределы атмосферы, правда, при условии, что скорость корабля будет меньше параболической, т. е. будет эллиптической. В самом деле, совершив путь по эллиптической траектории, корабль опять вернётся в атмосферу в пункте, симметричном к месту вылета относительно большой оси эллипса. Используя несколько раз

такое последовательное погружение в атмосферу, можно будет значительно снизить скорость космического корабля.

При желании удержать в пределах атмосферы космический корабль, имеющий при возвращении на Землю скорость, бóльшую чем круговая, необходимо будет снабдить его крыльями, установленными таким образом, чтобы их подъёмная сила была направлена к Земле, т. е. прижимала корабль к Земле.

После того как скорость упадёт до значения, равного круговой скорости, дальнейшее снижение корабля может производиться обычным планированием. Теперь крылья на планере должны быть установлены так, чтобы их подъёмная сила была направлена вверх. По мере погашения скорости подъёмная сила крыльев планера будет уменьшаться и поэтому, чтобы планер не переходил в более крутой спуск, поверхность крыльев и угол их атаки должны постепенно увеличиваться (рис. 38).

При надлежащем пилотировании посадочный планер сумеет совершить посадку в любом пункте Земли независимо от того, в какой точке произошло погружение космического корабля в атмосферу.

***

Овладение мировым пространством потребует не только героической работы. Опыты с земными ракетами уже стоили жизни многим исследователям и их помощникам. В межпланетном пространстве опасность столкнуться с астероидом практически возможна только при полёте за пределы орбиты Марса. Встреча же с метеорными телами хотя мало вероятна, всё же возможна на всём протяжении солнечной системы. Вследствие огромной скорости метеорных тел (10—70 километров в секунду в верхних слоях земной атмосферы) столкновение с ними даже при ничтожных их размерах опасно для космического корабля.

Вероятность столкновения с астероидом или метеорным телом в значительной мере будет зависеть от того, какая траектория будет выбрана для полёта в межпланетное пространство. Встречи с большими скоплениями метеорных тел (Леониды, Персеиды и т. д.) и большей частью астероидов можно будет избежать благодаря тому, что траектория космического корабля, совершающего путь к планетам, будет лежать почти в плоскости эклиптики, между тем как орбиты метеорных тел и большей части астероидов значительно наклонены к плоскости эклиптики. Нетрудно также будет избежать столкновения и с другими небесными телами, орбиты которых нам известны. Однако в мировом пространстве возможно существование множества мелких тел, о которых мы пока ничего не знаем. В некоторых случаях космическому кораблю, может быть, удастся

уклониться от столкновения с подобным блуждающим телом, если только оно будет своевременно замечено, например при помощи радара.

Что касается других опасностей (вредные для организма ультрафиолетовые и другие излучения), то предохранение от них, повидимому, не представит особых затруднений.

При возвращении на Землю путешественников будет подстерегать прежде всего опасность неправильного входа в атмосферу, а именно — под слишком большим углом к горизонту. Такой вход в атмосферу может повлечь за собой возникновение гибельной перегрузки вследствие резкого торможения в плотных слоях атмосферы или сильный удар о поверхность Земли. Затем даже при не очень больших углах входа в атмосферу большую опасность будет представлять быстрое достижение плотных слоёв атмосферы, что может вызвать чрезмерное нагревание космического корабля. Вообще, проблема предохранения корабля от высоких температур при его возвращении внушает, как уже говорилось выше, немалые опасения.

***

Расчёты показывают, что решение проблемы космического полёта вполне возможно на основе использования химической энергии жидких топлив. Однако для практического осуществления космического полёта пока ещё требуются очень большие усилия технической мысли. Значительное облегчение в деле решения этой проблемы может оказать применение атомной энергии. Преимущества, которые могут быть получены от применения атомной энергии, очень велики: во-первых, появится возможность упростить конструкцию космического корабля; во-вторых, удастся решить проблему посадки и последующего взлёта космического корабля с некоторых тел солнечной системы в тех случаях, когда обычные топлива будут для этой цели недостаточны; в-третьих, можно будет сделать межпланетные полёты более безопасными, в-четвёртых, удастся очень сильно сократить продолжительность перелётов. Наконец, только применение атомной энергии может сделать осуществимой мечту о посещении других планетных систем (см. стр. 131 и след.).

Не будет преувеличением, если мы скажем, что ни в какой другой области атомная энергия не нужна в такой мере, как в технике космического полёта.

СИГНАЛИЗАЦИЯ СКВОЗЬ ПРОСТОРЫ ВСЕЛЕННОЙ

Имеются ли живые существа на других мирах, в частности на соседних планетах нашей солнечной системы? Этот вопрос занимал умы людей, наверно, так же давно, как и мечта о полёте на другие миры.

