

БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА



Ф. ЗИГЕЛЬ

# ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК ЗЕМЛИ

БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

Ф.ЗИГЕЛЬ

# ИСКУССТВЕННЫЙ СПУТНИК ЗЕМЛИ



---

ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР  
Москва — 1956

## ВВЕДЕНИЕ

Мы живем в замечательное время. На наших глазах человек овладел атомной энергией и научился применять ее в мирных целях. Перед человечеством открылись неограниченные перспективы использования сил атома в практической жизни.

Вместе с тем и другие области техники, не связанные непосредственно с атомной энергетикой, переживают период бурного роста. Так, например, в начале века казалось невозможным увидеть предмет, удаленный на расстояние в десятки километров. Ныне телевидение стало обычным делом, и вблизи телецентров редко встретишь дом, на котором бы не стояла телевизионная антенна.

Радиотехника проникла за пределы Земли, в окружающий нас космос. Приняты и расшифрованы радиосигналы, исходящие от Солнца и других небесных тел. В 1946 году радиолуч, посланный специальным радиолокатором, достиг Луны, и тем самым человек как бы дотронулся до поверхности нашего спутника. Строятся мощные радиотелескопы, позволяющие обнаружить то, что недоступно обычным оптическим средствам исследования.

Человек побеждает пространство и время. Если еще в начале века самолеты внешне напоминали этажерки, а полет на сотни метров считался рекордным, то в наши дни реактивные самолеты достигают скоростей, превышающих 2500 километров в час!

Далекое становится близким. Путешествие из Москвы во Владивосток в начале века занимало недели, а сейчас оно может быть совершено за десятки часов! Недалеко время, когда кругосветные беспосадочные перелеты станут обычным делом.

На очередь выдвинут вопрос о межпланетных путешествиях.

Еще два-три десятка лет тому назад полеты на другие планеты большинству людей казались сказочной, несбыточной мечтой. Даже те, кто серьезно работал над этой проблемой, относили сроки первых космических полетов в отдаленное будущее.

В наши дни положение резко изменилось. Бурное развитие техники во всех ее областях и в особенности в области реактивной авиации заставляет смотреть на межпланетные полеты не как на фантастическую мечту, а как на техническую проблему, решение которой может быть достигнуто в ближайшие десятилетия.

В последнее время постепенно сформировалась и новая наука «астронавтика» — наука о межпланетных полетах. Все большее и большее число исследователей начинает принимать участие в разработке теории космических полетов. С каждым годом успехи астронавтики привлекают к себе все большее и большее внимание мировой общественности. Межпланетные путешествия становятся общечеловеческим делом, областью, в которой может и должно осуществляться научное сотрудничество различных народов.

Во многих странах организованы общества астронавтов, регулярно созываются международные съезды по вопросам астронавтики. В Советском Союзе, родине основателя астронавтики Константина Эдуардовича Циолковского, последнее время уделяется большое внимание проблеме межпланетных перелетов. При Академии наук СССР создана Междуведомственная комиссия, которая руководит всеми работами в данной области техники. Советское правительство возложило на Академию наук научно-теоретическую разработку главнейших проблем астронавтики. Что же касается любителей астронавтики, то они объединяются в секции астронавтики при Центральном аэроклубе имени Чкалова.

Очередная и на данном этапе главная задача астронавтики — это создание искусственных спутников Земли, которые, по идее Циолковского, должны служить топливными базами будущих космических ракет. Но кроме роли трамплина для достижения первой космической станции — Луны, спутники будут выполнять и другие функции. Их используют как своеобразные космические ла-

боратории, где в условиях безвоздушного пространства можно выполнить ряд исследований, невозможных на Земле.

Вряд ли стоит доказывать, как увлекательна и интересна эта грандиозная техническая задача. В создании искусственных спутников Земли примет участие большой коллектив разнообразных специалистов: астрономов, инженеров, медиков, биологов. Вот почему познакомить школьников с важными проблемами современности — проблемами astronautики — вполне своевременно и полезно. Среди юных читателей этой книжки несомненно найдутся такие, которые пожелают свою дальнейшую жизнь посвятить овладению космическим пространством. Несомненно, что уже сейчас среди детского населения земного шара живут те, которым посчастливится первыми вступить на лунную поверхность. Им, юным astronautам, и посвящается в первую очередь эта книга.

Однако и те, кто изберет себе иную, «земную», профессию, все же, вероятно, не останутся равнодушными к историческому событию в жизни человечества — его выходу за пределы Земли. Вот почему и для них эта книжка может быть не безинтересной.

Автор старался сделать изложение понятным для каждого школьника старших классов. В то же время он стремился, где это возможно, простыми расчетами подтвердить теоретические рассуждения. Пугаться формул и расчетов не следует — математика позволяет выразить мысль предельно ясно и лаконично. Кроме того, будущим astronautам надо учесть, что в astronautике физика, математика и астрономия играют решающую роль. Кто еще на школьной скамье полюбил точные науки, тот может смело рассчитывать на овладение astronautикой. К рассмотрению одной из интереснейших ее проблем мы теперь и приступим.

## ЗАДАЧА НЬЮТОНА И ЕЕ РЕШЕНИЕ

В главном творении Исаака Ньютона, его книге «Математические принципы натуральной философии», опубликованной в 1687 году, есть такое рассуждение:

«Если свинцовое ядро, брошенное горизонтально силою пороха из пушки, поставленной на вершине горы,

отлетает по кривой — прежде чем упасть на Землю — на две мили, то (предполагая, что сопротивления воздуха нет), если бросить его с двойной скоростью, оно отлетит приблизительно вдвое дальше; если с десятикратной, то в десять раз. Увеличивая скорость, можно, по желанию, увеличить и дальность полета и уменьшить

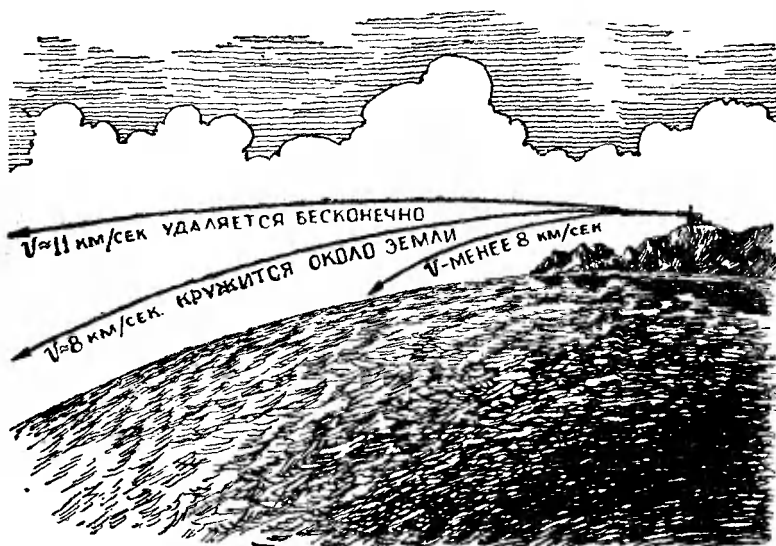


Рис. 1. Задача о ньютоновой горе.

кривизну линии, по которой ядро движется, так что можно бы заставить его упасть в расстоянии  $10^\circ$ ,  $30^\circ$  и  $90^\circ$ , можно заставить его окружить всю Землю и даже уйти в небесные пространства и продолжать удаляться до бесконечности».

Вдумаемся в смысл сформулированной здесь задачи. Первая часть рассуждения Ньютона не вызывает сомнений. Кому неизвестно, что чем сильнее бросишь камень или иной предмет, тем он дальше полетит. Понятно и то, что с увеличением скорости вылета снаряда, кривизна пути его полета уменьшается — снаряд летит на большее расстояние, поэтому его траектория становится более полой.

Правда, никому еще из артиллеристов не удалось стрелкнуть так далеко, чтобы снаряд пролетел четверть меридиана ( $90^\circ$ ), т. е. 10 000 км. Однако можно поверить и в это — все зависит от той скорости, с которой снаряд покидает ствол орудия. Если увеличить скорость вылета, увеличится и дальность полета снаряда.

Но вот чтобы снаряд можно было заставить облететь вокруг земного шара, т. е., по выражению Ньютона, «окружить всю Землю» или, тем более, отправить его навсегда за пределы Земли в мировое пространство, — это кажется невероятным.

Давайте, однако, не спешить с выводами, а попробуем обосновать рассуждения Ньютона численными расчетами.

Известно, что брошенное тело падает на Землю вследствие ее притяжения. Вес тел есть та сила, которая удерживает все земные предметы на поверхности нашей планеты и мешает им отправиться в межпланетное путешествие. Можно, однако, бросить тело так, что оно, сохранив свой вес, тем не менее никогда не упадет на Землю, а будет обращаться вокруг нее, как крошечная Луна.

Для этого необходимо, чтобы центростремительная сила, возникающая при обращении тела вокруг Земли, равнялась его весу, или, точнее говоря, чтобы вес тела стал в таком движении центростремительной силой.

Пусть масса тела равна  $m$ , ускорение силы тяжести  $g$ , радиус земного шара  $R$ , а скорость, которой должен обладать рассматриваемый нами искусственный спутник Земли, обозначим буквой  $v$ .

Можно считать, что высота горы, на которой установлена воображаемая ньютонова пушка, весьма мала в сравнении с радиусом Земли и потому радиус орбиты спутника положим приближенно равным земному радиусу. Центростремительная сила, действующая на спутник, равна по известной формуле  $\frac{mv^2}{R}$ . Для того чтобы вес тела, равный произведению  $mg$ , не мешал круговому движению спутника, а, наоборот, сам был движущей центростремительной силой, необходимо, чтобы  $\frac{mv^2}{R} = mg$ .

Сокращая на  $m$ , получаем для искомой скорости выражение  $v = \sqrt{gR}$ .

Остается подставить в выведенную формулу численные значения  $g = 9,8 \frac{м}{сек^2}$  и  $R = 637 \cdot 10^4 м$ . В результате получаем, что  $v \approx 7900 \frac{м}{сек} = 7,9 \frac{км}{сек}$ .

Таким образом, для того чтобы тело превратилось в искусственный спутник Земли и «окурило всю Землю», необходимо сообщить телу горизонтальную скорость почти в  $8 \frac{км}{сек}$ .

В этом случае спутник будет как бы непрерывно «падать» на Землю, двигаясь вокруг нее по окружности, причем, повторяем, единственной силой, действующей на спутник, будет сила его веса.

Нетрудно подсчитать, за какое время подобный спутник облетит всю Землю. Длина окружности земного экватора равна 40076 км, а скорость спутника  $8 \frac{км}{сек}$ .

Отсюда следует, что период обращения такого спутника вокруг Земли равен 1 часу 24 минутам.

Ньютон, разумеется, не подозревал, что сформулированная им задача может иметь какое-нибудь практическое значение. Для него это был лишь один из теоретических примеров движения тел под действием тяготения.

Современная наука иначе расценивает задачу Ньютона. В ней она усматривает реальную возможность создания искусственных спутников Земли.

Разумеется, созданы они будут не так, как это рассказано у Ньютона. Бессмысленно устанавливать пушку на вершине горы, а затем выпускать из нее с нужной скоростью снаряды. Дело в том, что если бы даже современным артиллеристам удалось получить столь высокие скорости выброса снарядов, то все равно эти снаряды не стали бы спутниками Земли. Сопротивление атмосферы быстро бы затормозило их полет и заставило снаряды упасть на Землю.

Искусственные спутники должны быть созданы за пределами земной атмосферы, там, где ничто не будет мешать их свободному движению. О техническом решении этой задачи мы еще побеседуем, а сейчас попробуем сообразить, как будут двигаться вокруг Земли ее заатмосферные спутники.



С удалением от Земли сила ее притяжения ослабевает. Если на поверхности Земли ускорение силы тяжести равно  $9,8 \frac{м}{сек^2}$ , то уже на высоте 3000 км над Землей оно равно  $4,5 \frac{м}{сек^2}$ , а на расстоянии Луны (384403 км) ускорение земного тяготения составляет всего  $0,27 \frac{см}{сек^2}$ .

Заметим, что именно с таким центростремительным ускорением и обращается Луна вокруг Земли, что впервые было доказано Исааком Ньютоном. Значит, силой, заставляющей Луну обращаться вокруг Земли, является сила земного притяжения.

Известно, что Луна совершает полный оборот вокруг Земли за  $27\frac{1}{3}$  суток. Если бы ее поместить на более близкое расстояние от Земли, то взаимное притяжение этих двух тел увеличилось бы и Луна, приобретя большую скорость, совершала бы обращение вокруг Земли за меньший срок.

Знаменитый предшественник Ньютона немецкий астроном Иоганн Кеплер (1571—1630) открыл закон, связывающий расстояние планет от Солнца с их периодами обращения. Закон Кеплера гласит: «Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы их средних расстояний от Солнца».

Сформулированный закон верен не только для Солнца и планет, но вообще для всех небесных тел, движущихся под действием взаимного тяготения. Давайте применим его к интересующему нас случаю.

Обозначим расстояние Луны от Земли буквой  $R$ , ее период обращения вокруг Земли  $T$ . Пусть где-то между Землей и Луной, на расстоянии  $r$  от центра Земли, обращается вокруг нее искусственный спутник. Найдем период обращения спутника, обозначив величину этого периода буквой  $t$ .

По закону Кеплера:  $\frac{t^2}{T^2} = \frac{r^3}{R^3}$ . Откуда  $t = T \frac{r}{R} \sqrt{\frac{r}{R}}$ .

Полученная формула позволяет для любого заатмосферного спутника подсчитать период его обращения вокруг Земли. Вот таблица, дающая результаты подобных вычислений. В первой ее графе указаны расстояния

спутника от центра Земли ( $r$ ), во второй — его высота над земной поверхностью ( $h$ ), а в третьей — приближенное значение периода ( $t$ ).

$r$	$h$	$t$
6570 км	200 км	1 час 28 мин.
6927 км	557 км	1 час 35 мин.
8039 км	1669 км	2 часа
12740 км	6370 км	4 часа
19110 км	12740 км	7,3 часа
42370 км	36000 км	24 часа

Зная расстояние спутника от Земли ( $r$ ) и его период обращения ( $t$ ), легко найти скорость, с которой спутник движется по своей орбите. Обозначим искомую скорость буквой  $v$ . Тогда, по известной формуле для кругового движения, получаем  $v = \frac{2\pi r}{t}$ .

Легко убедиться, подставляя в данную формулу из предыдущей таблицы различные значения  $r$  и  $t$ , что с удалением от Земли скорость спутника уменьшается и на высоте 36 000 км она становится равной всего  $3,1 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ .

Таким образом, если человечеству удастся создать искусственный спутник Земли, то вселенная обогатится еще одним небесным телом, которое, несмотря на свое искусственное происхождение, будет в своем движении подчиняться тем же законам, что и настоящие небесные тела.

В конце задачи Ньютона сказано, что можно заставить тело навсегда «уйти в небесные пространства и продолжать удаляться до бесконечности». В сущности здесь утверждается, что возможно сообщить такую скорость телу, при которой оно не упадет на Землю и даже не станет ее спутником, а навсегда покинет нашу планету, отправившись в межпланетное путешествие. Возможно ли это?

Закон всемирного тяготения, открытый Ньютоном, утверждает, что тела<sup>1</sup> с массами  $M$  и  $m$  притягивают

<sup>1</sup> В такой формулировке закон тяготения верен для тел, размеры которых очень малы по сравнению с расстоянием между ними (для «материальных точек»).

друг друга с силой, пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональный квадрату расстояния ( $r$ ) между ними. Иначе говоря:

$$F = f \cdot \frac{M \cdot m}{r^2},$$

где  $f$  — коэффициент пропорциональности, называемый постоянной тяготения.

Из закона тяготения вытекает важное следствие. Допустим, что тело с массой  $m$  находится на поверхности планеты, масса которой  $M$ , а радиус равен  $R$ . Тогда, как можно доказать методами высшей математики, работа, которую надо совершить, чтобы удалить тело с поверхности планеты в бесконечность, равна  $f \cdot \frac{m \cdot M}{R}$ .

Вернемся снова к задаче Ньютона. Чтобы снаряд, выброшенный из ньютоновой пушки, смог улететь в бесконечность, необходимо сообщить ему такую кинетическую энергию, которая бы равнялась указанной выше работе.

Следовательно, если масса снаряда  $m$ , а скорость его вылета  $v$ , то  $\frac{mv^2}{2} = f \cdot \frac{Mm}{R}$ , откуда  $v^2 = \frac{2fM}{R}$ .

В первом приближении, вес снаряда, находящегося на Земле, есть сила его притяжения к Земле, т. е.  $mg = f \frac{Mm}{R^2}$ , или  $f \frac{M}{R} = gR$ .

Сравнивая две полученные формулы, приходим к заключению, что искомая скорость (без учета сопротивления воздуха) может быть найдена по формуле  $v = \sqrt{2gR}$ .

Учитывая, что  $g = 9,8 \frac{м}{сек^2}$ , а радиус Земли  $R = 6370 км$ , получаем  $v = 11,2 \frac{км}{сек}$ .

Оказывается, отправиться в путешествие по вселенной дело непростое — для этого нужно приобрести начальную скорость не менее  $40\,000 \frac{км}{час}$ ! Такова та «скорость отрыва», к достижению которой стремится современная техника.

Разумеется, во времена Ньютона, когда транспортные средства сообщения ограничивались кабриолетами

и дилижансами, огромные скорости казались возможными лишь в мире небесных тел. С такой чисто астрономической точки зрения и рассматривал Ньютон решение своей знаменитой задачи.

Ему удалось не только найти скорость отрыва от Земли, но и вычислить, по какой же кривой в этом случае полетит брошенное тело. Мы не будем приводить вычислений Ньютона, потому что нахождение всех возможных траекторий брошенного тела в задаче Ньютона требует применения высшей математики. Ограничимся лишь тем, что укажем конечные результаты.

Оказывается, снаряд, покинувший ствол ньютоновой пушки в горизонтальном направлении со скоростью  $11,2 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ , начнет двигаться по параболе. Как известно, парабола в отличие от окружности представляет собой разомкнутую кривую, обе ветви которой, постепенно удаляясь друг от друга, уходят в бесконечность. Вершина параболы в задаче Ньютона совпадает с воображаемой пушкой и выброшенный ею снаряд станет двигаться по одной из половин параболы.

У читателя естественно мог возникнуть вопрос: что же произойдет со снарядом, если его скорость будет больше «круговой» скорости в  $8 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ , но меньше «параболической» скорости в  $11,2 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ ?

Ньютон доказал, что в таком случае снаряд превратится в искусственный спутник Земли, но только обращаться вокруг Земли он будет не по окружности, а по эллипсу (рис. 2).