Может быть, развитие науки и техники на других планетах столь высоко, что их жители знают о существовании земных жителей и пытаются каким-либо путём дать знать о себе?

Эта мысль побудила астрономов вести тщательные наблюдения за малейшими признаками искусственных сигналов, которые могли бы к нам дойти с других планет.

В начале XVIII века были замечены светящиеся пятна на тёмной стороне Венеры. Это явление в дальнейшем повторялось примерно каждые полстолетия. Один немецкий астроном высказал довольно фантастическое предположение, что это явление есть не что иное, как иллюминация, которой жители Венеры отмечают каждые 50 лет какое-то выдающееся событие. На Марсе также иногда наблюдались световые пятна в течение различных промежутков времени. Некоторые наивные астрономы принимали эти пятна за сигналы с планеты.

Однако все эти предположения о происхождении таинственных сигналов были разбиты наукой: пресловутые «города-светочи», якобы существующие на Венере, оказались в действительности северными сияниями; они обнаруживались одновременно с земными северными сияниями и оказывались ещё более яркими, чем на Земле, вследствие большей близости Венеры к Солнцу. Современная астрономия нашла истинную причину и других световых явлений на планетах.

Некоторые учёные не ограничивались лишь пассивным ожиданием сигналов с других миров, но сами пытались установить связь с предполагаемыми жителями соседних планет.

Одной из первых задач в установлении связи с другими мирами была разработка условного языка, который мог бы быть понят разумным существом, никогда не соприкасавшимся с

человеческой культурой. Одним из возможных способов является язык фигур. Последние должны обладать такими свойствами, чтобы у наблюдателей с другого мира не могло возникнуть никаких сомнений в том, что эти фигуры являются искусственным явлением, порождённым волей разумного существа.

Математик Гаусс первый предложил в 1820 г. использовать геометрические зависимости в качестве сигналов, адресованных нашим «братьям по вселенной». Для этой цели очень подходит вследствие своей простоты теорема Пифагора. Для построения гигантской фигуры, иллюстрирующей эту теорему, Гаусс предложил весьма простой приём — насадить лес соответствующего очертания на фоне хлебных полей.

Гаусс предложил и другой способ световой сигнализации, состоящий в передаче чисел при помощи зеркал, отбрасывающих с определёнными перерывами солнечные лучи. При этом необходимо выбрать такое время, когда предполагаемые обитатели Луны, которые и интересовали Гаусса в первую очередь, заведомо должны наблюдать Землю в связи с тем или иным астрономическим явлением.

В середине прошлого века, с началом развития электротехники, предлагалось использовать для образования сигнальных геометрических фигур электрический свет.

Если бы существовала уверенность, что обитатели других планет понимают земные сигналы, то можно было бы не ограничиваться сообщениями математического характера. С помощью фигур можно изобразить не только видимые предметы, но и отдельные представления. Однако с технической точки зрения наиболее простым способом передачи мыслей является световая азбука, подобная телеграфной азбуке Морзе.

Французский учёный и поэт Шарль Крос опубликовал на эту тему в 1869 году весьма любопытную работу. Он доказывал возможность осуществить межпланетную сигнализацию с помощью прожекторов, направляющих лучи различного цвета. Для того чтобы подчеркнуть их искусственное происхождение, Крос предлагал давать сигналы через определённые правильные промежутки времени. Считая математику универсальной наукой для всей вселенной, он рекомендовал начинать с арифметических понятий: производить счёт до определённого числа и затем повторить ту же последовательность сигналов, дать систему счисления — десятичную или другую; передать при помощи сигналов правило четырёх действий. При этом можно использовать числовое выражение некоторых геометрических зависимостей. Можно, например, передать числа 3, 4 и 5, выражающие длины сторон прямоугольного треугольника. Если жители других планет достаточно умственно развиты, то они

должны будут догадаться, что речь идёт о теореме Пифагора, так как $3 \cdot 3 + 4 \cdot 4 = 5 \cdot 5$, и ответят числами 5, 12, 13, которыми измеряются стороны второго по порядку прямоугольного треугольника с соизмеримыми сторонами.

Передача изображений при помощи чисел может быть выполнена способом точечного письма, уже давно применяющегося в ткацком деле и в вышивании. В настоящее время этот способ применяется в фототелеграфии. Крос предложил указанный метод для межпланетной сигнализации.

К. Э. Циолковский в 1896 г. высказал мысль о передаче сигналов различной длительности, что позволило бы сообщить дробные числа. С этого времени ещё несколько раз поднимался вопрос о сигнализации при помощи рефлекторов. Все эти проекты были оставлены без попыток их реализации.

Впрочем, необходимо признать, что научные основы межпланетной сигнализации пока ещё не разработаны, хотя история этого вопроса достаточно обширна.

Изучение планет солнечной системы оставляет очень мало надежды на то, что там есть живые существа, стоящие на высокой ступени развития. Однако при рассмотрении способов межпланетной сигнализации мы будем всё же считать, что небесные светила населены такими же, как мы, разумными существами, располагающими столь же развитой техникой. Если в действительности такие существа на других планетах отсутствуют, то от этого важность данного вопроса нисколько не умаляется, так как для установления постоянной связи между будущими космическими кораблями и Землёй или между различными космическими кораблями, рассеянными в мировом пространстве, обязательно потребуется межпланетная сигнализация.

***

Насколько реальна возможность межпланетной сигнализации при помощи изображений?

Заметим, во-первых, что изображения должны быть достаточной величины для того, чтобы они были видимы издали, и вот почему.

Органом, воспринимающим видимые изображения, является сетчатая оболочка нашего глаза, образованная разветвлениями глазного нерва. В ней находятся микроскопические цилиндры (палочки), расположенные на расстоянии около 4 микронов друг от друга. Мы можем различить две разные световые точки лишь в том случае, если изображения их улавливаются двумя различными палочками. Отсюда, принимая во внимание среднее расстояние между хрусталиком глаза и сетчатой

оболочкой, легко подсчитать, что угловое расстояние между двумя раздельно различимыми точками должно составлять 1 минуту (для некоторых людей это расстояние меньше, но во всяком случае не меньше 29 секунд).

Каково же должно быть расстояние между двумя световыми точками на Земле для того, чтобы они были заметны с ближайшей к нам планеты — Венеры под углом в 1 минуту в тот момент, когда Венера находится на минимальном расстоянии от Земли, равном 41,5 миллиона километров? Как показывает простой подсчёт, это расстояние должно быть равно 12 000 километров. Другими словами, при указанных условиях с Венеры можно было бы различить две светящиеся на Земле точки, одна из которых расположена на северном, а другая на южном полюсе.

Другие планеты никогда так близко к Земле не подходят. Поэтому, чтобы с любой другой планеты можно было различить невооружённым глазом два источника света, вторую световую точку пришлось бы поместить вне Земли.

Только при помощи многих световых точек можно передать более или менее сложные изображения. Отсюда следует, что передача изображения на планеты для наблюдателя, не располагающего телескопом, представляет неразрешимую задачу. Но и в других случаях (при наличии обсерватории на планетах или при сигнализации на Луну) выполнение рассматриваемой задачи настолько сложно, что этот способ не заслуживает дальнейшего рассмотрения.

Остаётся другой способ сигнализации — при помощи световых вспышек. Для этого можно использовать либо искусственный источник света, либо отражённые солнечные лучи. Заметим, что существующие прожекторы-гиганты, обладающие силой света до 2 миллиардов свечей, могут быть замечены с Луны невооружённым глазом.

Более трудной представляется задача передачи сигналов из межпланетного пространства на Землю. Немыслимо загружать космический корабль прожекторами-сверхгигантами с громадными установками для производства электрической энергии. В этом случае придётся использовать солнечные лучи.

Какой же величины должны быть зеркала для отражения этих лучей?

Расчёты показывают следующее. Если на Луне поставить плоское зеркало любых размеров и отразить им солнечный свет на Землю, то диаметр пучка света, падающего на Землю, имел бы около 3600 километров. Следовательно, посланный с Луны световой сигнал мог бы быть замечен только в некоторой части земного полушария, обращённого к Луне. Для того чтобы посланный с Луны сигнал был виден на всей поверхности земного

полушария, пришлось бы применить для отражения солнечных лучей выпуклое зеркало. Диаметр такого зеркала, если принять во внимание разные потери световой энергии, пришлось бы сделать равным приблизительно 5 метрам. Однако, если такие сигналы наблюдать с помощью самого мощного телескопа диаметром в 2,54 метра, то достаточно было бы выпуклого зеркала с диаметром только в два сантиметра.

При сигнализации с расстояний, на которых находятся от нас планеты, мы встретились бы с другой трудностью. Диаметр пучка солнечного света, отброшенного плоским зеркалом, около Земли был бы уже настолько велик, что яркость света была бы ничтожно мала и сигнал был бы незаметен. Для того чтобы увеличить яркость сигнала, пришлось бы чрезвычайно увеличить диаметр зеркала, отражающего свет. Так, например, при сигнализации с космического корабля, находящегося на ближайшей к Земле точке орбиты Марса, пришлось бы применить плоское зеркало с площадью примерно в тысячу раз большей, чем площадь аналогичного зеркала на Луне. Но всё же и с такого расстояния свет от плоского зеркала диаметром в 60 сантиметров мог бы быть замечен с обсерватории, обладающей телескопом в 2,5 метра. Сверхсильные телескопы будущего, безусловно, облегчат улавливание световых сигналов, посылаемых нам из мирового пространства.