Чем с большей скоростью снаряд покинет ствол орудия, тем по более вытянутому и крупному эллипсу он полетит. На рисунке показана эллиптическая орбита спутника, по которой он будет двигаться, если его скорость лежит в пределах от  $8 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$  до  $11 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ . При скоростях, близких к параболической, эллиптические орбиты становятся настолько огромными и вытянутыми, что вблизи ньютоновой пушки их трудно отличить от параболы. Наконец, когда достигнута «скорость отрыва», вместо обращения Земли по эллиптической орбите спутник навсегда покинет Землю, отправившись в путешествие по параболе,

Мыслим и такой случай, когда скорость снаряда станет больше  $11,2 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ . Тогда, как доказал Ньютон, тело никогда не вернется на Землю, но двигаться оно будет не по параболе, а по одной из гипербол. Чем больше скорость снаряда, тем более «разогнутой» становится

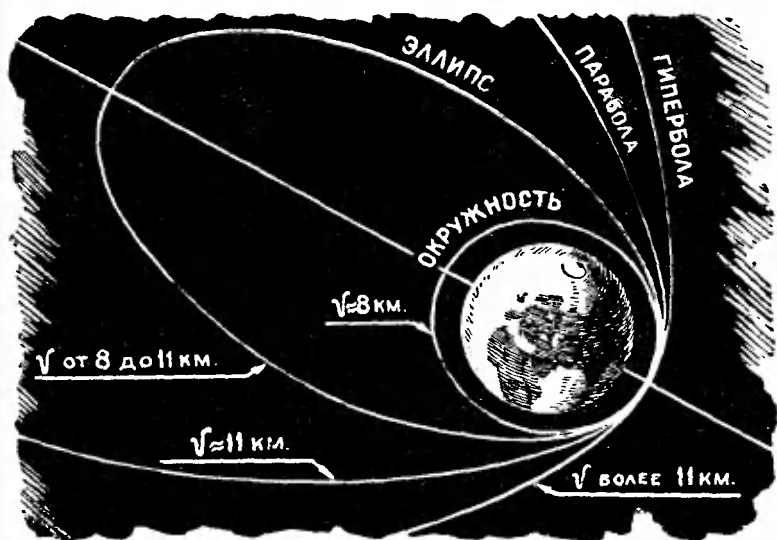


Рис. 2. Связь между скоростью тела и формой его траектории

его гиперболическая орбита, тем больше она приближается по своей форме к прямой, служащей касательной к поверхности Земли в вершине ньютоновой горы. Сам собой разумеется, двигаться по касательной снаряд никогда не сможет — для этого его скорость должна стать бесконечно большой, что практически недостижимо.

Подведем итоги:

Снаряд ньютоновой пушки может лететь по разным траекториям. Если его скорость меньше круговой ( $8 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ ), снаряд падает обратно на Землю по дуге, на ма-

лом протяжении сходной с параболой<sup>1</sup>; при скорости  $8 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$  снаряд превращается в искусственный спутник

Земли, обращающийся вокруг нашей планеты по круговой орбите. Могут быть созданы и «эллиптические» спутники, для чего необходимо, чтобы их начальная горизон-

тальная скорость заключалась в пределах от  $7,9 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$

до  $11,2 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ . Наконец, для

совершения межпланетного перелета необходимо сообщить телу скорость не менее  $11,2 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ . В этом

случае оно полетит по параболической или по одной из гиперболических орбит.

Ньютон был основателем небесной механики — науки о движениях небесных тел, вызванных их взаимным притяжением.

Ему принадлежит полное решение основной, простейшей задачи небесной механики — так называемой «задачи двух тел».

Представим себе два небесных тела с известными массами  $m_1$  и  $m_2$ . Допустим, что тела притягивают друг друга и в начальный момент расстояние между ними равно  $r$ . (рис. 3). Скорость каждого из тел изобразится вектором, величину и направление которого будем считать известными (векторы  $v_1$  и  $v_2$ ). «Задача двух тел» заключается в том, чтобы, исходя из указанных начальных данных, определить положение тел для любого момента времени в будущем и в прошлом.

Ньютон решил эту задачу. Он доказал, что если одно из тел считать неподвижным, то второе тело может дви-

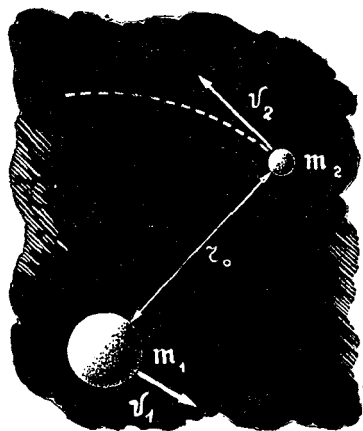


Рис. 3. Задача двух тел.

<sup>1</sup> Параболы могут быть весьма различны по своей кривизне, расстоянию между ветвями и т. д., о чем подробно говорится в школьном курсе алгебры.

гаться относительно первого только по одной из известных нам кривых — эллипсу, параболе или гиперболе. Какова же конкретно будет орбита второго тела — это зависит от исходных данных «задачи двух тел». Нетрудно заметить большое сходство простейшей задачи небесной механики с задачей Ньютона. И там и здесь — два тяготеющих друг к другу тела. И там и здесь некоторые «начальные условия» определяют конкретное решение задачи.

Однако задача двух тел более общая, чем «задача Ньютона». В последней начальная скорость второго тела имеет всегда одно и то же (горизонтальное) направление. В «задаче двух тел» как величина, так и направление начальной скорости, а также расстояние между телами могут быть любыми.

Искусственные спутники Земли, как мы увидим в дальнейшем, будут созданы на разных высотах. Различны будут их массы и начальные скорости. Вот почему для расчета орбит искусственных спутников Земли придется воспользоваться не только решением «задачи Ньютона», но и формулами задачи двух тел.

Если бы можно было пренебречь притяжением небесных тел и считать, что на спутник действует только сила земного тяготения, орбита спутника могла бы быть только окружностью или эллипсом. В действительности движение спутника во многих случаях будет гораздо более сложным.

Наш естественный спутник — Луна — обладает настолько большой массой и так близок к Земле, что пренебречь его воздействием на искусственные спутники невозможно. Только те из них, которые будут обращаться вокруг Земли на сравнительно небольшой высоте (сотни километров), не испытают на себе заметного влияния Луны.

Для более же отдаленных спутников притяжение Луны способно сильно усложнить их орбиты.

В таком случае возникает задача не двух, а трех тел: Земли, Луны и спутника. Пусть искусственный спутник расположен где-то между Землей и Луной. Будем считать, что в некоторый начальный момент времени взаимные расстояния трех тел, их массы и начальные скорости известны. Задача состоит в том, чтобы определить, как будут двигаться все три притягивающих друг

друга тела, в частности интересующий нас искусственный спутник Земли.

Задача трех тел исключительно сложна и в общем случае, т. е. когда массы тел могут быть любыми, она по существу не получила и донныне своего решения. Правда, в начале текущего века финляндский математик Зундман вывел формулы, выражающие положение всех

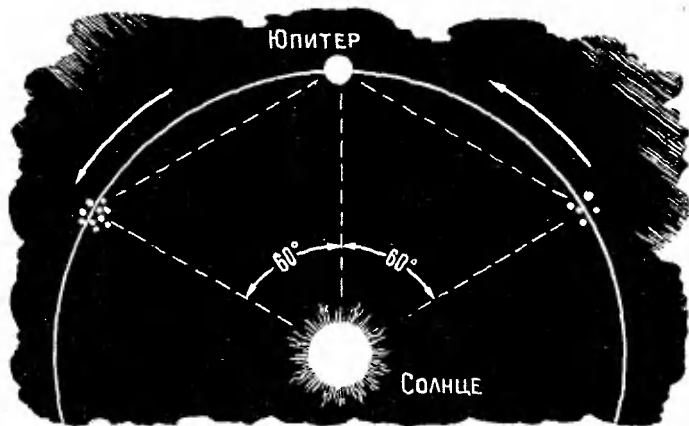


Рис. 4. Астероиды «троянцы» и Юпитер.

трех тел через начальные условия. Однако формулы Зундмана настолько громоздки, что никаких практических расчетов по ним производить нельзя.

Только в некоторых частных случаях «задача трех тел» допускает сравнительно простые решения. Одно из них было найдено знаменитым французским математиком Лагранжем в конце XVIII века. «Случай Лагранжа» заключается в следующем.

Допустим, что три тела в некоторый момент времени образуют вершины равностороннего треугольника. Тогда, как доказал Лагранж, и в дальнейшем их взаимное расположение не изменится, как бы сложно не перемещался в своей плоскости возникший равносторонний треугольник.

Любопытно отметить, что «случай Лагранжа» наблюдается в природе. Оказывается, у крупнейшей планеты



солнечной системы — Юпитера есть своеобразные «конвоиры» (рис. 4). Это — карликовые планеты (астероиды), обращающиеся вокруг Солнца по орбите Юпитера. Десять из них предшествуют Юпитеру, а пять идут сзади, причем в каждый момент времени Солнце, Юпитер и «троянцы»<sup>1</sup> находятся в вершинах двух равносторонних треугольников.

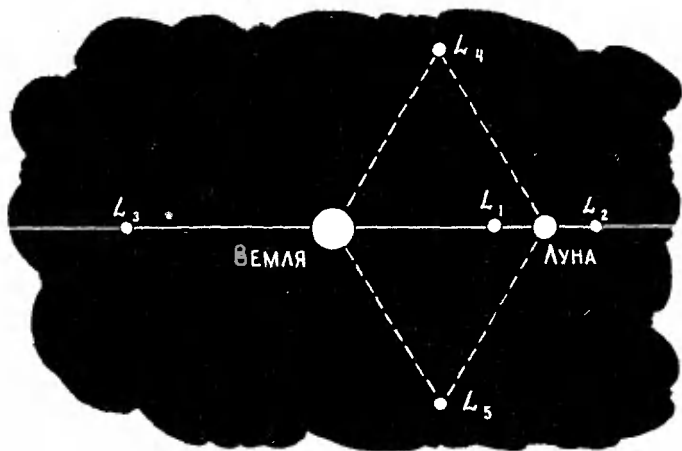


Рис. 5. Либрационные точки в системе Земля-Луна.

Точки, вблизи которых находятся «троянцы», в небесной механике, называются «треугольными точками либрации». Помещенное в них тело окажется в состоянии устойчивого равновесия. Что же касается «троянцев», то не совпадая в точности с точками либрации, они описывают вокруг этих точек небольшие, но очень сложные орбиты.

«Случай Лагранжа» должен быть учтен при создании искусственных спутников Земли. Ведь в системе Земля—Луна также есть треугольные точки либрации, и спутники, помещенные в них, постоянно находились бы от Земли и Луны на одинаковых расстояниях.

По исследованиям Лагранжа, кроме треугольных точек либрации, в задаче трех тел есть еще три «прямо-

<sup>1</sup> Описываемым астероидам присвоены имена героев Троянской войны, почему их и называют «троянцами».

линейные» точки либрации. Они расположены на прямой, проходящей в нашем случае через центры Земли и Луны (рис. 5). Для астронавтических целей эти точки, однако, менее интересны, чем предыдущие, так как тело, помещенное в них, оказалось бы в неустойчивом равновесии.

Массы искусственных спутников Земли будут, несомненно, ничтожно малы по сравнению с массами Земли

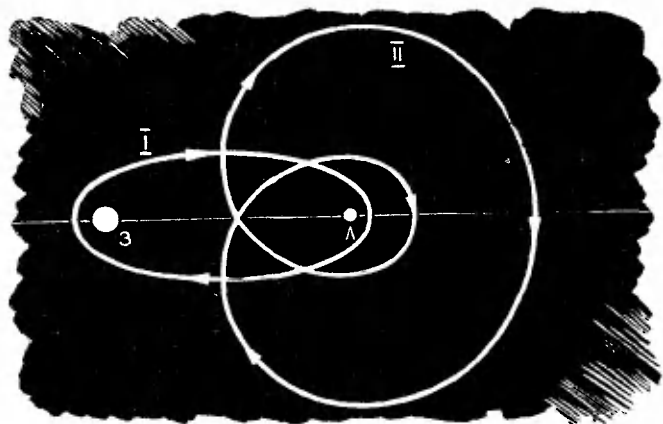


Рис. 6. Возможные орбиты некоторых искусственных спутников Земли.

и Луны. Именно поэтому, к вычислению орбит спутников вполне применимы выводы так называемой *ограниченной задачи трех тел*. Как раз в этом частном случае задачи трех тел считается, что масса третьего тела бесконечно мала в сравнении с массами двух других тел.

Ограниченная задача трех тел исследовалась такими крупнейшими математиками XIX века, как Якоби, Джорж Дарвин и Пуанкаре. Ими были вычислены всевозможные замкнутые «периодические» орбиты, по которым при тех или иных начальных условиях будет двигаться третье тело. Результаты оказались весьма интересными.

На рисунке 6 показаны примеры некоторых «периодических» орбит. Это уже не такие простые кривые, как

окружность или эллипс. Многие орбиты имеют весьма сложную и необычную форму, как, например, кривая II.

Исследователи «ограниченной задачи трех тел», конечно, не предполагали, что результаты их теоретических изысканий могут иметь какое-нибудь практическое значение. Однако, как это часто бывало в истории науки, то, что казалось отвлеченным, получает впоследствии практическое применение.

Некоторые из изображенных на рисунке 6 орбит могут быть использованы астронавтами, как, например, орбита I, обеспечивающая регулярное сообщение спутника с Землей и Луной. Как только во вселенной появятся самоуправляемые небесные тела — космические корабли и спутники, созданные человеком, многие вопросы небесной механики приобретут новый, глубоко практический смысл.

## ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Мечта о полетах в мировое пространство не нова. Ее можно встретить во многих древних сказаниях и легендах.

Так, например, в одной из ассирийских легенд утверждается, что король Этан, живший за 3200 лет до н. э., сумел подняться так высоко над Землей, что последняя показалась ему похожей на «хлеб в корзине».

В древнеиндийских легендах встречаются наставления, обращенные к волшебникам (иогам), которым якобы удавалось посещать Луну. Среди древних китайцев одно время была распространена легенда о том, что исконной родиной китайского народа является Луна.

Общезвестен красивый древнегреческий миф об Икаре — смелом юноше, который, решив уподобиться птицам, смастерил себе крылья и взлетел к Солнцу. За свою смелость Икар поплатился жизнью — солнечный жар растопил воск, которым скреплялись икаровы крылья, и юноша упал в море, с той поры называемое Икарийским.

В эпоху возрождения появляются произведения, в которых герои совершают путешествие на Луну. Наряду с фантастическими вымыслами, авторы иногда высказывают и некоторые научные идеи.

Со времен известного французского писателя XVIII века Сирано де Бержерака авторы фантастиче-

ских романов о межпланетных перелетах стараются сделать свое повествование правдоподобным. Отказываясь от помощи птиц или мистических «духов», они описывают всевозможные машины, которые перебрасывают их героев на Луну.

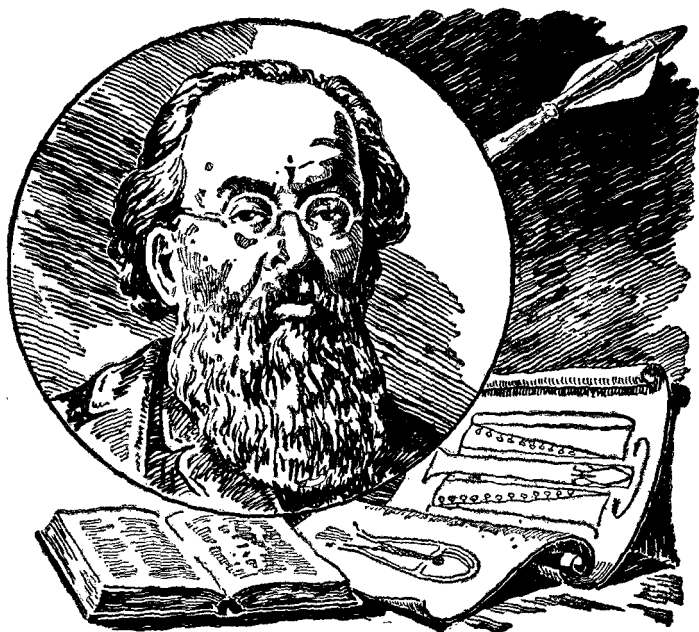


Рис. 7. Основатель astronautики Константин Эдуардович Циолковский (1857—1935).

Бурное развитие артиллерии в середине XIX века натолкнуло Жюль Верна на создание увлекательного романа «Из пушки на Луну». Блестящее литературное мастерство писателя, замечательная фабула заставляют читателей позабыть практическую неосуществимость жюльверновского проекта. В самом деле, если бы даже была построена исполинская пушка «колумбиада» и в ее снаряд помещены путешественники, то оглушительный выстрел «колумбиады» стал бы для них траурным салютом. Огромное ускорение, которое приобрел бы снаряд «колумбиады» внутри ее ствола, раздавило бы путешест-

венников. Расчеты показывают, что результат при выстреле получится таким же, как если бы путешественников поместили не внутри снаряда, а прямо перед жерлом пушки.

Так же нереален и проект другого талантливого писателя-фантаста Герберта Уэллса. В романе «Первые люди на Луне» Уэллс предлагает построить космический корабль из невесомого вещества «кеворита». Учитывая, что весомость присуща всем телам во вселенной, можно уверенно отнести проект Уэллса к числу утопий.

Межпланетные перелеты возможно совершить лишь с помощью таких двигателей, которые для своего перемещения не нуждаются в какой-либо внешней опоре. Именно такими двигателями являются реактивные, или, точнее говоря, ракетные двигатели.

История ракет уходит своими корнями в глубокое прошлое. Еще древние китайцы, изобретя порох, начинали им боевые ракеты. Летящие «огненные стрелы» использовали при военных операциях и наши предки — жители Руси X века. Однако мысль о применении ракет для межпланетных перелетов была впервые высказана в 1660 году Сирано де Бержераком. Обстоятельная же теория покорения мировых пространств с помощью ракетных аппаратов разработана нашим знаменитым соотечественником Константином Эдуардовичем Циолковским (1857—1935 гг.).

Циолковский был одним из основателей астронавтики. Он впервые поставил задачу межпланетных перелетов на реальную техническую основу. В многочисленных трудах Циолковский доказал, что полеты на небесные тела — это не утопическая фантазия, а техническая проблема, которая рано или поздно будет решена человечеством.

«Человечество не останется вечно на Земле, — писал Циолковский, — но в погоне за светом и пространством оно сначала робко проникнет за границы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство».

Ракета — вот тот двигатель, который по идее Циолковского позволит человеку стать «гражданином вселенной». На чем же основано это смелое утверждение, почему именно ракета станет первым космическим кораблем?

В праздничные дни, когда множество разноцветных ракет взлетают в небо под оглушительные раскаты артил-

лерийского салюта, миллионы глаз наблюдают движение, не требующее для себя никакой внешней опоры. Ракета подобна непрерывно стреляющей винтовке. Как винтовка, выбрасывая пулю, ударяет бойца в плечо, так и ракета движется за счет отдачи, «реакции». Роль пули в этом

случае выполняют газы, вылетающие из ракеты, а вместо плеча бойца есть воздух, сопротивляющийся реактивному движению ракеты.