Как же обстоит дело с сигнализацией при помощи радио?

После изобретения А. С. Поповым в конце прошлого века беспроволочного телеграфа сразу же зародилась идея применения радиоволн для межпланетной сигнализации. В начале текущего столетия выступил с сенсационными предположениями известный изобретатель Никола Тесла. В этот период он вёл опыты с беспроволочным телеграфом в лаборатории, расположенной очень высоко над уровнем моря, причём уловил электрические волны неизвестного происхождения. Не находя объяснения этому факту в земных явлениях, он предположил, что принял сигналы с других планет, и предложил передавать радиосигналы на планеты. Но загадочные электрические волны вскоре были объяснены, и проект Тесла не был осуществлён.

Техническая возможность радиосвязи с небесными телами была доказана 10 января 1946 г., когда в специальном опыте были направлены на Луну коротковолновые лучи радара. Эти лучи, достигнув поверхности Луны и отразившись от неё спустя $2^1/_2$ секунды, вернулись на Землю и были зарегистрированы специальным аппаратом. Если бы на Луну можно было направить световые лучи, то они после отражения вернулись бы на Землю через такой же промежуток времени.

Преимущество радиосигнализации перед сигнализацией световой заключается, во-первых, в том, что первая может осуществляться в любое время, даже тогда, когда Земля скрыта облаками. Во-вторых, радиосигналы почти не будут заглушаться другими электромагнитными волнами, в то время как световые лучи, полученные при помощи какой-либо технической установки, чаще всего будут теряться в океане света, излучаемого небесными телами. Исходя из этих соображений, можно предполагать, что в межпланетном пространстве, как и в пределах Земли, световая сигнализация должна будет уступить место радиосигнализации, хотя в некоторых частных случаях она может оказаться удобнее последней. Однако совершенно ясно, что о посылке радиосигналов на межпланетные расстояния нельзя мечтать до тех пор, пока не будет решена проблема посылки направленных волн на очень большие расстояния.

Вовсе не безразлично, какой длиной волны пользоваться для межпланетной радиосвязи. В высоких слоях атмосферы происходит в той или иной мере поглощение и отражение электромагнитных волн. В частности, ионосфера представляет непроницаемый экран для волн длиной более 50—100 метров. Но даже более короткие волны могут проникать за пределы ионосферы лишь в ничтожной своей части. Кроме того, прозрачность ионосферы для радиоволн сильно изменяется в течение дня и в различные времена года. С другой стороны, имеются основания предполагать, что в атмосфере существуют проходы, через которые электромагнитные волны могут проникать в мировое пространство.

В конечном итоге мы можем сказать, что для посылки радиосигналов сквозь атмосферу в далёкие просторы вселенной могут служить лишь мощные потоки строго направленных ультракоротких радиоволн.

К СОЗВЕЗДИЮ ЦЕНТАВРА

Проблема завоевания мирового пространства даже в пределах солнечной системы представляет огромные трудности. Что же касается проблемы достижения звёзд, т. е. других солнц, то для современной техники она является абсолютно неразрешимой.

Если бы оказалось возможным совершить путешествие до ближайших к нам звёзд с наибольшими скоростями, которые могут дать доступные нам топлива, то и тогда продолжительности человеческой жизни хватило бы лишь для ничтожной части пути.

В самом деле, предположим, что нам удалось построить такой космический корабль, который может взять с собой запас топлива, в 100 раз превышающий вес самого корабля, и что скорость истечения газов достигает 4 километров в секунду. Далее, допустим, что на корабль не действуют ни земное, ни солнечное притяжение. При этих условиях корабль, израсходовав всё топливо, сумеет достигнуть в свободном пространстве скорости в 66 312 километров в час. Пусть с такой скоростью путешественники отправляются от Земли к звезде «Ближайшая» в созвездии Центавра [1]). Тогда через 70 лет движения с такой скоростью они пролетят лишь одну тысячную пути.

Для значительного сокращения времени перелёта, очевидно, следовало бы очень сильно увеличить скорость передвижения. Для этого необходимо или ещё больше увеличить массу топлива при неизменной массе корабля, или повысить скорость истечения вещества, выбрасываемого из ракетного двигателя. Совершенно ясно, что о первом способе не приходится и думать, так как невозможно создать ракету, которая могла бы

[1]) Мы уже упоминали (см. стр. 17), что из всех известных нам звёзд эта звезда является ближайшей к Земле. Её расстояние от Земли составляет 4,27 световых года, т. е. свет проходит это расстояние в 4,27 года (расстояние от Солнца до Земли свет проходит приблизительно в 8 минут).

нести массу, превышающую массу ракеты даже в 100 раз. Следовательно, остаётся только возможность думать об увеличении скорости истечения вещества из ракетного двигателя.

Можно ли предполагать, что такое увеличение скорости истечения будет возможно хотя бы в будущем?

Как известно, современная физика пришла к заключению об эквивалентности массы и энергии, откуда следует, что вещество заключает в себе громадные запасы энергии. Согласно теории относительности любая масса в один килограмм заключает в себе чудовищное количество энергии, равное примерно $9 \cdot 10^{23}$ эргам. Это позволяет, по крайней мере, вообразить возможность «лучистой» ракеты, выбрасывающей вместо потока газов сверхмощный поток света за счёт расхода массы и двигающейся вследствие реакции этого потока. Скорости, которые могли бы быть достигнуты такой ракетой, огромны.

В связи с этим, прежде всего, заметим, что нет такой скорости, которую человеческий организм не мог бы перенести при определённых условиях. В самом деле, тревожит ли нас, хотя бы в малейшей мере, вращение Земли вокруг своей оси? А ведь на экваторе окружная скорость поверхности Земли достигает 1675 километров в час. Беспокоит ли нас движение Земли вокруг Солнца, скорость которого превышает 100 000 километров в час? Замечаем ли мы, наконец, движение всей нашей солнечной системы в мировом пространстве, происходящее со скоростью 70 000 километров в час? Обобщая накопленный физикой опыт, мы можем утверждать, что человеческий организм в состоянии безопасно переносить любую скорость движения. Единственными условиями для безопасности длительного перенесения любой скорости являются, как уже было сказано на стр. 23—35, прямолинейность движения и перегрузка, не превышающая, в случае очень длительного полёта, нормального значения в условиях Земли, следовательно, ускорение или замедление космического корабля не должно превышать примерно 10 метров в секунду за секунду.

В таких условиях человек будет себя чувствовать, как на Земле.

Если в межзвёздном пространстве в первой половине пути движение космического корабля будет ускоренным, а во второй половине пути — замедленным, то снаряд остановится у цели. Если пренебречь полем тяготения небесных тел, то при указанном выше ускорении среднее расстояние между Землёй и Луной могло бы быть пройдено в $3^1/_2$ часа.

В таких же условиях для перелёта расстояния между Землёю и Солнцем (149 500 000 километров — так называемая

астрономическая единица длины) потребовалось бы около трёх суток, а перелёт к наиболее удалённой планете нашей солнечной системы — Плутону — длился бы около 18 дней.

Итак, рассмотрим движение космического корабля, направляющегося по прямой линии из пределов солнечной системы к какой-нибудь звезде, и пусть этот корабль имеет возможность достичь скорости 290 000 километров в секунду. Пренебрежём влиянием поля тяготения Солнца, что вполне допустимо при рассмотрении такого полёта, и вычислим время, которое потребуется для достижения указанной скорости, и расстояние, которое космический корабль пролетит за этот промежуток времени. Если бы при таком расчёте мы пользовались формулами классической механики, то получили бы, что при ускорении в 10 метров в секунду за секунду скорость в 290 000 километров в секунду была бы достигнута через 29 000 000 секунд и что за это время космический корабль пролетел бы расстояние, равное 0,44 светового года. Однако при скоростях, близких к скорости света, законы классической механики неприменимы. При таких скоростях все расчёты надо вести по формулам теории относительности. Выполнив вычисления, мы найдём, что искомое время составляет 114 026 000 секунд, а искомое расстояние равно 2,786 светового года.

Такое же время понадобится и для торможения космического корабля. Следовательно, при условиях, положенных в основу расчёта, космический корабль мог бы в течение 7,227 тропических лет пролететь расстояние, равное 5,572 светового года. Лишь две известные нам звезды находятся в таком радиусе действия: «Ближайшая» из созвездия Центавра и «Альфа» из того же созвездия.

Таким образом, достигнув в середине пути скорости 290 000 километров в секунду, возможно в приемлемый срок достигнуть ближайших к нам звёзд. Но какая для этого потребуется затрата вещества? Оказывается, огромная: к цели прибудет лишь $^1/_{60}$ начальной массы «лучистой» ракеты, а обратно на Землю — масса, ещё в 60 раз меньшая. При таком расходе вещества никакая лучистая ракета не сделает возможным для нас посещение даже ближайших звёзд, ибо немыслимо построить ракету весом в тысячи раз меньше веса топлива.