Подчеркиваем, что воздух мешает полету ракеты. Ракета вовсе не «отталкивается газами от воздуха». Она движется только за счет внутренних сил — сил отдачи. Кстати сказать, «отталкиваться газами от воздуха» примерно так же трудно, как «гresti жидким веслом».

Полет ракеты есть проявление одного из законов природы — закона сохранения количества движения. Известно, что для характеристики различных механических движений физики употребляют величину, равную произведению массы тела  $m$  на его скорость  $v$ . Эта величина  $mv$  и называется количеством движения.

Для взаимодействующих тел, на которые внешние силы не действуют<sup>1</sup>, верен закон:

общее (суммарное) количество движения тел системы остается постоянным.

Действие этого закона можно наблюдать повсюду.

Вот, например, в стоящий на бильярде шар ударяется другой шар. Первый начинает двигаться вперед, а второй остается на месте. Это означает, что количество движения первого шара перешло ко второму, но общее количество движения двух шаров осталось неизменным.

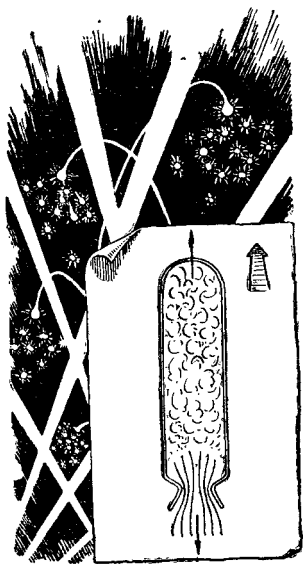


Рис. 8. Принцип действия ракеты.

<sup>1</sup> Или когда равнодействующая внешних сил равна нулю.

А. вот другой пример, более близкий к межпланетным перелетам. Из пушки с массой  $M$  вылетает со скоростью  $v$  снаряд, масса которого  $m$ . Найдем, с какой скоростью  $u$  (вследствие отдачи) откатится при выстреле орудие.

По закону сохранения количества движения, общее количество движения системы «снаряд — пушка» остается постоянным. До выстрела оно равнялось нулю — и пушка и снаряд находились в покое. После выстрела общее, «суммарное», количество движения равно  $mv + Mu$ .

Отсюда следует, что  $mv + Mu = 0$ , т. е. искомая скорость  $u = -\frac{m}{M}v$ .

Знак минус показывает, что скорость отдачи (отката орудия) направлена в сторону, противоположную движению снаряда.

Рассмотренная задача применима в известной степени и к ракетам. Газы, вылетающие из ракеты, уносят с собой некоторое количество движения и поэтому ракета получает такое же количество движения, но направленное в противоположную сторону.

Однако полет ракеты более сложен, чем движение снаряда. Масса последнего остается постоянной, у ракеты же, непрерывно выбрасывающей из себя газы, масса меняется. Это осложняет расчеты, и по приведенной выше формуле вычислить конечную скорость ракеты (т. е. скорость, которую она приобретает, израсходовав все свое топливо) нельзя.

Теория полета ракеты в межпланетном пространстве была разработана К. Э. Циолковским. Им, в частности, выведена формула, которую можно считать основной формулой astronautики.

Предположим, что первоначальная масса ракеты (вместе с топливом)  $M_0$ , ее масса без топлива  $M$ , скорость вытекания газов из ракеты  $c$ , а конечная скорость, которую приобретает ракета,  $v$ . Тогда, как доказал Циолковский, перечисленные величины связаны следующей формулой:

$$\frac{M_0}{M} = e^{\frac{v}{c}},$$

где  $e$  есть иррациональное число, приближенно равное 2,718.

Разберемся прежде всего в том, от каких причин зависит конечная скорость ракеты  $v$  и от чего она не зависит.

Формула Циолковского утверждает, что в среде без тяжести конечная скорость ракеты зависит только от отношения первоначальной массы ракеты к конечной ( $\frac{M_0}{M}$ ) и от скорости вытекания газов  $c$ . Зна-

чит, ни размеры ракеты, ни порядок или продолжительность действия ракетного двигателя на конечную скорость ракеты не влияют. По словам Циолковского: «Происходит ли горение равномерно или нет, длится ли оно секунды или тысячелетия — это все равно: даже перерывы ничего не значат».

И огромная ракета, весящая тысячи тонн, и маленькая ракета весом в сотни граммов могут приобрести одинаковые скорости, лишь бы у них было одинаково отношение  $\frac{M_0}{M}$  и обе ракеты работали бы на одинаковом топливе (т. е. если у них скорость  $c$  была бы одинакова).

Ракетный двигатель действует и в безвоздушном пространстве, а потому, как уже отмечалось, воздух для полета ракеты не нужен. Однако для того, чтобы ракета стала межпланетным кораблем, ей необходимо развить «скорость отрыва от Земли», равную  $11,2 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ . Тогда, набрав эту скорость, ракета полетит дальше уже без затраты топлива — как брошенный камень или выстреленный снаряд. Следовательно, разогнавшись до нужной скорости, ракета затем большую часть полета совершит «на холостом ходу», с выключенным двигателем. Только таким путем при современных видах топлива и можно достичь небесных тел.

На рисунке 9 изображена схема межпланетного корабля по проекту Циолковского. Это — огромная ракета, в передней части которой помещаются пассажиры, приборы, аппараты для дыхания, запасы продовольствия. Остальная часть ракеты занята топливными баками и ракетным двигателем.

Циолковский предлагал использовать в качестве топлива жидкие вещества, занимающие сравнительно небольшой объем. В его проекте жидкий углеводород, игравший роль горючего, соединялся с окислителем — жидким кислородом. Возникающая при сжигании смеси двух веществ раскаленная газовая струя вытекает с



большой скоростью из сопла ракеты и создает тем самым нужную реактивную тягу.

Ракета Циолковского — управляемый космический корабль. Регулируя скорость вытекания газов, можно изменять скорость полета ракеты. Если же в струе выходящих газов установить плоские рули из графита, то отражение этими рулями газовой струи приведет к изменению направления полета ракеты.

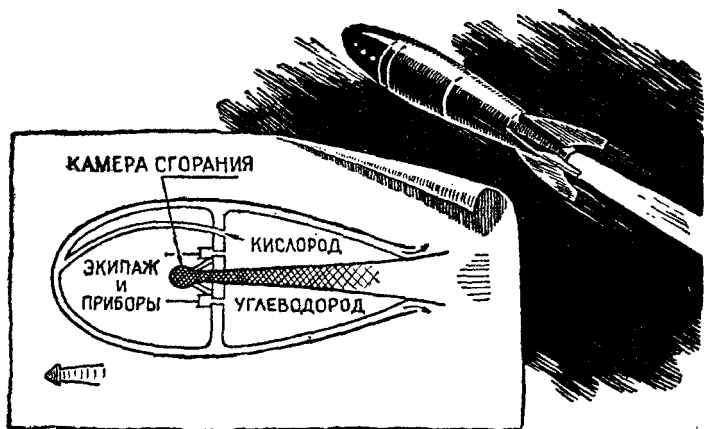


Рис. 9. Схема космической ракеты Циолковского.

Таково устройство ракеты Циолковского. Способен ли, однако, такой космический корабль развить нужную скорость? Артиллерийский снаряд не может лететь быстрее, чем расширяются газы в стволе орудия. Иначе ведет себя ракета.

Теоретически говоря, ее скорость может быть сколь угодно большой. Увеличивая неограниченно отношение  $\frac{M_0}{M}$  и принимая скорость  $c$  постоянной, мы можем сделать скорость  $v$  любой. Так, например, считая  $c$  равной  $4 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ , мы, при отношении  $\frac{M_0}{M} = 100$ , получим, по формуле Циолковского,  $v$  примерно равным  $8,5 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ , а увеличив отношение  $\frac{M_0}{M}$  до 10 000, найдем, что  $v$  возросло до  $36,8 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ .

Практически же дело обстоит сложнее. В приведенных примерах вес ракеты без топлива составляет 0,01 или даже 0,0001 долю ее веса с топливом. Это означает, что полезному грузу, в частности пассажирам, в таком космическом корабле будет отведена лишь ничтожная его часть.

Если вспомнить, что в цистерне с керосином ее содержимое всего только в 13 раз тяжелее тары и даже в пчелиной ячейке тонкая восковая оболочка в 60 раз легче меда, то нереальность приведенных примеров становится очевидной.

В современных ракетных двигателях скорости истечения газовых струй достигают 2500 метров в секунду. Если принять, что  $c = 2500 \frac{м}{сек}$ , то для достижения «ско-

рости отрыва» необходимо, чтобы отношение  $\frac{M_0}{M}$  для космического корабля было равным 90, т. е. чтобы на долю пассажиров пришлось всего 1/90 часть веса ракеты. Ясно, что и такой корабль неосуществим.

Есть ли выход из этих затруднений, достижимы ли вообще космические скорости?

Одно из возможных решений — увеличение скорости вытекания газов из ракеты ( $c$ ). Для этого необходимо увеличить теплотворную способность топлива, его калорийность, т. е. количество теплоты, выделяющееся при сгорании 1 кг топлива.

В настоящее время в реактивных двигателях в качестве горючего употребляются почти исключительно углеводороды и спирты, а в качестве окислителя используется кислород воздуха. Однако скорости истечения в таких двигателях еще сравнительно невелики. Так, например, в двигателях реактивных самолетов, работающих на бензине, скорость истечения продуктов горения не превышает  $700-800 \frac{м}{сек}$ . Даже если в качестве окислителя применять жидкий кислород, то и тогда скорость истечения не превысит  $2500 \frac{м}{сек}$ . Это — рекорд, который пока достигнут в данном вопросе.

В недалеком будущем удастся, повидимому, использовать более калорийные топлива и тем самым получить большие скорости истечения.

Очень калорийным горючим является жидкий водород. При сжигании в кислороде он может обеспечить скорость истечения до  $3,75 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ . К сожалению, водород обладает большим недостатком — его удельный вес очень мал. Так как жидкий водород в 15 раз легче воды, то для размещения этого топлива на космическом корабле потребуются огромные топливные баки, что сильно утяжелит ракету и, следовательно, затруднит ее полет. Вот почему жидкий водород вряд ли будет использован при межпланетных перелетах.

Гораздо выгоднее в этом отношении некоторые химические соединения водорода. Многого можно ожидать от металлических горючих, например, порошков алюминия, магния и других. При соединении с кислородом они выделяют весьма большие количества теплоты.

Есть окислитель еще более активный, чем даже сам кислород, — это фтор, химический элемент из так называемой группы галогенов. Любопытно, что фтор легко окисляет все вещества, включая кислород!

Фтор очень ядовит — в этом одно из препятствий к его использованию в межпланетных кораблях. И все-таки надо полагать, что фтористые соединения, в частности фтористый кислород, будут использованы как окислители. Найдет себе применение и озон, по своим окислительным свойствам также превосходящий кислород.

Подсчеты показывают, что применение наилучших из возможных химических топлив способно удвоить существующие скорости истечения, доведя их до  $4-4,5 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ . Таков предел возможностей химического топлива.

Будем считать, что  $c = 4,5 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ . Тогда по формуле Циолковского легко получить, что для скорости отрыва отношение  $\frac{M_0}{M}$  должно быть близко к 12. Как видите, выигрыш получился значительный, хотя конструктивные затруднения по существу сохранились.

В дальнейшем мы рассмотрим некоторые принципиально новые возможности решения проблемы, например, использование атомной энергии для реактивных дви-

гателей, а сейчас остановимся на одном замечательном изобретении Циолковского, которое позволяет иным путем приблизиться к космическим скоростям.

Речь пойдет о так называемых составных ракетах.

Когда в прошлом полярные исследователи стремились достичь полюса, они применяли метод, несколько напо-

минающий идею составных ракет. В путь отправлялась большая группа путешественников, везущая с собой значительные запасы продовольствия. На определенных расстояниях друг от друга организовывались склады с таким количеством продовольствия, которое было необходимо для обратного возвращения. С каждой стоянки часть экспедиции возвращалась назад и лишь оставшаяся в конце концов небольшая группа исследователей штурмовала полюс. Так, например, были организованы антарктические экспедиции Амундсена и Роберта Скотта.

Представим себе теперь составную ракету

Циолковского, состоящую из двух или нескольких звеньев, т. е. ракет, как бы вложенных друг в друга (рис. 10).

Рассмотрим, как летит двухступенчатая ракета.

При взлете с Земли действует только первая, «земная» ракета. Когда ее топливо израсходуется, земная ракета автоматически отделяется от второй «космической» ракеты, двигатель которой как раз в этот момент и начинает свою работу. «Земная» ракета спускается на Землю, а «космическая» продолжает полет, набирая нужную скорость.

Нетрудно сообразить, что составная ракета может достичь значительно больших скоростей, чем обычная.

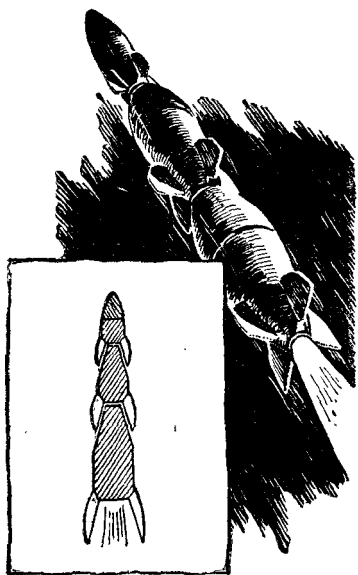


Рис. 10. Составная трехступенчатая ракета.

В самом деле, конечная скорость ракеты по формуле Циолковского зависит от отношения масс  $\frac{M_0^1}{M}$ . Представим себе две ракеты — одну обычную, «простую», а другую — составную. Пусть корпус первой из них весит 500 кг и внутри ее находится 1500 кг топлива. Это значит, что для простой ракеты отношение  $\frac{M_0}{M}$  равно  $2000 : 500 = 4$ .

Допустим, что составная ракета состоит из двух одинаковых ракет весом по 250 кг каждая. Будем считать, что в каждой из ракет содержится 750 кг топлива.

Таким образом, общий вес составной ракеты и общее количество заключенного в ней топлива таково же, что и у простой ракеты.

Найдем теперь отношение  $\frac{M_0}{M}$  для составной ракеты. Ее первоначальный вес 2000 кг, но зато конечный вес равен весу только второй «космической» ракеты, так как «земная» ракета после израсходования топлива не будет принимать участия в дальнейшем полете. Следовательно, для составной ракеты отношение  $\frac{M_0}{M}$  равно  $2000 : 250 = 8$ , т. е. вдвое больше, чем у простой ракеты.

Наш расчет не вполне точен, и более строгие вычисления, учитывающие ряд обстоятельств, в частности



Рис. 11. Взлет двухступенчатой ракеты.

<sup>1</sup> Для простоты расчета притяжение Земли не учитывается.

притяжение Земли, приводят к несколько меньшим результатам. Несмотря на это, выгода составных ракет очевидна. При межпланетных перелетах они найдут себе широкое применение.

Можно представить себе составную ракету, состоящую не из двух, а из большего числа звеньев. Проекты подобных «ракетных поездов» были рассмотрены Циолковским. Не следует думать, что с увеличением числа звеньев конечная скорость последней, «космической», ракеты быстро возрастает. Наоборот, по расчетам Циолковского этот рост происходит так медленно, что применение составных ракет из большого числа звеньев во многих случаях невыгодно. Конструировать такие ракетные поезда трудно, а выигрыш в скорости получается незначительным. Наиболее выгодными оказываются двух и трехступенчатые ракеты.

Увеличение скорости истечения газов и применение составных ракет — таковы два возможных пути к достижению космических скоростей. Что же практически сделано в этом вопросе, какие скорости уже достигнуты в наши дни?

При перемещении по земной поверхности скорости движения, естественно, не могут быть очень большими — этому мешают сложность рельефа, отсутствие приемлемых дорог и другие препятствия. Для больших скоростей нужны большие просторы и, если возможно, отсутствие среды, сопротивляющейся движению. Вот почему наибольшие скорости движения достигнуты в авиации и эти скорости будут превзойдены при межпланетных перелетах.

История авиации за последние полвека есть история борьбы за скорость, высоту и продолжительность полета.

В начале века, когда самолеты напоминали летающие этажерки, полет на сотни метров считался мировым рекордом. В 1906 году максимальная скорость самолета лишь слегка превышала  $40 \frac{\text{км}}{\text{час}}$ , и хороший велогонщик мог обогнать самолет. Взлет на высоту в сотню метров казался настолько головокружительным, что о нем сообщалось во всех крупнейших газетах мира.

Впрочем, авиация развивалась очень быстро. Уже через шесть лет, в 1912 году рекордная скорость самолетов возросла до  $174 \frac{\text{км}}{\text{час}}$ , а к 1921 году достигла  $330 \frac{\text{км}}{\text{час}}$ .

С усовершенствованием самолетов увеличивались не только скорость, но и высота и дальность полетов. Если первые из самолетов не рисковали взлетать выше 100 метров, то уже в 1920 году самолет поднял человека на высоту 4 километра. В этом же году рекордная дальность полета составляла уже около 2000 км.

В борьбе за увеличение скорости авиаконструкторы натолкнулись на серьезное препятствие. Чем больше скорость самолета, тем мощнее должен быть и его двигатель. Но более мощные двигатели оказываются и более тяжелыми, так что на подъем самого такого двигателя потребуется дополнительная энергия. Вот почему обычный поршневой авиационный двигатель не позволяет намного увеличить скорость самолета. У него есть определенный предел, «потолок», который был уже достигнут в предвоенные годы.

К этому времени (1940 год) рекордная скорость самолета возросла до  $755 \frac{\text{км}}{\text{час}}$ , а максимальная дальность полета составила четверть длины окружности земного экватора, т. е. 10 000 км. Был достигнут и «потолок» высоты — 17 километров над уровнем моря. Стало очевидным, что «выжать» из поршневых двигателей существенно лучшие результаты не удастся.

Новый этап в борьбе человека за скорость наступил тогда, когда на самолетах были установлены новые, реактивные двигатели. Исполнились пророческие слова К. Э. Циолковского, писавшего, что «за эрой аэропланов винтовых должна следовать эра аэропланов реактивных».

Реактивные двигатели принципиально отличаются от поршневых двигателей внутреннего сгорания. Полезная мощность реактивного двигателя оказывается прямо пропорциональной скорости полета. Следовательно, реактивные двигатели есть двигатели больших скоростей. Применять их в наземном транспорте невыгодно — при малых скоростях передвижения они развивают незначительную мощность, но потребляют при этом большое количество топлива. Зато в авиации и при межпланетных перелетах их значение исключительно велико.

Первые полеты советских реактивных самолетов были осуществлены в 1940—1942 годах. Уже к 1950 году скорость полета серийных реактивных самолетов возросла

до 1100  $\frac{\text{км}}{\text{час}}$  т. е. вплотную подошла к скорости звука.

Движение в воздухе со сверхзвуковой скоростью осложняется рядом новых физических явлений. Впереди летящего самолета возникает сгущение воздуха, представляющее так называемую ударную воздушную волну. На преодоление этого «звукового барьера» были направлены усилия ученых и инженеров различных стран.