Но существует простой способ для уменьшения расхода вещества. В самом деле, двигатель «лучистой» ракеты должен быть в действии не во всё время движения. Его можно использовать в начале полёта для разгона, например, до скорости 100 000 километров в секунду, затем выключить, чтобы продолжать дальнейший путь по инерции, и, наконец, только

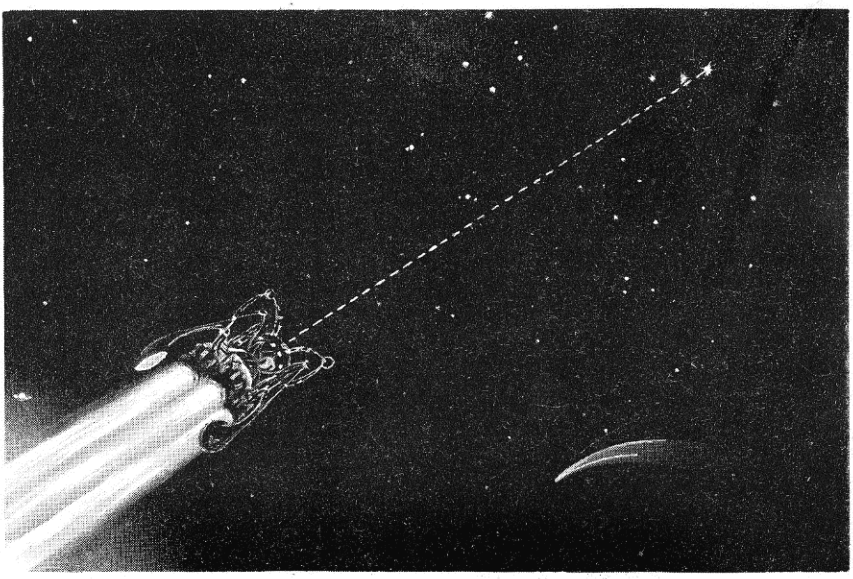


Рис. 39. Проблема межзвёздных полётов может быть решена только при помощи атомной ракеты.

в конце полёта опять включить для торможения. Правда, при таком полёте время перелёта удлинится, но в некоторых случаях оно всё же будет оставаться в пределах сроков человеческой жизни.

Пусть, для примера, наша «лучистая» ракета направляется к упомянутой выше звезде «Ближайшая» в созвездии Центавра (рис. 39). Отрегулируем двигатель ракеты так, чтобы скорость увеличивалась каждую секунду на 10 метров в секунду. Следовательно, во время работы двигателя в ракете будет существовать нормальная, т. е. привычная для человека, перегрузка.

К концу 123-го дня ракета достигнет скорости полёта в 100 000 километров в секунду, проделав при этом немногим больше одного процента намеченного пути. Этот же путь солнечный луч прошёл бы в 21 день $2^1/_2$ часа.

Достигнув скорости в 100 000 километров в секунду, ракета будет двигаться в течение 12 лет 169 дней по инерции, после чего опять включается двигатель, на этот раз для торможения ракеты. Всё расстояние, пройдённое ракетой к этому времени, солнечный луч проходит в 4 года $2^1/_2$ месяца.

Спустя ещё 123 дня, потраченных на торможение, ракета достигнет места назначения. Если двигатель ракеты обладает коэффициентом полезного действия, равным единице, то к концу полёта он израсходует половину начальной массы ра-

кеты. Таким образом, на всё путешествие потребуется 13 лет 50 дней.

Обратный путь займёт столько же времени, причём отношение начальной и конечной масс корабля опять будет равно 2 : 1. Следовательно, при возвращении на Землю масса корабля будет в четыре раза меньше, чем в момент отлёта с Земли.

Если «лучистая» ракета в период разгона и торможения будет двигаться с ускорением 20 метров в секунду за секунду, то общая длительность перелёта сократится лишь незначительно. Например, в рассмотренном нами случае ракета прибудет к цели на 115 дней 11 часов 24 минуты раньше указанного выше срока.

Что же касается расхода вещества, то он останется неизменным, несмотря на увеличение ускорения движения.

Совершенно очевидно, что такие проекты не могут быть осуществлены техникой ближайшего будущего, и мы указываем на них лишь как на дальнейшую перспективу человеческих возможностей.

ВЧЕРАШНЯЯ УТОПИЯ — РЕАЛЬНОСТЬ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ

Научное значение исследований межпланетных пространств неоспоримо. Результаты, которые удалось бы получить, имели бы не только теоретическое значение, но нашли бы также самое разнообразное практическое применение.

Один из первых этапов на пути овладения мировым пространством — движение в высоких слоях стратосферы с весьма большими скоростями — имеет огромное практическое значение для авиации.

Поэтому исследование высших слоёв атмосферы является первоочерёдной задачей. При этом можно будет выяснить условия торможения в воздухе аппарата, движущегося с весьма большой скоростью. Кроме того, немалую пользу для радиотехники принесёт исследование ионосферы, в частности, изучение того, как на неё влияют изменения метеорологических условий.

Ракетный корабль, летящий вне атмосферы по инерции (с выключенным двигателем), позволит осуществить наиболее быстрое сообщение между отдельными пунктами земной поверхности.

С помощью ракет, посылаемых за пределы атмосферы, можно будет непосредственно измерить величину удельной энергии солнечного излучения перед его проникновением в земную атмосферу, исследовать лучи Солнца и других небесных тел; определить величину так называемого альбедо Земли (т. е. отношения отражаемого планетой света к количеству света, получаемого от Солнца) и т. д.

Будут окончательно решены вопросы о населённости планет солнечной системы, о возможном разнообразии форм жизни и стадий её развития на различных планетах и их спутниках.

Значительно обогатятся наши сведения о внутренних планетах, когда мы, оторвавшись от Земли, сумеем рассматривать их на близком расстоянии с точек, расположенных внутри

их орбит. Будет решён вопрос о существовании гипотетической малой планеты, обращающейся внутри орбиты Меркурия. Удастся точнее определить период вращения Венеры около собственной оси, наклон оси внутренних планет к их орбитам, планетный магнетизм, массу и размеры многих спутников планет, периоды их вращения около собственной оси.

Более точное освещение получат вопросы геологии (в широком значении этого слова) и климатологии различных планет.

Первым шагом к решению перечисленных вопросов будут наблюдения над планетами с достаточно близкого расстояния. Следующим шагом будут наблюдения и измерения на поверхности самих планет.

Не исключена возможность, что при посещении планет на них будут открыты новые элементы с высоким атомным весом и химические соединения, образовавшиеся в условиях, отличных от земных.

Вполне возможно, что в мировом пространстве будут обнаружены такие явления, о которых мы даже не подозреваем.

***

Значение космонавтики бесспорно, однако средства для её осуществления очень ограничены.

Подытожим кратко всё то, что мы узнали о возможностях полёта в мировое пространство.

Сила тяготения, удерживающая космический корабль на поверхности Земли, никаким способом не может быть ни уничтожена, ни хоть сколько-нибудь заметно ослаблена. Следовательно, нужно искать способы её преодоления.

Пороховая пушка не пригодна для получения космических скоростей главным образом из-за слишком малой скорости расширения пороховых газов. Только электромагнитной пушкой можно воспользоваться для выпуска необитаемого и даже обитаемого снаряда в межпланетное пространство. Но электромагнитная пушка из соображений физиологического характера (недопустимость большой перегрузки) должна иметь непомерно большую длину. Независимо от этого выброшенный снаряд мог бы пронизать земную атмосферу только при огромном весе.

Праща неизбежно была бы разрушена центробежной силой; из-за действия той же силы круговой туннель пришлось бы сделать более длинным, чем прямолинейный.

Давление солнечного света и вообще энергия солнечного излучения слишком слабы, чтобы ими можно было воспользоваться для перемещения космического корабля.

В противоположность этим несбыточным проектам ракета является лучшим и, пожалуй, единственным аппаратом для движения в мировом пространстве.

В общем случае космический ракетный корабль только в течение короткого периода взлёта будет двигаться с работающим двигателем, остальной же путь он будет совершать за счёт приобретённой кинетической энергии, находясь всё время под действием притяжения Солнца, в то время как притяжение со стороны планет будет исчезать очень быстро. Продолжительность взлёта должна быть достаточно большой, чтобы избегнуть вредного влияния перегрузки на пассажиров.

Составная ракета даст возможность достигнуть значительно большей скорости, чем простая ракета. Существующие топлива, в особенности жидкие, смогут быть использованы и для целей космонавтики. Применение атомной энергии откроет новую эру в технике космического полёта.

Регулирование скорости космического корабля, управление им и ориентировка в пути представляются довольно простыми задачами. В большинстве случаев можно будет пользоваться обычными приборами для измерений и регулировки. В отдельных же случаях потребуется создание специальных приборов, например для определения траектории космического корабля.