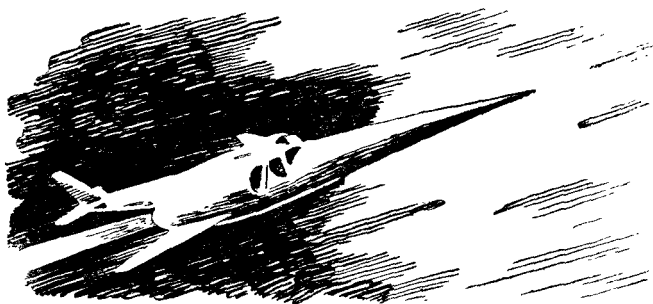


Рис. 12. Современный сверхскоростный реактивный самолет.

И здесь природа отступила перед человеком. «Звуковой барьер» был преодолен. В наши дни реактивные самолеты летают гораздо быстрее звука.

В декабре 1953 года американский реактивный самолет, летевший на высоте 21 км, развил скорость 2615  $\frac{\text{км}}{\text{час}}$ , что почти в два с половиной раза превышает скорость звука на той же высоте!

Несколько раньше другой американский летчик в специальном ракетном самолете сумел подняться до высоты 25,4 километра. Таков «потолок» высоты, достигнутый человеком в наши дни.

Приведенные данные относятся к 1953 году. Надо полагать, что с той поры реактивная авиация достигла новых успехов, сообщения о которых будут в свое время опубликованы.

Двигатели современных реактивных самолетов бывают двух основных типов — воздушно-реактивные (ВРД) и жидкостно-ракетные (ЖРД). Первые из них исполь-



зуют кислород атмосферы и потому для полета за ее пределами непригодны. Что же касается жидкостно-ракетных двигателей, то они мало чем отличаются по принципиальной стороне от двигателей будущих космических кораблей.

На рисунке 13 изображена схема простейшего прямоточного ВРД. Он представляет собой металлическую трубу,

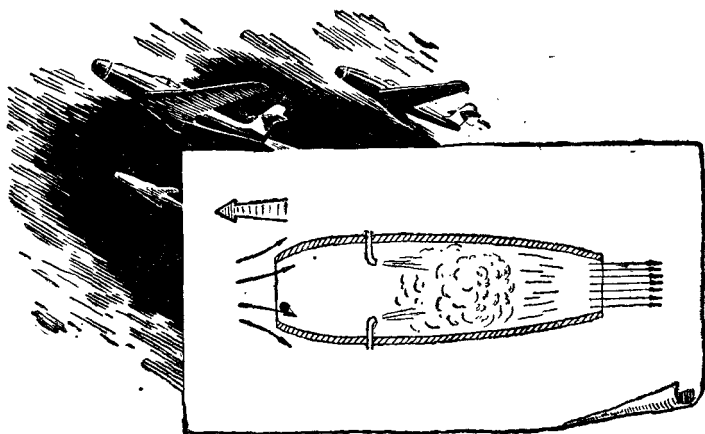


Рис. 13. Схема действия прямоточного реактивного двигателя.

сужающуюся на концах. Когда самолет с таким двигателем летит в атмосфере, воздух попадает в двигатель через переднее отверстие трубы. В поступивший воздух впрыскивается через форсунки топливо, которое сгорает, соединяясь с кислородом воздуха. Образовавшаяся струя раскаленных газов вырывается через заднее отверстие двигателя. Разница в скоростях втекающего холодного воздуха и выходящих горячих газов создает реактивную тягу, которая и приводит в движение самолет.

Таков же принцип устройства и так называемых турбореактивных двигателей, широко применяемых в современных реактивных самолетах. В этих двигателях для большей тяги воздух предварительно сжимается с помощью турбокомпрессора, а затем все происходит так же, как и в прямоточных двигателях.

Как уже отмечалось, ВРД нуждаются в кислороде воздуха и потому для полета в безвоздушном пространстве они непригодны. К их числу надо отнести также реактивные двигатели, работающие на порохе. Простейшим примером подобного двигателя служит обычная фейерверочная ракета. Грозным сородичем праздничных ракет являются реактивные снаряды минометов «Катюша».

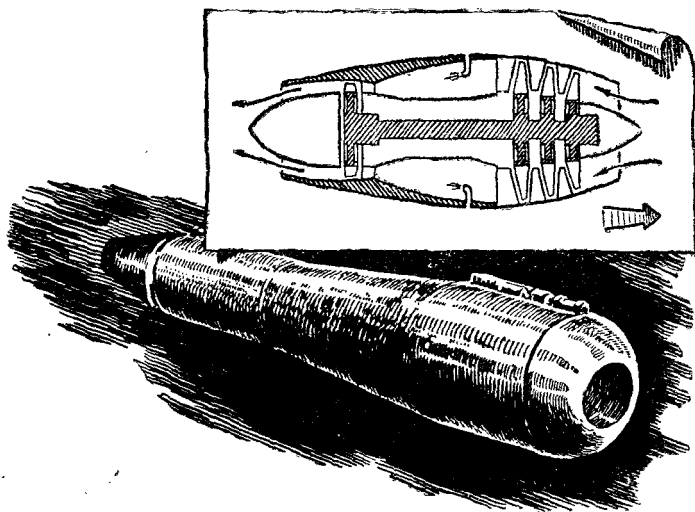


Рис. 14. Турбореактивный двигатель.

Иное дело — ракетные двигатели на жидком топливе (ЖРД). Именно такой двигатель и предлагал Циолковский для межпланетной ракеты.

В двух баках, изолированных друг от друга, находятся составляющие элементы топлива — горючее и окислитель. Горючим могут быть какие-нибудь углеводородные соединения, например, бензин или керосин, окислителем — жидкий кислород.

С помощью насосов обе жидкости подаются в камеру сгорания. Здесь происходит их воспламенение, и образующиеся раскаленные газы создают необходимую тягу.

ЖРД не зависят от окружающей среды. Они могут работать и в воздухе и в безвоздушном пространстве. Регулируя подачу топлива в камеру сгорания, можно

управлять скоростью полета. В этом положительные качества ЖРД.

Недостатком ЖРД является малая продолжительность их действия. Развивая огромную мощность, они могут работать не больше 4—5 минут. Вот почему ЖРД устанавливаются на истребителях-перехватчиках, которыми необходимо развивать большие скорости и стремительно подниматься на значительные высоты. В качестве горючего чаще всего употребляют керосин, бензин, а также спирт и анилин. Окислителями в первом случае служит азотная кислота, во втором — жидкий кислород.

И все-таки, несмотря на некоторые недостатки, ближайшее будущее принадлежит жидкостно-ракетным двигателям.

Именно с их помощью достигнуты наибольшие скорости и высота полетов.

Летчик, взлетевший на высоту 25 км, пользовался самолетом с ЖРД. Его полет отчасти напоминал межпланетное путешествие. На высоте 25 км воздух настолько разрежен, что кабину самолета пришлось сделать герметически закупоренной, похожей на кабину межпланетного корабля. В окна кабины летчик наблюдал непривычную картину — на темном с фиолетовым оттенком небе ослепительно ярко сияло Солнце и можно было заметить ярчайшие из звезд.

Чем выше и быстрее летают самолеты, тем больше их внешний вид напоминает облик космических кораблей (рис. 15). Еще большее сходство с ракетой Циолковского имеют стратосферные ракеты, которые во вторую мировую войну немцы использовали для бомбардировки

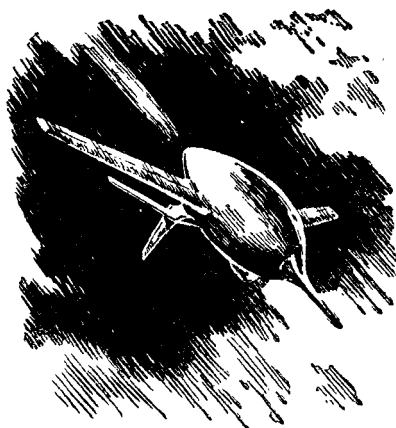
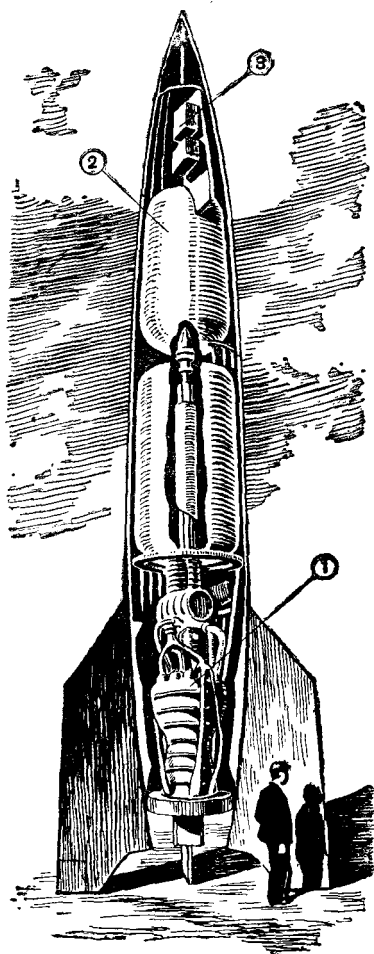


Рис. 15. Чем быстрее и выше летают самолеты, тем больше их внешний вид походит на облик будущих космических ракет.

Лондона и которые теперь служат научным целям — изучению верхних слоев атмосферы.



Принцип устройства стратосферной ракеты нам уже знаком (рис. 16). Ракета имеет жидкостно-ракетный двигатель, а в головной своей части вместо взрывчатки она несет полезный груз — различную научно-исследовательскую аппаратуру.

Размеры ракеты весьма внушительны — при длине 14 метров и диаметре 170 сантиметров она имеет вес около 13 тонн. Двигатель работает на обычном 75-градусном винном спирте, который, сгорая с жидким кислородом, образует раскаленную газовую струю.

Интересно отметить, что хотя топливо весит 9 тонн, т. е. составляет почти  $\frac{3}{4}$  общего веса ракеты, оно полностью израсходуется за какие-нибудь 70 секунд. Остальное время ракета летит за счет накопленной энергии, подчиняясь лишь действию двух сил — притяжению Земли и сопротивлению воздуха.

Рис. 16. Устройство стратосферной ракеты:

- 1) двигатель; 2) баки с топливом;  
3) прибор.

Стремительно поднимаясь на высоту в сотни километров, стратосферные ракеты развивают скорости, значительно превышающие звуковую. Мощность двигателя подобных ракет близка к 600 000 л. с., т. е. к мощности Днепрогеса!

Опубликованы сообщения о взлете обычных ракет до высоты 400 километров над уровнем моря, а радиоуправляемых ракет даже до высот в 500 километров, причем скорость полета некоторых из них равнялась  $6880 \frac{\text{км}}{\text{час}}$ , т. е. около двух километров в секунду!

Вот рекорд высоты и скорости полета, достигнутый человеком. Пятьсот километров над Землей — это, практически говоря, уже безвоздушное мировое пространство.

Небо там совершенно черно и усыпано множеством звезд, хотя среди звезд ослепительно ярко сияет Солнце. Удивительная картина — звездный день или солнечная ночь, трудно даже подобрать для нее подходящее название!

Кругом царит полное безмолвие, так как уже выше 120 километров над Землей воздух становится настолько разреженным, что звуковые волны распространяться в нем не могут.

Таковы те области, в которые уже проникли аппараты, созданные руками человека. Человечество вышло на порог своего «дома», чтобы в недалеком будущем отправиться в прогулку по другим «домам».

Достигнутые успехи велики, но еще большие трудности ожидают первых межпланетных путешественников.

Рассматривая формулу Циолковского, мы отмечали некоторые из них. Сознаемся, что реальные трудности были нами тогда сильно преуменьшены. В самом деле, наши расчеты не учитывали силу тяжести. С учетом же притяжения Земли, движение ракеты будет определяться другой формулой, также выведенной Циолковским. Вот она:

$$\left(\frac{M_0}{M}\right)^{\left(1 - \frac{g}{a}\right)} = e^{\frac{v}{c}},$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести  $\left(9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}\right)$ , принимаемое за постоянное на всем пути полета, а  $a$  — собственное ускорение ракеты.

Для взлета ракеты с Земли необходимо, чтобы развиваемое ею ускорение  $a$  было больше  $g$ . Если  $a$  мень-

ше  $g$ , ракета будет лежать на Земле, сколько бы не работал ее двигатель. При равенстве этих величин ( $a=g$ ) ракета повиснет над Землей, не поднимаясь и не снижаясь. И только когда  $a$  станет больше  $g$ , ракета отправится в полет.

Совершенно очевидно, что для полета ракеты в сфере притяжения Земли или другого небесного тела потребуются больший расход топлива, чем при полете в среде без тяжести. К этому надо прибавить еще затрату топлива на преодоление сопротивления атмосферы. Необходимо заметить, что расчеты, связанные с вылетом ракеты из атмосферы, очень сложны и формулы Циолковского дают лишь самую общую, приближенную картину полета ракеты.

По верному замечению Паскаля «никто не странствовал бы по свету, если бы не надеялся когда-нибудь рассказать другим о том, что видел». Разумеется, и межпланетные путешественники не пойдут на заведомую гибель, а захотят снова очутиться на Земле. А это значит, потребуются новые расходы топлива для посадки на Луну, для отлета с ее поверхности, для торможения при спуске на Землю, а также некоторый резерв для «непредвиденных расходов».

Каждый расход топлива придает ракете некоторую скорость. Так вот, если учесть все эти расходы, если считать, что уже достигнута наибольшая скорость истечения газов  $c$  ( $4 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ ), то и тогда минимальная скорость, с которой ракета должна отправиться с Земли на Луну, равна не 11,2, а  $27-30 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ ! В этом случае для

космического корабля отношение масс  $\frac{M_0}{M}$  будет равно 1000. Результат грустный — построить ракету, в которой полезный груз занимал бы всего 0,001 долю ее веса, очевидно, невозможно. Снова тупик и... снова есть выход!

Если лобовая атака Луны неосуществима, то штурм нашего спутника можно организовать иначе. Прежде чем отправиться на Луну, человечество должно создать вокруг Земли ее искусственные спутники. На спутниках необходимо сосредоточить запасы топлива для космических кораблей. Тогда лунная ракета, взлетев с Земли, причалит к одному из спутников. Ее экипаж пополнит

опустевшие топливные баки, а затем ракета отправиться в дальнейший путь на Луну.

Такова идея внеземных топливных баз, выдвинутая К. Э. Циолковским. Она указывает реальный путь к достижению небесных тел. Искусственные спутники Земли явятся тем трамплином, с помощью которого человек станет гражданином Вселенной.

«Движение вокруг Земли ряда снарядов, — писал Циолковский, — со всеми приспособлениями для существования разумных существ, может служить базой для дальнейшего распространения человечества».

Если даже в будущем атомные реактивные двигатели будут давать скорости истечения, значительно превышающие современные, и космические корабли сумеют перелетать с Земли на Луну без промежуточных остановок, искусственные спутники сохраняют свое значение космических научных лабораторий.

Создание искусственных спутников Земли есть неизбежный шаг на пути овладения мировым пространством.

## ПЕРВЫЕ ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ

В начале августа 1955 года в Копенгагене состоялся Международный конгресс астронавтов. На конгрессе обсуждались проекты искусственных спутников Земли, а также перспективы дальнейших работ в области астронавтики.

По единодушному мнению участников конгресса, успехи современной реактивной техники настолько велики, что запуск первых искусственных спутников Земли может быть осуществлен в 1957—1958 годах.

Как известно, с 1 июля 1957 года по 31 декабря 1958 года будет организован так называемый Международный геофизический год, во время которого ученые разных стран проведут исследования магнитного поля Земли, полярных сияний, строения земной коры, землетрясений и других явлений, изучаемых геофизикой<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Геофизика — это наука, изучающая физическое состояние различных оболочек Земли (атмосферы, литосферы и др.).

Таким образом, по решению Копенгагенского конгресса астронавтов, обширные исследования физики Земли будут дополнены созданием первых ее спутников.

Каково же устройство этих спутников, как мыслится их запуск и, наконец, какую пользу они принесут человечеству?

Первые искусственные спутники Земли будут несколько напоминать снаряд



Рис. 17. Простейший искусственный спутник Земли.

Самый простой спутник — это металлический шар поперечником в несколько десятков сантиметров. Чтобы такой шар превратить в спутника Земли, необходимо, во-первых, поднять его в верхние, разреженные слои атмосферы и, во-вторых, сообщить ему соответствующую «круговую» горизонтальную скорость. Обе задачи может выполнить двухступенчатая ракета, похожая на современные (рис. 17).

Первая ее ступень состоит из топливных баков и ракетного двигателя. После исчерпания всех запасов топлива первая ступень автоматически отделяется от остальной части ракеты и возвращается обратно на Землю. В момент отделения первой ступени начинает действовать вторая ступень.

ныютоновой пушки. Во-первых, предполагается сделать их небольшими, так как чем меньше масса тела, тем легче его превратить в спутник Земли. По одним из существующих проектов первые спутники не превзойдут по размерам баскетбольный мяч. В других проектах они мыслятся несколько большими.

Во-вторых, первые спутники Земли, в отличие от снаряда жюльверновской «колумбиады», не понесут в себе пассажиров, если только под последними не понимать разнообразные научные приборы.



Ее устройство несколько сложнее. Кроме топливных баков и двигателя, в головной части ракеты помещается спутник, под которым находится некоторое количество взрывчатых веществ. В нужный момент с помощью автоматического устройства происходит взрыв, который выбрасывает спутник на круговую орбиту. Такова принципиальная сторона одного из наиболее простых проектов. Однако несмотря на всю свою простоту, описанный спутник может принести немалую пользу науке.

Представим себе, что такой спутник получил круговую скорость на высоте 200 км. Нетрудно подсчитать (см. стр. 10), что в этом случае он будет обладать линейной скоростью  $7791 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$  и периодом обращения около

полутора часов. Следует заметить, что в момент выброса спутника из ракеты очень важно, чтобы спутник приобрел не только нужную круговую скорость, но и вполне определенное направление движения. Дело в том, что далеко не всякая круговая орбита будет устойчивой. Можно доказать, что спутник приобретет устойчивое движение только в такой плоскости, которая проходит через центр Земли. В противном случае, если, например, спутник начнет обращаться в плоскости какой-нибудь параллели, то либо орбита спутника сместится в одну из «устойчивых» плоскостей, либо спутник упадет на Землю.

На высоте 200 км над Землей плотность воздуха в миллионы раз меньше, чем у поверхности Земли. Это значит, что спутник, получив первоначальную скорость, будет затем двигаться, почти не встречая сопротивления атмосферы. Следовательно, спутник, обращающийся вокруг Земли на высоте 200 км, совершит достаточно большое число оборотов вокруг земного шара. Очень важно выяснить характер этого движения. Рассмотрим причины, которые на него влияют.

Главной силой, определяющей движение спутника, является сила земного притяжения. Оказывается, ее величина зависит не только от массы, но и от формы Земли. В частности, чем более сжата планета у полюсов, тем быстрее (при прочих равных обстоятельствах) будет обращаться вокруг нее спутник<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Предполагается, что спутник движется в экваториальных плоскостях планеты.

Астрономы по движению спутников планет определяют степень их сжатия. Так, например, исследовав движение V спутника Юпитера, советский астроном проф. К. Л. Баев нашел, что полярный радиус планеты на 8882 км меньше экваториального.

Сжатие Земли, равное отношению разности экваториального и полярного радиусов к величине экваториального радиуса, близко к  $1/298$ . Оно определено разнообразными методами, в частности по движению Луны. Проверить, уточнить найденную величину сжатия по движению искусственных спутников очень важно в практическом отношении — чем точнее мы узнаем форму Земли, тем большей точностью будут обладать составленные затем географические карты. А карты крайне необходимы во всей практической деятельности современного человека.

На движение искусственного спутника Земли, пусть в ничтожной степени, но все же будет влиять сопротивление атмосферы. Удары молекул воздуха о поверхность спутника постепенно уменьшают его первоначальную скорость, и рано или поздно спутник упадет на Землю. Проникнув в нижние, более плотные слои атмосферы, спутник уподобится метеориту. Он раскалится до высокой температуры, оплавится, частично разрушится и, в конце концов, наблюдатели увидят пролетающий по небу искусственный метеорит.

Таким образом, благодаря сопротивлению воздуха, орбита спутника не останется круговой. Грубо говоря, она станет похожей на спираль довольно сложной формы. Изучение скорости движения спутника в каждой точке его пути, точное определение формы этого пути позволит выяснить характер сопротивления атмосферы на разных высотах, которое в свою очередь зависит от плотности воздуха, его температуры и других факторов. В этом — второй цикл научных проблем, решению которых поможет спутник.

Наконец, для межпланетных перелетов, для создания крупных заатмосферных станций очень важно выяснить, насколько часто встречаются в мировом пространстве небесные камни — метеориты. Столкновение межпланетного корабля с крупным метеоритом весом в десятки или сотни килограммов, не говоря о более крупных, может оказаться катастрофическим. Меньшие по массе метео-

риты способны нанести серьезные повреждения космическому кораблю.

Изучение метеоритной опасности в безвоздушном пространстве — одна из главных задач, которую хотя бы отчасти должны решить первые «разведочные» спутники Земли. Кое-что в данном вопросе может выяснить и простейший из спутников.

Не исключена возможность прямого попадания метеорита в спутник — в этом случае очень интересно изучить результаты столкновения. Чем мельче метеориты, тем в большем количестве встречаются они в мировом пространстве, тем вероятнее столкновения с ними.

Может быть на спутнике-шаре, упавшем на Землю, сохранятся не только следы его поединка с атмосферой, но и углубления, вызванные ударами мелких метеоритов. Их изучение представит значительный научный интерес.

Между прочим, исследования подобного рода ведутся уже и сейчас. Так, например, в 1953 году в США с помощью стратосферных ракет, поднимавшихся на высоту от 40 до 140 километров, было зарегистрировано 66 попаданий мелких микрометеоритов за 144 секунды. В среднем на каждый квадратный метр поверхности ракеты за секунду пришлось около 5 столкновений. При некоторых опытах удалось даже (правда с помощью микроскопов) обнаружить на металле крошечные ямочки, образованные микрометеоритами.

Чтобы следить за движением спутника, надо его видеть. Спутник, не обладая собственным свечением, будет, подобно Луне, отражать падающие на него солнечные лучи. Расчеты показывают, что шар поперечником в 1 м, отражающий свет как Луна, будет с расстояния в 900 км казаться звездочкой 7-й звездной величины, а с расстояния 200 км — звездочкой 3-й величины. Напомним для сравнения, что блеск самых слабых из звезд, доступных невооруженному глазу, равен 6-й звездной величине, а наиболее слабые звезды, зафиксированные с помощью крупнейших современных телескопов на фотопластинке, имеют блеск 23-й звездной величины.

Таким образом, некоторые из спутников удастся увидеть не только в телескоп, но и невооруженным глазом. Правда, видны они будут не всегда. Как известно, Земля отбрасывает в мировое пространство огромный конус тени. На расстоянии 200 км от поверхности Земли

поперечник конуса близок к 13 000 км. Когда спутник попадет в тень Земли, он станет невидимым — произойдет затмение спутника, аналогичное лунному затмению.

Только на фоне утренних или вечерних зорь спутник будет доступен наблюдателю. Измерительные круги, которыми снабжены телескопы, позволяют точно фиксировать положение спутника в пространстве.

Вполне возможно, что уже первые спутники Земли будут снабжены автоматическими приборами, но поскольку приборы боятся резких сотрясений, придется использовать иную систему запуска такого спутника. Не снаряд, выстреливаемый из ракеты, а третья, последняя ступень трехступенчатой ракеты — таков, по видимому, наилучший вариант запуска подобного спутника (рис. 18).

Преимущества рассматриваемого проекта очевидны. В отличие от спутника-снаряда, спутник-ракета постепенно наберет нужную круговую скорость, а потому ускорения спутника не будут чрезмерными. Это сохранит главную часть спутника — приборы. Разумеется, по достижении требуемой круговой скорости ракетный

двигатель автоматически остановится и спутник начнет облет земного шара под действием единственной силы — собственного веса.

Какие же приборы поместят внутри спутника и что они должны регистрировать?

Снаряжение первых спутников Земли будет, вероятно, во многом напоминать оборудование современных ракет, предназначенных для исследования атмосферы. Его можно разделить на следующие основные группы:



Рис. 18. Спутник с автоматическими действующими приборами.

1. измерители температуры,
2. приборы для взятия проб воздуха,
3. измерители атмосферного движения,
4. спектрограф для фотографирования солнечного спектра,
5. счетчик космических лучей,
6. киносъёмочный аппарат,
7. радиоаппаратура.

Рассмотрим принцип действия каждого из приборов и оценим возможность их применения на искусственном спутнике Земли.

Измерение температуры воздуха на быстро летящей ракете — сложное дело. Обычные термометры для этой цели непригодны, так как разреженный воздух больших высот не успеет их нагреть. Измерителями температуры должны быть приборы, очень быстро реагирующие на ее изменения. Такие приборы изобретены — они называются термисторами. В них используются вещества, электрическое сопротивление которых очень быстро меняется с изменением температуры. С помощью термисторов можно практически мгновенно обнаружить изменения температуры на тысячные доли градуса! Для стремительно летящих стратосферных ракет применение термисторов в качестве измерителей температур неизбежно.

Иная обстановка сложится на спутнике.

Обращаясь вокруг Земли по круговой орбите и практически за пределами земной атмосферы, спутник будет находиться в условиях сравнительно постоянного теплового режима. На «дневном» участке своего пути он обогрывается лучами Солнца. Попадая же в тень Земли, спутник при этом подвергается значительному охлаждению. Чередование нагрева и охлаждения спутника станет регулярно повторяющимся явлением.

Температура есть степень нагрева какого-нибудь тела, есть мера энергии движения составляющих его элементарных частиц (молекул, атомов). Какую же температуру будут измерять приборы спутника?

Вокруг спутника — безвоздушное пространство. Воздуха на высотах в сотни километров так мало, что измерить его температуру невозможно.

Представляет несомненный научный интерес измерение нагрева самого спутника, отдельных его частей и материалов. В данном случае измерителями температу-

ры, кроме описанных выше приборов, могут стать термоэлементы. Принцип их действия очень прост.

Представьте себе два спая из различных металлов, например, цинка и меди. Пусть спай соединены последовательно и в цепь включен электроизмерительный прибор — чувствительный гальванометр.

Если один из спаев нагреть, а другой оставить холодным, в цепи возникнет электрический ток, который заставит отклониться стрелку гальванометра. По силе тока можно вычислить температуру спая, а в некоторых случаях и температуру источника нагревания.

Термоэлементы нашли себе широкое применение в астрономии. Современные астрономические термоэлементы, объединенные в батарею — «термопару», способны обнаружить тепло от свечки, удаленной на расстояние в 300 км! Точность измерения этих удивительных приборов составляет миллионные доли градуса! С помощью термопар можно узнать, как меняется температура спутника при его полете вокруг Земли и как при этом ведут себя различные материалы, из которых он сделан.

С другой стороны, поместив в спутник небольшую камеру, наполненную воздухом под давлением, близким к нормальному, можно будет выяснить изменение температуры воздуха, что важно для конструирования пассажирских ракет.

На современных ракетах устанавливают приборы для взятия проб воздуха. Очевидно, на заатмосферных искусственных спутниках ни эти приборы, ни измерители атмосферного давления не понадобятся, зато остальные приборы современных ракет на спутнике очень пригодятся.

Известно, что воздушная оболочка Земли играет роль фильтра. Она прозрачна далеко не для всех лучей, проходящих к нам из космоса.

Первое «окно прозрачности» расположено в области видимых лучей. Атмосфера пропускает лучи света с длиной волны от 0,29 микрона до 0,76 микрона. Большая часть этого «окна» доступна для наших глаз, которые чувствительны к лучам, имеющим длины волн от 0,40 до 0,76 микрона. Что же касается ультрафиолетовых лучей с длиной волны меньше 0,29 микрона, то для них, как и для некоторых инфракрасных лучей, земная атмосфера совершенно непрозрачна.

Установлено, что преградой для большей части ультрафиолетовых лучей является слой озона, расположенный на высоте 25—30 километров над Землей. Не будь этого слоя, ультрафиолетовые лучи Солнца убили бы все живые организмы нашей планеты. Разрушительная сила ультрафиолетовых лучей, несущих с собой большое количество энергии, общеизвестна. Вспомните, как мучительны ожоги, полученные от Солнца в жаркий летний день. А ведь вызваны они лишь самой слабой, ничтожной долей ультрафиолетового излучения Солнца.

Что касается инфракрасных лучей, то их задерживают водяные пары атмосферы. И все же, в инфракрасной части спектра есть еще одно «окно прозрачности». В него проникают лучи с длиной волны от 1,25 см до 30 м.

Такие лучи глаз не воспринимает — их мы называем радиоволнами. Принципиально они не отличаются от лучей видимого света. Известно, что как те, так и другие представляют собой электромагнитное излучение, но различной длины волны. Радиоволны, приходящие к нам из космоса, мы не видим, но изучить их с помощью специальных радиоприемников вполне возможно.

Спутник Земли оставит под собой земную атмосферу с ее «окнами прозрачности». Приборы спутника смогут воспринять любое излучение, пронизывающее космос. Одним из таких приборов несомненно будет спектрограф. Он имеет следующее устройство. Луч света попадает в трубку, называемую коллиматором. На одном ее конце имеется узкая щель, а на другом — двояковыпуклая линза. Так как щель коллиматора помещена в фокусе его линзы, лучи света, пройдя через коллиматор, выходят из него параллельным пучком. Далее они направляются на трехгранную стеклянную призму, которая разлагает белый пучок света на составляющие его разноцветные лучи. Получающийся при этом спектр фотографируется обычной фотокамерой.

Таково устройство «земных» спектрографов. Для фотографирования солнечного спектра со спутника конструкция спектрографа будет несколько изменена.

Так как обычное стекло непрозрачно к ультрафиолетовым лучам, исследовать которые особенно интересно, оптическая часть спектрографа (линзы) должна быть изготовлена из так называемого увиолевого стекла, пропускающего ультрафиолетовые лучи. Разложение солнеч-

ного света на спектр иногда лучше производить не призмой, а так называемой дифракционной решеткой. В школьном физическом кабинете можно увидеть простейшую дифракционную решетку. Она представляет собой прозрачную целлулоидную пластинку с нанесенными на нее многочисленными порезами — штрихами. Число штрихов в школьных решетках доходит до 250 на 1 см. Если посмотреть сквозь решетку на зажженную лампочку, можно увидеть несколько радужных спектральных ее изображений.

Межпланетное пространство пронизывается множеством стремительно летящих мельчайших частиц, которые образуют так называемые космические лучи. Взаимодействуя с атмосферой, космические лучи порождают новые частицы, ливнем обрушивающиеся на Землю. В космических лучах обнаружены протоны, электроны, а также мезоны — частицы с массой, промежуточной между массой протона и электрона. Обладая массой в 200 раз большей, чем масса электронов, мезоны бывают как положительными и отрицательными, так и нейтральными. Удивительна скорость движения мезонов — она сравнима со скоростью света.

При такой энергии движения мезоны обладают огромной пробивной способностью. Они не только свободно пронизывают наше тело, но и способны пробить броневую плиту толщиной в метр. Даже спускаясь под Землю в метрополитен, мы не всегда спасаемся от мезонов — они проникают в Землю на глубину до ста метров!

Исследование космических лучей за пределами атмосферы в их «чистом», неизменном виде — такова одна из интереснейших научных проблем, решить которую помогут уже первые спутники Земли.

На спутнике будут помещены счетчики, которые регистрируют число летящих космических частиц и определяют направление их полета. Простейший счетчик представляет собой стеклянную трубку, наполненную воздухом, со вставленным внутрь ее металлическим острием. На внутреннюю поверхность трубки нанесен слой металла, изолированный от острия. Между острием и металлом создается электрическое напряжение, близкое к разрядному. Когда космическая частица влетит внутрь счетчика, она, сталкиваясь с молекулами воздуха, превращает некоторые из них в ионы. Благодаря при-



сутствию ионов проводимость воздуха сильно возрастает — между острием и трубкой проскакивает электрическая искра.

Так каждая космическая частица дает знать о себе, о своем пролете через счетчик.

Современные счетчики настолько совершенны, что они не только автоматически фиксируют пролетающие частицы, но и определяют направление их полета.

На некоторых из стратосферных ракет были установлены киноаппараты. Когда ракета взлетала на высоту в 50, 100, 200 километров, киноаппараты автоматически производили снимок земной поверхности с данной высоты.

Интересно заметить, что на некоторых снимках хорошо видна шарообразность Земли — искривленность ее «края».

Фотографирование земной поверхности и атмосферных образований войдет в программу научных работ спутника. Оно поможет в частности заснять движение облачных массивов над всей Землей. Интересно сфотографировать со спутника полярные сияния. Как известно, последние представляют собой холодное свечение разреженных слоев воздуха на высотах от 65 до 1100 км. По своей природе они сходны со свечением газов в рекламных трубках и вызываются бомбардировкой земной атмосферы мельчайшими частицами, испускаемыми Солнцем.

Фотографирование полярных сияний в непосредственной близости от них раскроет перед наукой природу этого пока еще плохо изученного явления.

Особое значение в работе спутника принадлежит радиоаппаратуре.

Роль современной радиотехники огромна. В самых различных областях жизни, начиная от обычных радиопередач и кончая «радиотелескопами» астрономических обсерваторий, радиоволны помогают человеку познавать и покорять природу.

На искусственных спутниках Земли наибольшее применение получит, повидимому, тот раздел радиотехники, который называется радиотелемеханикой.

Управление механизмами на расстоянии — это не мечты, а давно разрешенная техническая задача. Ею и занимается радиотелемеханика.

Всякая радиоволна переносит с собой от передатчика к приемнику некоторое количество энергии. Если удастся энергию радиосигнала превратить в механическую работу, задача управления на расстоянии будет разрешена. Принцип действия всех радиотелемеханических устройств — это воздействие полученного радиосигнала на аппаратуру, управляющую машинами. Рассмотрим один из простейших примеров подобного устройства. Допустим, надо включить электромотор с помощью радиоволн. Радиоволны, посланные передатчиком, в приемнике преобразуются в электрический ток. Ток этот слаб и не годится для включения мотора. Однако его можно пустить в обмотку электромагнита, который притянет к себе металлическую пластинку. Пластинка замкнет электрическую цепь обычного переменного тока, и мотор заработает.

Так с помощью радиоволн можно включить неработающий электромотор.

Разумеется, при более сложных задачах нужны и более сложные устройства. Тем не менее принцип их действия останется таким же, как в рассмотренном примере.

В наши дни созданы управляемые по радио самолеты и корабли. Радиотелемеханикой увлекаются и школьники. Ежегодно на Всесоюзных авиамodelьных соревнованиях ими демонстрируются радиоуправляемые модели самолетов.

Первые спутники Земли будут также управляться по радио.

Уже взлет спутника, доставка его на круговую орбиту потребуют, повидимому, применения радиоуправляющих устройств.

Дело в том, что наиболее выгодно послать ракету в таком направлении, при котором расход горючего будет минимальным. По этому заранее вычисленному направлению и поведут ракету радиоприборы. Когда ракета достигнет высоты 200—300 километров, с Земли будут посланы радиосигналы, которые заставят ракету перейти на круговую орбиту. Радиоволны выключат затем ставший ненужным ракетный двигатель. С их же помощью одна ступень ракеты отделится от другой. В случае необходимости радиоприборы вернут спутник обратно на Землю.

В свою очередь радиосигналы, посылаемые со спутника, сообщают о работе приборов спутника и помогут определить его местонахождение в пространстве.

Многого можно ожидать от телевидения. Представьте себе, что на спутнике установлен телепередатчик, который посылает радиоволны на Землю. Принимая телепередачу со спутника, вы, сидя дома, увидите на экране телевизора то, что станет доступным лишь первым межпланетным путешественникам. Посмотреть на Землю из мирового пространства, не покидая в то же время пределов своей квартиры, — такова пока фантастическая, но в будущем вполне осуществимая мечта!

Мы описали, разумеется, в самых общих чертах устройство первых спутников Земли.

В настоящее время существует уже несколько конкретных технических проектов спутников Земли.

Так, например, в одном из них спутник представляет собой алюминиевый шар поперечником около 60 см. Внутри спутника размещены приборы для измерения магнитного поля Земли, космических лучей и солнечного излучения. На спутнике имеются также радиоаппаратура и солнечная силовая установка.

При запуске спутника с помощью трехступенчатой ракеты спутник приводится во вращение. Скорость вращения подбирается так, что спутник будет обращен к Солнцу всегда одной и той же стороной. Это облегчит фотографирование солнечного спектра и работу солнечной установки.

Предполагаемая высота полета спутника — 300 км, скорость движения —  $27\,800 \frac{\text{км}}{\text{час}}$ . Плоскость орбиты спутника будет проходить через ось вращения Земли, так что каждые 45 минут спутник будет появляться то над северным, то над южным ее полюсами. Так как приборы спутника очень компактны, его общий вес не превысит 5 кг.

Постройка спутника по предварительным расчетам обойдется в 1 миллион долларов, что дешевле стоимости реактивного самолета — истребителя.

Насколько ценны для науки спутники Земли, насколько они оправдают неизбежные затраты, можно судить по тем результатам, которые уже сейчас получены с помощью высотных ракет.

Как уже говорилось, современные ракеты взлетают до высот, на которых будут двигаться первые искусственные спутники Земли. К сожалению, их пребывание на этих высотах очень непродолжительно и исчисляется минутами. Тем не менее полеты ракет обогатили науку новыми сведениями. Вот некоторые из них:

1) Проверено распределение температуры до высоты 100 км. Оно совпало с тем, которое было известно по другим данным.