Создание во время полёта условий жизни, которые способен перенести человеческий организм, не представляет затруднений для современной техники. Если бы полное отсутствие перегрузки во время полёта по инерции оказалось вредным для человеческого организма, то можно было бы создать необходимую перегрузку путём вращения космического корабля. Температуру внутри корабля можно будет регулировать в широких пределах путём более или менее интенсивного поглощения солнечных лучей. Что касается жизненных припасов, то достаточным является суточный паёк продуктов питания и кислорода для дыхания общим весом примерно в 1,3 килограмма в день на человека.

Сигнализацию с космического корабля на Землю можно будет осуществить, повидимому, с помощью специальных зеркал, отражающих с перерывами солнечные лучи, которые затем будут улавливаться на Земле мощными телескопами. Для подачи сигналов с Земли можно будет использовать искусственные источники света. Радио, несомненно, сыграет большую роль в деле связи с космическими путешественниками.

Если не принимать во внимание сопротивление воздуха, то круговая скорость вблизи земной поверхности составляет 7,9 километра в секунду, параболическая скорость 11,2 кило-

метра в секунду, а освобождающая скорость 16,7 километра в секунду. Для других планет эти скорости заключаются в пределах от 3 до 62 километров в секунду.

Для полёта с Земли на Луну будет необходима скорость, несколько меньшая, чем параболическая скорость (для Земли), а для полётов с Земли на планеты понадобятся скорости, бóльшие параболической, но меньшие освобождающей.

Траектории межпланетных перелётов не будут представлять собой, как правило, прямых линий: наиболее выгодными будут эллиптические траектории, так как при полёте по ним потребуется наименьшее количество топлива, следовательно, и наименьшая величина начальной массы корабля. В общем случае начальная и конечная точки полёта будут лежать на одном и том же эллипсе. Однако в случае полётов к Солнцу будет, повидимому, более выгодно сначала удалиться от центрального светила, следуя по эллиптической дуге, а затем приблизиться к нему по дуге другого эллипса.

Для того чтобы облететь земной шар по круговой орбите, потребуется не более полутора часов. Полёт по эллипсу, проходящему через ближайшую точку орбиты Луны (так называемый перигей), продлится немногим более 9 суток, а путешествие по эллиптической траектории, пересекающей орбиты Меркурия, Венеры и Марса и обеспечивающей возвращение на Землю, потребует по меньшей мере одного года; наконец, для полёта по эллипсу к границам солнечной системы и обратно пришлось бы затратить время, превышающее длительность человеческой жизни.

Весьма вероятно, что техника ближайшего будущего сумеет построить космические корабли, способные как угодно близко подойти к соседним с нами планетам и, не совершив на них посадки, возвратиться на Землю. В дальнейшем для посадки на планеты можно будет использовать для торможения корабля атмосферу планеты. Возможность использования реактивного торможения в случае применения обычного топлива мало вероятна.

При взлёте космического корабля, в целях максимальной экономии топлива, необходимо будет развивать наибольшее переносимое человеком ускорение. Вместе с тем нужно будет в наибольшей степени использовать скорость самой Земли или других планет относительно Солнца.

Естественные спутники, в частности Луна, не могут быть целесообразно использованы в качестве отправных или посадочных станций. Поэтому следует стремиться к созданию искусственных спутников — своего рода космических островов, обращающихся вокруг планеты.

Кривая взлёта, вначале направленная почти вертикально, должна затем перейти в почти горизонтальную линию. При таком взлёте значительно сокращаются потери на преодоление сопротивления воздуха и силы тяготения.

* *
*

Не подлежит сомнению, что космическим сообщениям должен предшествовать ряд обширных опытных исследований, так как в наших познаниях пока имеется ещё очень много пробелов. Сейчас ещё нельзя с достаточной точностью определить все конструктивные детали космического корабля, хотя основные принципы его построения уже намечены.

Изучение достижений науки приводит к выводу, что уже текущий век сможет быть свидетелем полётов в пределах солнечной системы. Таким образом, великие замыслы, которые вчера ещё казались утопией, сегодня становятся на почву возможного.

Что касается полётов к звёздам, то они ещё на долгое время останутся вне пределов человеческих возможностей. Однако с чисто теоретической точки зрения возможность подобных полётов отнюдь не исключена: теория относительности приоткрывает перспективу достижения ближайших к нам звёзд при условии, что будут найдены пути более или менее полного непосредственного превращения массы в энергию.

Будем же надеяться, что недалёк тот день, когда Земля предстанет перед взором первых космических путешественников как блистающее в мировом пространстве светило.

Исправление

Стр.	Напечатано	Должно быть
2	Рисунки и обложка выполнены художником Н. М. Кольчицким	Рисунки выполнены художником Н. М. Кольчицким

92