2) Измерена плотность воздуха до высоты 200 км. Взятые пробы воздуха показали, что газы в атмосфере располагаются в соответствии со своим удельным весом — тяжелые в нижних слоях, более легкие — в верхних. Отмечено, в частности, значительное количество редких газов (гелия, неона, аргона) на больших высотах. Выявлена концентрация озона на высоте 30—40 км.

3) Исследована невидимая с Земли ультрафиолетовая часть солнечного спектра. Обнаружены новые, ранее неизвестные линии спектра, которые принадлежат железу, магнию, кальцию и другим элементам.

Выяснилось, что Солнце излучает значительное количество рентгеновских лучей.

4) Фотоэлементы измерили освещенность неба на разных высотах. Оказалось, что уже на высоте 25 км фон неба темнее, чем на поверхности Земли, в 20 раз.

5) Наблюдения за клубами дыма, выпущенного с борта ракеты, позволили изучить скорости и направления ветров в стратосфере.

6) Получены новые данные о космических лучах, о магнитном поле Земли и о так называемой ионосфере — слоях земной атмосферы, отражающих радиоволны.

Спутники, которые будут пребывать в безвоздушном пространстве несравненно дольше, чем теперешние ракеты, станут еще более ценными космическими лабораториями, чем стратосферные ракеты.

И все-таки это будет только начало, только первый этап наступления человека на космос. Человек не успокоится на создании радиоуправляемых спутников Земли. Рано или поздно, но он сам пожелает совершить на космической ракете полет вокруг земного шара. Тем самым будет положено начало той колонии «эфирных жилищ», о которой в свое время писал Циолковский.

## „ЭФИРНЫЕ“ ЖИЛИЩА

Мы переходим к проектам, которые еще многим кажутся утопическими. Это объясняется как смелостью идей, так и огромными трудностями их практического осуществления. И все же история науки и техники полна примеров того, как казавшееся невозможным становилось затем реальностью.

Когда Леонардо да Винчи чертил проекты летательных машин, даже его смелый ум не мог себе представить, что будущие самолеты сумеют за десятки минут преодолевать расстояние от Рима до Парижа.

Еще в начале прошлого века плавание под водой на специальных лодках казалось дикой фантазией, а видение на расстоянии, ныне доступное каждому владельцу телевизора, в течение многих веков относилось к области «сверхестественных» явлений.

Фантазия, которую В. И. Ленин называл «качеством величайшей ценности», всегда была и будет важным двигателем научного творчества.

«Исполнению предшествует мысль, точному расчету — фантазия», — так характеризовал Циолковский последовательные этапы всякой изобретательской работы.

Создание заатмосферных станций, населенных людьми, есть дело настолько сложное, что пока мы можем представить его себе лишь в самых общих чертах.

Научная и техническая разработка всех деталей этих проектов есть дело будущего. Самый простой вариант «эфирного жилища» — пассажирская ракета — по своему устройству напоминает существующие стратосферные ракеты (рис. 19). Различие заключается в том, что в передней, головной части такой ракеты, наряду с приборами, аппаратами для дыхания и запасами продовольствия будут находиться первые межпланетные путешественники.

Каюта ракеты должна быть оборудована в соответствии с условиями космического полета. В частности, в ней будут окна, сквозь которые путешественники смогут вести различные наблюдения. По своей конструкции окна сходны с иллюминаторами. В случае необходимости их можно будет прикрыть внешней металлической заслонкой. Возможно, что некоторые из окон будут напоминать перископ подводной лодки.

Для превращения ракеты в спутника Земли требуется, повидимому, две или три вспомогательных ракеты. Иначе говоря, пассажирская ракета явится третьей или четвертой ступенью составной, многоступенчатой

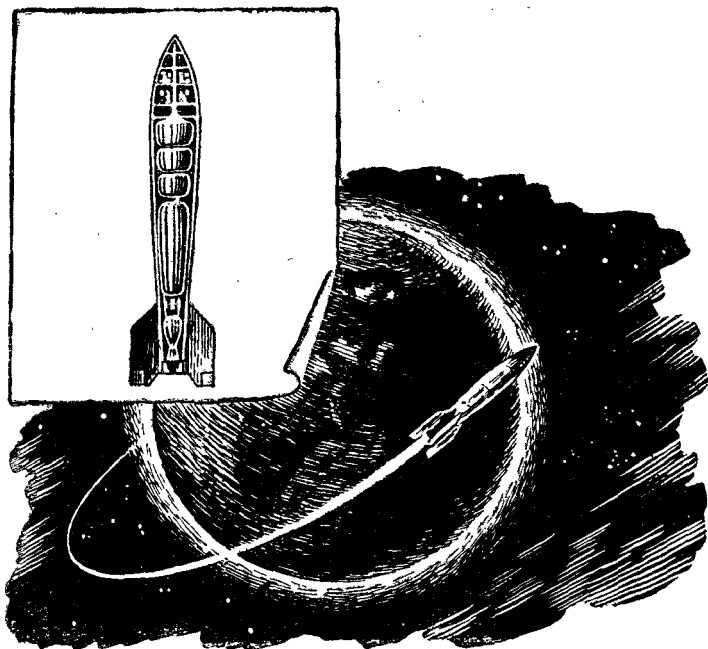


Рис. 19. Пассажирская ракета-спутник.

ракеты. Взлет ракеты с Земли, переход ее на круговую орбиту произойдет, повидимому, так же, как и у автоматических ракет. Однако наличие внутри ракеты людей осложнит как конструкцию ракеты, так и характер ее полета.

Для того чтобы путешественники не погибли уже в начале полета, ускорение ракеты не должно быть чрезмерно большим. Человек, как и все другие живые существа, может перенести любую скорость без каких бы то ни было особых ощущений. Так, например, вместе с Землей мы несемся по ее орбите со скоростью

$30 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$  и совершенно не ощущаем этого движения. Так же незаметно и другое, еще более быстрое движение — полет всей солнечной системы в пространстве, который совершается со скоростью  $250 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ !

Другое дело с ускорением — величиной, характеризующей изменение скорости в единицу времени. Увеличение ускорения человек воспринимает как увеличение собственного веса, поскольку при движении с ускорением вверх давление человека на опору будет больше, чем в обычных условиях. Возможности человека переносить движение с повышенным ускорением весьма ограничены.

Если в мире животных есть рекордсмены (например, рыжие тараканы, свободно выдерживающие трехсоткратное увеличение собственного веса), то для человека ускорение, в 5—6 раз превышающее нормальное, вызывает неприятные болезненные ощущения. Появляется тяжесть в голове, нарушается кровообращение, возникает кровотечение из ушей и носа, а при очень больших перегрузках человек теряет сознание, и наступает смерть.

Интересны опыты, сделанные над человеком и животными с целью выяснения влияния перегрузки. Обычно для создания повышенной тяжести используются центробежные машины.

Они напоминают известный аттракцион «колесо сме-ха». Чем быстрее вращается центробежная машина, тем сильнее прижимаются испытываемые существа к ее стенкам, тем большую нагрузку они испытывают.

Опыты над собаками показали, что последние легко выдерживают 80-кратную нагрузку в течение пяти минут. При 98-кратной нагрузке, продолжавшейся более пяти минут, животные погибали от анемии мозга, легких и сердечной мышцы.

Летчикам, летавшим на пикирующих бомбардировщиках, при выходе из пике приходилось испытывать 6—7-кратное увеличение собственного веса. Известен случай, когда пожарный, прыгнувший с высоты 25 м на холст, испытал в момент своего падения на холст ускорение в 24 раза больше нормального. Наконец, недавно на испытании ракетных саней в Нью-Мексико (США)

один из водителей перенес, правда почти мгновенную, 45-кратную перегрузку!

Все это, конечно, исключительные случаи. Пределом возможностей обычного нетренированного человека следует считать 4-кратное увеличение веса. При большей перегрузке возникают, как правило, нежелательные болезненные явления. Разумеется этот предел можно увеличить специальной тренировкой. Вот почему большое значение могли бы иметь спортивные соревнования на выносливость в условиях повышенной тяжести.

Таким образом, при взлете пассажирской ракеты с Земли ее ускорение не должно быть больше четырехкратного значения ускорения силы тяжести ( $4g$ ). Применяя формулу Циолковского (стр. 37) для данного случая, получаем, что движение пассажирской ракеты должно удовлетворять следующему уравнению:

$$\left(\frac{M_0}{M}\right)^{\frac{3}{4}} = e^{\frac{v}{c}}.$$

Принимая скорость вытекания газов равной  $4 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ , а конечную скорость  $v$  равной  $8 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ , получаем, что отношение  $\frac{M_0}{M}$  должно быть близким к 14.

Как видите, неспособность человеческого организма к перенесению больших ускорений порождает значительные конструктивные трудности. Их можно преодолеть применением многоступенчатой ракеты и, с другой стороны, увеличением скорости истечения газов  $c$ .

Допустим, что трудности преодолены, пассажирская ракета взлетела с Земли и перешла на круговую орбиту. Кстати сказать, управление ракетой может быть двояким: или она пилотируется пассажирами, или ею управляют по радио с Земли. Между прочим, нечто похожее было сделано недавно на Земле. Из США в Англию перелетел самолет, управляемый по радио, на борту которого находились пассажиры.

Итак, круговая скорость достигнута! Двигатель ракеты выключается, и последняя вместе со своими пассажирами превращается в искусственный спутник Зем-



ли. В этот момент на смену усиленной тяжести, которую пассажиры испытывали при взлете, приходит удивительное, ни с чем не сравнимое состояние невесомости.

Чем же вызвана эта неожиданная перемена? Разве Земля перестала притягивать ракету и ее пассажиров?

Вес тела имеет два проявления: как давление на опору и как сила, сообщающая телу ускорение при падении на Землю. В очень многих случаях обе силы одинаковы по своей величине. Так, например, книга, положенная на стол, будет давить на поверхность стола с такой же по величине силой, с какой Земля притягивает ее к себе. Но может быть и иначе.

Представьте себе человека, опускающегося в лифте (рис. 20). Пусть лифт движется вниз с некоторым ускорением  $a$ , тогда давление человека на пол лифта будет равно его массе  $m$ , помноженной на разность ускорений  $g - a$ , где  $g$  — ускорение силы тяжести ( $9,8 \frac{м}{сек}$ ). Яс-

но, что давление человека на пол лифта будет меньше его веса ( $mg$ ) на величину  $ma$ . Если же лифт поднимается ускоренно вверх, то давление на пол станет больше веса человека на ту же величину ( $ma$ ).

Увеличение или уменьшение собственного веса при движении в лифте каждый из нас ощущал. Когда лифт начинает подниматься, нас прижимает к полу увеличившаяся тяжесть. Наоборот, при резком опускании лифта у нас «дух захватывает» — мы становимся легче. Подобное облегчение можно испытать и при скатывании с горы, при прыжках с трамплина.

Представьте себе теперь, что произошел несчастный случай (кстати, почти невозможный на практике) — лифт



Рис. 20. Невесомость в падающем лифте.

оборвался и полетел вниз с ускорением свободно падающего тела ( $g$ ). Ясно, что в этот момент пассажир лифта почувствует себя «совсем легко», т. е. он ощутит полную невесомость! Ускорение его падения будет такое же, как у лифта, и, следовательно, давление на опору станет равным нулю.

Вес, как притяжение Земли, остался неизменным ( $mg$ ). Вес, как давление на опору, исчез (при  $a=g$  давление на опору равно  $mg - mg$ , т. е. нулю).

Вот именно такую невесомость и испытают межпланетные путешественники. Когда их ракета превратится в спутника Земли, она будет как бы постоянно «падать» на Землю, двигаясь по своей орбите и подчиняясь единственной силе — силе собственного веса. В этом случае она станет вполне схожей с падающим лифтом. Так как ускорения спутника и его пассажиров одинаковы, вес, как давление на опору, исчезнет, хотя вес, как притяжение Земли, разумеется, останется.

Если чрезмерная нагрузка может стать смертельной для человека, то не приведет ли к печальному концу и другая крайность — полное отсутствие веса?

В земных условиях человек иногда испытывает значительное уменьшение веса, а иногда и почти полную его потерю. Так, например, лыжники, прыгающие с больших трамплинов, пребывают в состоянии невесомости несколько секунд. С другой стороны, летчики, совершающие затяжные прыжки с парашютом, на десятки секунд теряют собственный вес. Что они при этом испытывают?

Недавно на некоторых типах самолетов удалось при пикировании создать невесомость в течение свыше 20 секунд. Пассажиры самолета парили при этом на высоте нескольких сантиметров над сидениями. В первый момент у них возникло чувство безотчетного страха, подобное тому, которое каждый из нас испытывал во сне, как бы падая в бездонную пропасть. Они при этом старались ухватиться за окружающие предметы. Затем неприятное чувство прошло, и никто из лиц, подвергнутых опыту, не жаловался на какие-нибудь болезненные последствия.

По исследованиям известного теоретика астронавтики Г. Оберта отсутствие тяжести не может причинить человеку какого-нибудь физического вреда. Можно предполагать, что сердце будет действовать нормально, так как оно похоже на насос с замкнутым циклом. Сердце

гонит кровь за счет сокращения собственных мышц, при своей работе преодолевая лишь трение крови о стенки сосудов.

Дыхание в первый момент задержится (как при прыжках с высоты), а затем восстановится. В нужных случаях можно прибегнуть и к методам искусственного дыхания.



Рис. 21. Межпланетные путешественники могут пережить состояние невесомости.

Питание в условиях невесомости также вполне возможно — ведь пища перемещается в организме главным образом за счет сокращения мышц пищеварительного аппарата. Вспомните, что жираф, лебедь, страус пьют при опущенной шее. Акробаты в цирке иногда показывают фокус — пьют воду, повиснув вниз головой.

Вообще, все физиологические процессы совершаются нормально почти при всех положениях нашего тела — сидим ли мы, ходим или лежим. Следовательно, направление силы тяжести не оказывает существенного влияния на работу наших органов. Значит, и невесомость с физиологической стороны для человека, повидимому, безопасна.

Что же касается психического состояния человека, то при потере веса оно становится несколько необычным. В первые моменты, как уже говорилось, человек испытывает страх. Мозг и внешние органы чувств

работают при этом предельно легко, мысли ясны и логичны. Время кажется текущим очень медленно. Затем появляется чувство безразличия и нечувствительность к боли. Вскоре все неприятные ощущения проходят и на смену им приходит свежесть, бодрость, повышенная возбужденность. Наконец, человек привыкает к невесомости, и его психическое состояние становится нормальным. Таковы выводы, к которым пришел Г. Оберт.

Мы так подробно остановились на состоянии невесомости потому, что его неизбежно переживут первые пассажиры космической ракеты. Большого вреда, а тем более трагического исхода невесомость не принесет. Зато условия жизни на спутнике станут совершенно необычными, фантастическими.

У К. Э. Циолковского, Я. И. Перельмана и других авторов можно найти увлекательные страницы, посвященные описанию жизни в условиях невесомости.

«Вы пробуете сделать шаг в каюте космического корабля — и плавно, как пушинка, летите к потолку, — пишет талантливый популяризатор науки Я. И. Перельман<sup>1</sup>. — Легкого усилия мускулов ног достаточно, чтобы сообщить вашему невесомому телу заметную поступательную скорость... К чему бы вы не прикасались — все приходит в движение, плавное, зато нескончаемое...

Многие предметы обстановки будут, впрочем, совершенно излишни в этом мире без тяжести. К чему вам стулья, если вы можете висеть в воздухе в любом положении, не утомляя ни единого мускула? Стол тоже бесполезен — все поставленное на него унесется как пух при малейшем толчке или дуновении. Не нужна и кровать... Тюфяк — излишний предмет там, где нет тяжести: вам будет мягко и на жестком полу.

Пить в межпланетном корабле тоже нельзя будет так, как мы привыкли. ...Даже обычное пламя не будет гореть в каюте небесного корабля. Образующиеся при горении пламени негорючие газы будут оставаться тут же, окружая пламя и прекращая к нему доступ воздуха. Пламя задохнется в продуктах собственного горения»<sup>1</sup>.

Таким образом, невесомость породит ряд трудностей, впрочем, вполне преодолимых. Кресла, кровати для пас-

---

<sup>1</sup> Я. И. Перельман, Межпланетные путешествия, ГТТИ, 1934, стр. 138 и след.

сажиров и другие виды мебели должны быть наглухо прикреплены к стойке каюты. Кстати сказать, после исчезновения тяжести все стенки ракеты станут равноценными — не будет ни верха, ни низа, ни пола, ни потолка...

Для избежания ударов путешественников о стенки ракеты, надо покрыть их мягкой, пружинящей обивкой. То же уместно сделать и для мебели.

Если пилот ракеты или пассажиры пожелают остаться неподвижными, им придется прикрепить себя к сидениям с помощью несложных креплений.

Потеря веса не есть потеря массы. В условиях невесомости инертность тел полностью сохранится. Это значит, что столкновение с массивным, хотя и невесомым предметом может для человека окончиться весьма печально. Поэтому следует воздерживаться от предоставления свободы движения в ракете каким бы то ни было предметам.

Посуда для питания должна быть особой.

Бутыли для хранения питьевой воды будут сделаны, повидимому, из кожи; по форме они будут напоминать резиновые груши, т. к. воду придется насильственно выдавливать из бутылки в рот путешественнику.

Быстрого кипячения воды можно достичь с помощью механического перемешивания ее при нагревании. Вместо нагревателей с открытым пламенем следует воспользоваться электронагревателями. Короче говоря, трудности невесомости преодолимы. Невесомость не может быть преградой для межпланетных перелетов.

Жизнь на первом пассажирском спутнике Земли будет сходна (если отбросить невесомость) с жизнью на подводной лодке или внутри кабины стратостата. В обоих случаях вокруг находится среда, непригодная для дыхания, внутри — искусственная атмосфера.

Так как пассажирские ракеты будут обращаться вокруг Земли не слишком долго (дни или недели), устройство искусственной атмосферы внутри такого спутника не вызовет больших затруднений. В каюте ракеты должны находиться аппараты, создающие эту атмосферу, (например, баллоны с жидким воздухом или кислородом), а также аппараты, очищающие ее от вредных примесей (например, углекислоты).

Первые из них обеспечивают нужный состав воздуха, достаточное давление и влажность. Они же добавляют в

воздух приятно пахнущие ароматические вещества — путешественники будут дышать чистой, здоровой атмосферой.

Удаляя вредные примеси из воздуха, т. е. очищая воздух, аппараты второго типа смогут также, разлагая, например, уголекислоту на углерод и кислород, добавить в искусственную атмосферу новые порции чистого кислорода.

Так же принципиально просто решается вопрос о питании пассажиров первого «эфирного жилища». Улетая с Земли, они возьмут с собой такие запасы продовольствия, которые обеспечат возможность полета в течение недель, а может быть и месяцев. Для первой разведки мирового пространства подобные сроки вполне приемлемы. О возможности более длительного питания в условиях полной изоляции от Земли мы поговорим ниже.

Полет в мировое пространство кажется многим настолько опасной затеей, что решиться на нее, как они считают, могут разве только самоубийцы. Основательны ли эти страхи?

Широко распространено мнение об ужасающем холоде межпланетного пространства. Самые свирепые морозы Антарктики должны показаться тропической жарой по сравнению с холодом, жертвой которого станут безрассудные смельчаки — такую мрачную картину рисуют сторонники этих мнений.

Легко убедиться в абсурдности подобных страхов. Мы уже отмечали, что «температура мирового пространства» есть выражение, лишенное смысла. Что же касается температуры тела (например, ракеты), находящегося в мировом пространстве, то она зависит как от положения тела относительно источника нагревания (Солнца), так и от свойств тела.

Расчеты показывают, что металлическая ракета<sup>1</sup>, удаленная от Солнца на такое же расстояние, как и Земля, и покрытая черной сажевой краской, нагреется солнечными лучами до температуры  $+13^{\circ}\text{C}$ . Так будет в том случае, если продольная ось ракеты образует с направлением на Солнце угол  $90^{\circ}$ . Когда же ось ракеты будет

---

<sup>1</sup> Форма ракеты для простоты расчета принимается цилиндрической.

направлена на Солнце, ее температура упадет до  $-93^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, вращая ракету, астронавты смогут создать внутри нее любой тепловой режим: от весенней прохлады до суровых морозов.

Приведенные расчеты, разумеется, приближенны. В реальной обстановке надо учесть, что ракета, обращаясь вокруг Земли, будет периодически входить в область ее тени. В этот период скрытая от солнечных лучей ракета сильно охладится. Недостаток солнечного тепла можно компенсировать включением электронагревательных приборов, питаемых аккумуляторами. Во всяком случае, ни о какой гибели от холода не может быть и речи.

Многие считают, что жизни путешественников будут угрожать космические лучи и другие типы вредного для человека излучения. Действительно, то, что мы знаем о космических лучах, как будто подтверждает эти страхи. Из космоса на Землю непрерывно обрушиваются потоки мельчайших частиц.

Установлено, что с высотой над Землей интенсивность космических лучей возрастает. Не будут ли они смертельными для всякого, кто отважится выйти за пределы атмосферы?

Еще в 1934 году советские стратонавты Федосеенко, Васенко и Усыкин поднялись на высоту 22 км. Ниже их находились девяносто процентов массы земной атмосферы, тем не менее никаких болезненных явлений от облучения космическими лучами они не заметили.

Летчик, достигший в 1953 г. высоты в 25 км, оставил под собой более 95% массы атмосферы. Однако он не только остался жив, но и чувствовал себя после полета вполне здоровым. Совсем недавно в стратосферной ракете на большую высоту были подняты животные — обезьяны и мыши. Автоматический киноаппарат заснял их поведение в течение всего полета.

Животные прекрасно перенесли увеличенную тяжесть при взлете. После достижения максимальной высоты головка ракеты некоторое время падала вниз без парашюта. На кинокадрах можно увидеть мышей и обезьян, парящих внутри кабины в состоянии невесомости.

Спуск животных на Землю совершился вполне благополучно. Никаких болезненных изменений в них не обнаружено, хотя животные подверглись, практически, полному воздействию первичных космических лучей.

Наконец, на стратосферной ракете поднимали кусок консервированной человеческой кожи. По возвращении на Землю кожа не потеряла своей жизнеспособности — ее удалось привить здоровому человеку.

Безвредность космических лучей вполне объяснима. Частицы, составляющие их, обладают большими энергиями, и если бы частиц было много, космические лучи истребили бы на Земле весь органический мир. Однако в действительности их так мало, что общая энергия, приносимая космическими лучами на Землю, близка к энергии света, падающего от звезд.

Никто не станет утверждать, что стоять под звездным небом опасно для жизни. Так же, повидимому, безопасны и космические лучи. Угрозу для жизни путешественников могут представлять не космические лучи, а ультрафиолетовое излучение Солнца.

Мы уже упоминали, что даже небольшая доля этих лучей вызывает мучительные ожоги человеческой кожи. Что же касается рентгеновских лучей, также относящихся к числу ультрафиолетовых, то они способны даже в небольших дозах нанести значительный вред организму и иногда вызвать его смерть.

Ультрафиолетовые лучи можно задержать свинцовой прослойкой, вмонтированной в стенку ракеты. Однако так как свинец тяжел, лучше поступить иначе.

Слой озона в атмосфере, задерживающий вредную часть ультрафиолетовых лучей Солнца, по массе очень невелик. При нормальном атмосферном давлении во всех своих частях, этот слой имел бы толщину всего в 2 мм! Очевидно, создать подобную озоновую прослойку в стенке ракеты не представит больших затруднений.

Самым серьезным видом опасности в мировом пространстве является метеоритная опасность. Каждому приходилось наблюдать так называемые «падающие звезды». Никакого отношения к настоящим звездам — далеким солнцам — они не имеют. Явление «падающей звезды» вызывается вторжением в земную атмосферу из безвоздушного мирового пространства крохотной твердой частицы — метеорного тела.

Вся всего лишь граммы или доли грамма, метеорные тела, попадая в атмосферу, полностью распыляются. Более крупные небесные камни — метеориты, в случае, если их вес составляет килограммы, могут достичь поверхно-



сти Земли. Однако и в этом случае воздушный щит, окружающий Землю, сыграет важную роль. Атмосфера почти полностью затормаживает летящий метеорит, и с высоты 12—20 км он движется к Земле как падающее тело.

Только для огромных метеоритов (весом в тысячи тонн), скорость движения которых измеряется десятками километров в секунду, земная атмосфера не является препятствием. Сохранив свою космическую скорость, такой метеорит врзается в Землю. Мгновенная остановка при столкновении с Землей разрушает связи между молекулами метеорита, и его вещество становится похожим на сильно сжатый газ. В результате «газ» стремительно расширяется, происходит взрыв чудовищной силы.

По исследованиям известных советских ученых К. П. Станюковича и В. В. Федынского, при ударе о Землю крупного метеорита, имеющего скорость  $4 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ , получается такой же взрыв, как если бы взорвалось равное ему по массе количество тринитротолуола или какого-нибудь иного сильно взрывчатого вещества. Неудивительно поэтому, что огромные метеориты при ударе о Землю почти полностью обращаются в раскаленный газ, оставляя в месте своего удара о Землю воронку — метеоритный кратер.

Падение исполинских метеоритов — событие крайне редкое. На памяти человечества лишь однажды произошел такой случай. Ранним утром 30 июня 1908 года в глухую сибирскую тайгу в районе Подкаменной Тунгуски упал огромный метеорит. Исследования Л. А. Кулика и других советских ученых выявили картину грандиозных разрушений, вызванных Тунгуским метеоритом — тайга была повалена в радиусе 30 км; сам же метеорит при ударе о Землю, повидимому, почти полностью обратился в раскаленный газ.

В Аризонской пустыне (США), на территории Эстонии и в других местах земного шара сохранились большие кратеры, образованные упавшими метеоритами.

Попадание метеорита в космическую ракету может окончиться катастрофой. Насколько, однако, вероятно такое столкновение?

Метеориты, подобно планетам, являются спутниками Солнца. Орбиты некоторых из них пересекаются с орби-

той Земли, что может привести к столкновению метеорита с Землей. Подсчитано, что ежедневно на Землю выпадает около 10 тонн метеоритного вещества. И все же вероятность столкновения ракеты с крупным метеоритом очень мала.

По вычислениям К. П. Станюковича космический корабль может встретить метеорит весом в 1 Г один раз за несколько месяцев. Столкновения же с более крупными метеоритами могут происходить значительно реже. От ударов же мелких метеоритов можно защититься двойным броневым покрытием.

Таким образом не следует преувеличивать роль метеоритной опасности. Она безусловно существует, но не в таких масштабах, которые бы исключали возможность межпланетных перелетов. Столкновения с метеоритами конечно будут, но их можно рассматривать как несчастный случай, а не как неизбежное и постоянное явление.

Ни одна победа человека над природой не обходится без жертв. Были жертвы в борьбе за освоение полюсов Земли и ее атмосферы. Будут, конечно, и жертвы космических полетов. Однако никакие трудности и никакие жертвы не могут остановить человечество в достижении намеченной им цели — завоевании космоса.

Итак, представьте себе, что первая победа уже одержана и мы в каюте спутника-ракеты.

«Все так тихо, хорошо, покойно. Открываем наружные ставни всех окон и смотрим через толстые стекла во все шесть сторон. Мы видим два неба, два полушария, составляющих вместе одну сферу, в центре которой мы, как будто, находимся. Мы как бы внутри мячика, состоящего из двух разноцветных половин. Одна половина — черная, со звездами и Солнцем; другая — желтоватая, со множеством ярких и темных пятен и с обширными не столь яркими пространствами. Это Земля, с которой мы только что простились.

...С ракеты виден громадный шар планеты в той или иной фазе, как Луна. Видно, как поворачивается шар, как показывает в несколько часов все свои стороны последовательно.

...Своего ракетного движения мы не сознаем, как не сознаем движения Земли (когда на ней находимся), и нам представляется, что сама планета мчится кругом нас вместе со всем волшебным небосклоном. Ракета для

наших чувств становится центром вселенной, как некогда Земля!»<sup>1</sup>

Впрочем, созерцать это великолепное зрелище долго не придется. Астронавты, дорожа каждой минутой, приступают к научным наблюдениям. Спутник-ракета лишь

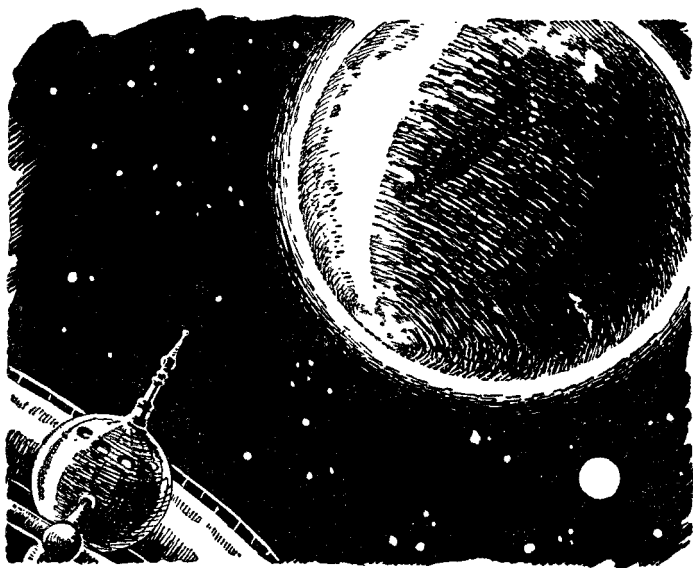


Рис. 22. Вид Земли со спутника.

временно исполняет роль маленькой Луны. Ограниченность запасов продовольствия и другие причины сократят продолжительность пребывания спутника на круговой орбите до нескольких недель или, может быть, месяцев. А затем надо вернуться на Землю и сообщить ее обитателям о результатах первого космического путешествия.

Спуск ракеты-спутника на поверхность Земли представляет собой сложную операцию. Первый ее этап — уменьшение скорости движения. Оно может быть достигнуто дополнительными реактивными двигателями,

---

<sup>1</sup> К. Э. Циолковский, Собрание сочинений, изд. АН СССР, 1954, том II, стр. 118, 120, 121.

которые создадут тягу, направленную в сторону, обратную движению спутника.

Потеряв «круговую» скорость, ракета начнет снижаться. Когда она влетит в плотные слои атмосферы, пилоты ракеты выдвинут крылья, скрытые до того в ее корпусе. Ракета станет похожей на самолет и постепенно, двигаясь вокруг Земли по спиралеобразной кривой, снизится на ее поверхность.

Главная трудность спуска — постепенность снижения. Если астронавтам не удастся достаточно затормозить ракету, ей грозит катастрофа. Сопротивление воздуха, быстро растущее с погружением в атмосферу, раскалит, расплавит ракету и в конце концов превратит ее в падающий метеорит. Такая трагическая развязка первого космического полета должна быть, разумеется, исключена.

За первым полетом пассажирской ракеты последуют и другие. Межпланетное пространство в районе Земли будет тщательно исследовано, после чего станет возможной постройка большой космической станции — постоянного, «стационарного» спутника Земли.

«Мы можем достигнуть завоевания солнечной системы очень доступной тактикой, — писал К. Э. Циолковский. — Решим сначала легчайшую задачу: устроить эфирное поселение поблизости Земли, в качестве ее спутника, на расстоянии 1—2 тысяч километров от поверхности, вне атмосферы...

...Основательно устроившись тут и получив надежную безопасную базу, мы уже более легким путем будем изменять свою скорость, удаляться от Земли и Солнца и вообще разгуливать, где нам понравится...

...В ракете долго существовать невозможно: запасы кислорода для дыхания и пищи должны скоро выйти, продукты же дыхания и пищеварения загрязнят воздух. Нужны особые жилища — безопасные, светлые, с желаемой температурой, с возобновляющимся кислородом, с постоянным притоком пищи, с удобствами для жизни и работы».

Как же построить такие жилища — большие, комфортабельные искусственные спутники Земли?

На обложке книги показан один из проектов «эфирного жилища». Это — огромное металлическое колесо, полое внутри: там устроены помещения для астронавтов.

В помещениях — искусственная атмосфера, вокруг спутника — безвоздушное мировое пространство. Поперечник заатмосферной станции достигает 100 м.

Ясно, что перебросить подобное сооружение с поверхности Земли за атмосферу невозможно. Циолковский предложил поступить иначе.

Отдельные части спутника изготавливаются на Земле, а затем транспортные ракеты доставляют их в районы строительства — на высоту в несколько тысяч километров. Таким образом, спутник будет собран по частям и метод его строительства будет напоминать сборку домов из крупных строительных блоков.

Кто же, однако, займется этим удивительным строительством? Возможна ли сборка спутника в безвоздушном пространстве?

Давайте перенесемся мыслями в будущее, в какой-нибудь 198... год.

К этому времени полеты пассажирских ракет вокруг Земли станут обычным делом. Уже давно организовано новое министерство — Министерство межпланетных путешествий. При нем создана грандиозная строительная организация — «Заатмосферстрой». Ей и поручено сооружение первого крупного спутника.

Части спутника изготовлены на Земле. Продуманы все детали его сборки. И вот в один действительно прекрасный день сотни транспортных ракет взлетают в небо. Они держат курс на высоту 2000 километров. Здесь, где нет никаких следов атмосферы, будет совершать свое обращение вокруг Земли первое крупное «эфирное жилище».

Ракеты прибыли в район строительства. Они переходят на круговые орбиты и временно превращаются в искусственные спутники Земли. Из ракет в мировое пространство вылетают строители. Сейчас будет заложен «фундамент» необычайного сооружения (рис. 23).

Костюмы строителей несколько напоминают водолазные. Впрочем, их лучше назвать «пустолазными», так как кругом почти пустота, а не вода. Костюм снабжен аппаратом для дыхания. Температура внутри костюма регулируется электрическим отоплением и солнечным теплом. От ударов мелких микрометеоритов предохраняет тонкий, но прочный слой металла — астронавт немного напоминает рыцаря в доспехах.

Так как в безвоздушном пространстве нет среды, в которой мог бы распространяться звук, кругом господствует мертвая тишина. Переговариваться можно только с помощью радио. Вот почему каждый астронавт имеет при себе миниатюрную радиостанцию.

В этом удивительном мирке царит невесомость — ведь каждый из строителей, а также собираемые ими части



Рис. 23. Сборка «эфирного жилища».

«эфирного жилища» обращаются вокруг Земли как маленькие ее спутники. Но потеря веса не есть потеря массы. Поэтому массивные предметы передвигать здесь труднее, чем менее массивные. Следует также опасаться столкновений с быстро движущимися крупными частями спутника — это может привести к печальному исходу.

Очутившись вне ракеты, строители испытывают необыкновенные ощущения. Где-то далеко внизу находится земная поверхность. Отсюда, с высоты 2000 километров, наша планета кажется исполинским шаром, занимающим около трети неба. Остальная часть небосвода усеяна многими тысячами звезд.

Небо, пугающее своей чернотой, кажется каким-то мертвым — нет мерцания звезд, вызванного воздушными токами атмосферы. Солнце видно на фоне звезд. Даже рядом с Солнцем можно легко разглядеть яркую серебристую полосу Млечного Пути. У Солнца также непривычный вид — оно окружено жемчужным сиянием солнечной короны, а вблизи поверхности Солнца можно различить наиболее крупные из протуберанцев<sup>1</sup>. Яркий блеск планет и ослепительное сияние Луны дополняют фантастическую картину «заатмосферной» ночи.

Вероятно, у астронавтов, повисших над бездной, явится инстинктивное желание вернуться обратно в ракету и почувствовать под своими ногами хотя бы какую-нибудь опору. Сделать это, однако, не так просто. Для передвижения в состоянии невесомости надо от чего-нибудь оттолкнуться. Если же подходящего предмета поблизости нет, придется вынуть реактивный револьвер и произвести выстрел. Отдача при выстреле отбросит астронавта в сторону, противоположную направлению выстрела. Вот так, «отстреливаясь» в различных направлениях, и будут перемещаться работники «Заатмосферстроя».

...Строительство идет полным ходом. Постепенно вырисовываются очертания будущего спутника-колеса. Широко применяется гелиосварка — солнечное тепло концентрируется на свариваемых деталях с помощью зеркал (рис. 23). Некоторые из прилетевших ракет разбираются на части — эти части войдут в конструкцию спутника.

Наконец строительство закончено. Солнечная система обогатилась еще одним небесным телом, которое отныне будет подчиняться в своем движении тем же законам, что и Луна и планеты.

Почему, однако, у этого тела такая странная форма? Что имел ввиду конструктор спутника, придавая ему форму колеса?

Мы уже отмечали, что невесомость создает для астронавтов ряд серьезных затруднений. Чтобы избежать их, на спутнике можно устроить «искусственную тяжесть». Для этого достаточно «закрутить» огромное колесо, и появившаяся при вращении центробежная сила прижмет обитателей спутника к его внешнему ободу. Она, то

---

<sup>1</sup> Протуберанцами называются раскаленные газовые выступы солнечной атмосферы.

и заменит потерянный земной вес. Вот зачем спутник сделан в виде огромного колеса.

Привести спутник во вращение можно с помощью ракетных двигателей, установленных на его ободе. Когда будет достигнута нужная скорость вращения, двигатели выключаются, колесо начнет вращаться по инерции, как Земля, не затрачивая на это вращение никакой энергии.



Рис. 24. Вращение спутника создает внутри его искусственную тяжесть.

Искусственная тяжесть может регулироваться по нашему желанию. Чем больше поперечник спутника и чем больше скорость его вращения, тем больше и искусственная тяжесть. Произведем простые расчеты:

Пусть радиус спутника равен  $r$ , а угловая скорость вращения  $\omega$ . Тогда центробежное ускорение, возникающее на ободе спутника, равно  $\omega^2 r$ . Следовательно, искусственный вес тела  $F$ , обладающего массой  $m$ , можно вычислить по формуле:

$$F = m\omega^2 r.$$

Так как на Земле вес того же тела равен  $mg$ , то отношение искусственной тяжести к естественному «земному» весу, обозначаемое буквой  $N$ , находим по формуле:

$$N = \frac{m\omega^2 r}{mg} = \frac{\omega^2 r}{g} = \frac{4\pi^2 r}{gT^2},$$



где  $T$  — период полного оборота спутника. Так, например, если спутник поперечником 100 м совершит полный оборот за 1 минуту, искусственная тяжесть на нем будет в 18 раз меньше земного веса. Значит, человек, весящий на Земле 70 кг, перелетев на спутник, сильно «похудеет»; его вес упадет до 4 кг!

Небольшой искусственный вес, с одной стороны, облегчит движения и работу обитателей спутника. С другой стороны, он исключит все неприятные следствия невесомости.

Давайте теперь проникнем внутрь спутника и познакомимся с его устройством.

Так как между спутником и Землей непрерывно курсируют ракеты, снабжение спутника запасами продовольствия и необходимыми материалами не представит принципиальных затруднений. Также принципиально просто решается вопрос и о транспортировке персонала спутника на Землю и обратно.

Переход людей со спутника на ракету (или с ракеты на спутник) может быть осуществлен следующим образом.

Пассажирская ракета, взлетев с Земли, достигает орбиты спутника, а затем, уравнив свою скорость со скоростью спутника, «причаливает» к его поверхности. С помощью специальных шлюзов, похожих на шлюзы подводной лодки, и совершается намеченная операция. Разумеется, «причаливание» к спутнику потребует от пилотов ракет большого мастерства. Не следует забывать, что и спутник и ракета будут в период маневрирования лететь со скоростями, в несколько раз большими скорости пули!

Первое помещение, куда мы попадаем, проникнув внутрь спутника, — это оранжерея (рис. 25). О значении оранжереи на спутнике Циолковский писал:

«Люди будут своим дыханием портить воздух и поедать плоды, а растения будут очищать воздух и производить плоды. Человек будет возвращать в полной мере то, что он похитил от растений, в виде удобрений для почвы и воздуха. При этом невозможно обойтись без работы разного рода бактерий.

Совершенно тот же оборот между животными и растениями мы видим на земном шаре, который так же

изолирован от других небесных тел, как и наша ракета-жилище»<sup>1</sup>.

Оранжерея-сад, дающая овощи, фрукты, очищающая воздух — как приятно и вместе с тем полезно иметь на спутнике этот кусочек родной нам Земли.



Рис. 25. Оранжерея на спутнике.

Дыша чистым ароматным воздухом эфирного жилища мы одновременно наслаждаемся обилием тепла и света.

Металлические створки потолка оранжереи приоткрыты и сквозь прозрачные окна потоки солнечных лучей льются в помещение.

По проекту Циолковского внешняя поверхность спутника должна быть сделана чешуйчатой. Одна сторона чешуек зачернена, другая — блестящая. Поворачивая к Солнцу то одну то другую сторону чешуек, можно регулировать температуру на спутнике.

Чешуйчатый слой спутника — самый внешний. Дальше идут броневые оболочки, предохраняющие от ударов метеоритов.

---

<sup>1</sup> К. Э. Циолковский, Собрание сочинений, изд. АН СССР, 1954, т. II, стр. 254.

Спутник, как линкор, разделен на отсеки. Каждый отсек герметически изолирован от соседних. Если метеорит попадет в спутник и даже сумеет пробить броневые покрытия, спутник не погибнет. Будет разрушен лишь один из его отсеков, который можно затем восстановить.

Напомним, что вероятность попадания крупного метеорита в спутник чрезвычайно мала. Мелкие же микрометеориты легко задерживаются броневой оболочкой.

Из оранжереи мы переходим в отделение связи — связи с нашей Землей. Так как в земной атмосфере есть «окна прозрачности» для радиоволн, радиосвязь между спутником и Землей вполне возможна. Телевидение к тому времени станет объемным, стереоскопическим и во всех отношениях совершенным, так что жители спутника смогут не только «слышать Землю», но и видеть происходящее на ее поверхности.

Как приятно здесь, в мировом пространстве, где-то между Землей и Луной, увидеть на экране телевизора концерт из Большого театра или лица друзей и родных, оставшихся на Земле. В то же время и они смогут с помощью телевидения заглянуть внутрь искусственного спутника и узнать, что там происходит.

Радиотелефон придает полную естественность разговорам между астронавтами и жителями Земли. Каждый будет видеть на экране телевизора лицо собеседника и слышать его голос!

Знакомясь со спутником, мы осматриваем различные его помещения. Нам попадаютс я комфортабельно оборудованные комнаты для отдыха, кабинеты для работы, лаборатории, склады продовольствия. В одном из отсеков оборудован вокзал. Сюда через специальный шлюз прибывают с Земли астрономы, техники, медики, — представители самых различных профессий.

Жизнь на спутнике так сложна и многообразна, что здесь для всех найдется работа.

На вокзале мы видим группу студентов астронавтического факультета МГУ. Они провели на спутнике учебную практику и сейчас возвращаются домой.

В соседнем отсеке — товарная станция. Здесь принимают грузы, прибывшие с Земли. Взамен их рейсовые ракеты получают тщательно упакованные ящики с мате-

риалами научных исследований, использованной или поломанной аппаратурой и всем тем, что нужно доставить на Землю.

Интересно энергетическое хозяйство спутника. На спутнике самым дешевым, самым выгодным видом энергии является солнечная энергия. С помощью установок, в которых главной частью будут полупроводниковые преобразователи энергии, солнечный свет даст обитателям спутника электрический ток.

Как и на Земле, солнечная энергия служит здесь основным источником жизни. Она заставляет работать разнообразные машины, она снабжает спутник чистым воздухом, водой, электрическим светом, она обеспечивает обитателям спутника спокойную, комфортабельную обстановку.

Блестят электрическими огнями окна спутника. Внутри эфирного жилища кипит жизнь, ведется напряженная работа.

Чем же занимаются обитатели первой заатмосферной станции?

## ЛАБОРАТОРИИ В КОСМОСЕ

Человек стремится в космос не ради простого любопытства. Он хочет познать далекие небесные тела, чтобы применить затем эти знания в земной «практической» жизни. Межпланетные перелеты, посещение других планет, несомненно увеличат могущество человека, укрепят и расширят его власть над силами природы.

Искусственные спутники Земли, как уже отмечалось, будут иметь двоякое значение. С одной стороны, их используют как топливные базы, с помощью которых пассажирские ракеты доберутся до Луны, а затем и до планет. С другой стороны, в условиях безвоздушного пространства станут возможными такие научные исследования, которые в земных условиях или затруднительны или вовсе неосуществимы. Таким образом, спутники Земли можно использовать как внеземные научные станции, где будет постоянно вестись интенсивная научная работа.

Какова же программа деятельности этих космических лабораторий? Какие научные исследования можно провести с помощью искусственных спутников Земли?

Прежде всего спутники окажут большую помощь метеорологии.

Со спутника, обращающегося вокруг Земли на высоте в несколько тысяч километров, будет видна огромная часть поверхности земного шара (рис. 26). Произведем несложные расчеты.

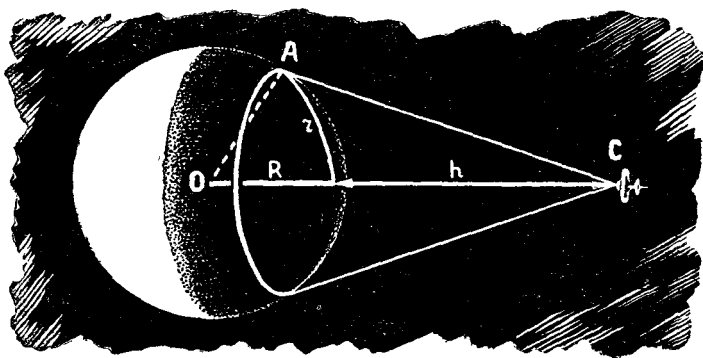


Рис. 26. Со спутника видна значительная часть поверхности Земли.

Пусть радиус Земли равен  $R$ , а высота спутника  $C$  над Землей  $h$ . Тогда дальность горизонта, наблюдаемого со спутника, будет равна длине отрезка  $AC$ . Но из  $\triangle AOC$

$$AC = \sqrt{(R+h)^2 - R^2} = \sqrt{h(2R+h)}.$$

С другой стороны, дуга  $r$ , измеряемая углом  $\alpha = \angle AOC$ , равна приближенно радиусу обозримой со спутника части поверхности Земли. Угол  $\alpha$  может быть найден из очевидного соотношения:

$$\cos \alpha = \frac{R}{R+h}.$$

Для спутника, находящегося на высоте 1000 км, дальность горизонта близка к 3700 км, а угол  $\alpha$  близок к  $30^\circ$ . Учитывая, что  $1^\circ$  земного меридиана соответствует 111 км, находим, что радиус обозримой со спутника области приблизительно равен 3330 км.

Таким образом, в каждый данный момент наблюдатель, находящийся на спутнике, сможет следить за распределением облачности и движением отдельных облаков на огромной части поверхности Земли. Учитывая, что спутник совершает обращение вокруг Земли с периодом около двух часов, и предполагая, что его орбита проходит над полюсами Земли, легко сообразить, что с такого спутника можно обеспечить постоянную «службу погоды», т. е. наблюдения за облачностью всей земной атмосферы.

С заатмосферной метеорологической станции на Землю будут регулярно поступать радиосообщения о распределении и характере облачного покрова, о движении фронта теплых и холодных воздушных масс, о границах распространения бурь.

Искусственные спутники Земли помогут значительно увереннее предсказывать погоду, что имеет большое народно-хозяйственное значение.

Весьма интересны геофизические исследования, которые можно осуществить с применением спутников.

Геофизика, как известно, изучает физическое состояние различных оболочек Земли — атмосферы, гидросферы, литосферы. Первая из них может быть подвергнута разнообразным исследованиям. Во-первых, важно детально изучить характер и природу полярных сияний. Заатмосферные геофизики увидят эти сияния «сверху», т. е. из мирового пространства. Такая необычная позиция облегчит их исследования (так как наблюдателям не будет мешать облачный покров Земли) и, вероятно, позволит открыть ряд новых свойств этих загадочных явлений.

В связи с полярными сияниями подвергнется исследованию и магнитное поле Земли. Можно будет установить, по каким траекториям несутся вблизи Земли частицы, вызывающие полярные сияния. Тем самым будут проверены теоретические расчеты, сделанные «земными» геофизиками.

Как уже говорилось, по движению спутников Земли можно определить величину ее сжатия. Допустим теперь, что в каком-нибудь месте Земли, над которым периодически пролетает спутник, находятся неизвестные залежи полезных ископаемых.

Как это ни странно, но спутник может выступить в роли разведчика земных недр. Пролетая над районом, где в земной коре есть плотные, тяжелые породы (например, железные руды), спутник притянется к Земле сильнее, чем в других частях своей орбиты. Это увеличит скорость движения спутника, что может быть обнаружено наземными наблюдателями.

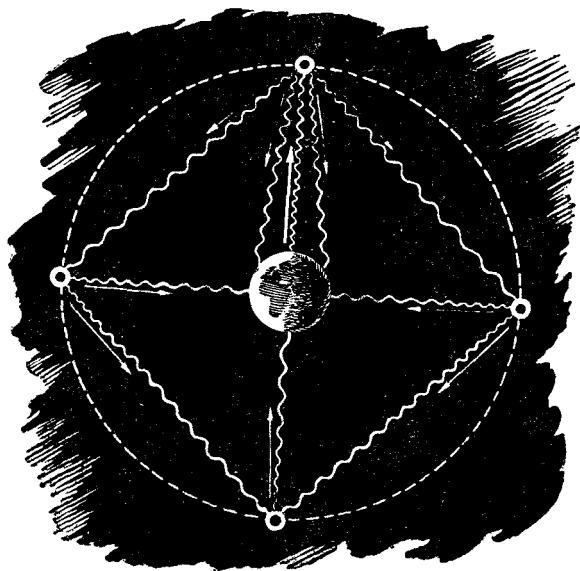


Рис. 27. Из одного телецентра с помощью четырех спутников можно вести телепередачу для всей Земли.

Большое практическое значение имеют наблюдения за дрейфом льдов. До сих пор такого рода исследования затруднялись суровой обстановкой Арктики и Антарктики. С «меридианного» спутника (т. е. со спутника, орбита которого проходит над полюсами Земли) исследования околополярных районов станут сравнительно легкой задачей.

Особое научное значение приобретает радиосвязь между спутником и Землей. Кроме чисто служебного назначения (передача сведений с Земли на спутник и обратно) она преследует и иные цели.

Ионосфера, задерживающая значительную часть радиоволн, состоит из нескольких слоев ионизированных газов. Состояние этих слоев, их высота над Землей, толщина и пропускная способность не остаются постоянными. Солнечное излучение и другие причины порождают изменчивость ионосферы.

«Пропусывание» различных «радиоокон» в ионосфере, наблюдения за силой радиоприема, выяснение связи между явлениями на Солнце и характером радиосвязи между спутником и Землей, — таковы научные проблемы, над решением которых будут работать радиотехники и геофизики.

Нельзя при этом не упомянуть, что спутники Земли расширят возможности телевидения (рис. 27). Как известно, прием изображений по радио можно вести только в зоне прямой видимости антенны передающего телецентра. Так, например, передачи Московского телецентра можно принять лишь в тех пунктах, которые удалены от Москвы не более, чем на 200 км.

Вообразим себе теперь, что на спутнике, удаленном от поверхности Земли на расстояние 36 000 км и совершающем оборот вокруг Земли за 24 часа, установлена радиостанция, которая ретранслирует телепередачу с Земли. Тогда, послав из телецентра радиоволны на спутник, мы можем направить их на огромную территорию, почти равную площади полушария Земли.

Как видите, возможности телевидения сильно возрастут.

Заметим, что такая ретрансляционная космическая станция должна двигаться по орбите, лежащей в плоскости земного экватора.

Вполне мыслимо, что в будущем удастся построить не одну, а несколько подобных станций. Тогда можно будет из одного телевизионного центра обслужить передачей население всего земного шара.

Перейдем теперь к той части научной программы спутника, которая относится к области физики.

Для некоторых физических исследований безвоздушное пространство исключительно удобно. Здесь легко получить как очень низкие, так и чрезвычайно высокие температуры, между тем как в земных условиях достижение таких температур сопряжено с большими трудностями.



Вокруг спутника — мировое пространство, где получить температуру, близкую к абсолютному нулю ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) очень просто. Для этого достаточно испытуемое тело поместить в тень от спутника. В безвоздушном пространстве нет перемешивания воздушных слоев (конвекции), которое в земных условиях сглаживает контраст температуры «на Солнце» и в тени. Поэтому, если небольшой покрытый сажей шар, выброшенный со спутника в пространство, нагреется солнечными лучами до  $+3^{\circ}\text{C}$ , то его температура «в тени» упадет почти до абсолютного нуля. Физики непременно воспользуются этими удобствами.

Известно, что при температурах близких к абсолютному нулю у тел появляются необычные свойства. Так, например, проводники становятся сверхпроводниками, т. е. их сопротивление электрическому току падает практически до нуля. Другие вещества, как, например, жидкий гелий становятся сверхтекучими, т. е. пропадает их внутреннее трение, или вязкость.

Изучение свойств веществ при температурах, близких к абсолютному нулю, имеет огромное значение. Оно раскрывает перед наукой природу атомных и молекулярных сил. Оно, возможно, позволит в будущем передавать электроэнергию по «сверхпроводящей» сети без всяких потерь на сопротивление.

В земных условиях физики бьются над получением вакуума — искусственной «пустоты». Создание высоких степеней разрежения вещества — исключительно сложная техническая задача.

На спутнике к услугам физиков будет почти идеальный вакуум. Межпланетное пространство наполнено настолько разреженной средой, что плотность ее не превышает  $10^{-21} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Это значит, что даже наиболее

совершенный из современных технических вакуумов настолько же плотнее «пустоты» межпланетного пространства, во сколько свинец плотнее такого вакуума!

Наряду с получением сверхнизких температур можно получить и очень высокие температуры. Для этого достаточно поместить тело в фокус какого-нибудь огромного вогнутого зеркала. Всем известная школьная забава — выжигание увеличительным стеклом — здесь будет воспроизведена в грандиозных масштабах.

В фокусе зеркала, поперечником в несколько метров, можно легко получить температуру в тысячи градусов. Это означает, что солнечные лучи расплавят, обратят в пар любой металл! Отсюда понятно, что на спутнике в широких масштабах будут применяться методы гелиосварки. Несомненно, что гелиосварка получит со временем распространение и в земном строительстве.

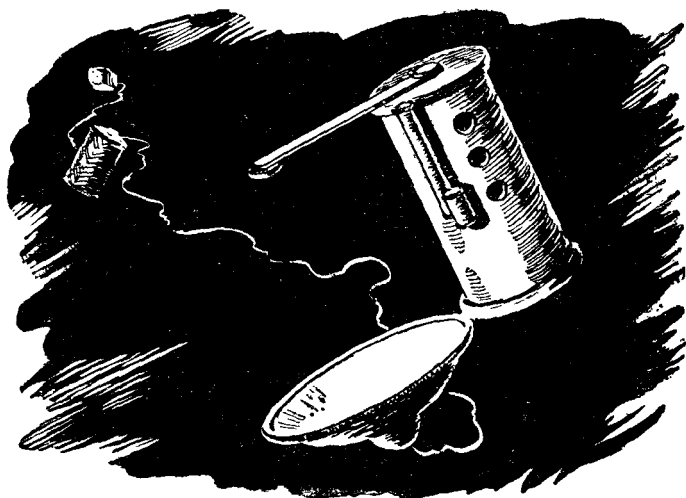


Рис. 28. Физическая лаборатория на спутнике.

Физическая лаборатория на спутнике поставит одной из своих основных задач изучение космических лучей. О значении подобных исследований мы уже говорили. Добавим к сказанному, что в отличие от современных ракет и первых спутников, большие космические лаборатории дадут возможность вести наблюдение за космическими лучами не кратковременно, а постоянно. К тому отсутствие веса на стационарном спутнике позволит создать там грандиозные, физические установки любой конструкции.

Разгадка природы космических лучей и источников их происхождения — вот что можно ожидать от «заатмосферных» физиков.

Как ни увлекательны возможности, которые раскроются в будущем для метеорологов, геофизиков, радио-

техников и физиков, все же, пожалуй, самыми плодотворными исследованиями на спутнике будут работы в области астрономии.

Атмосфера для астрономических наблюдений является серьезной помехой. Во-первых, преломление в атмосфере лучей, идущих к нам от светил, так называемая рефракция, искажает их форму, размеры и цвет. Так, Солнце у горизонта кажется сплюснутым и красноватым, а в некоторых случаях и очень искаженным.

Во-вторых, движение отдельных струек воздуха изменяет направление лучей небесных светил. Этим объясняется мерцание звезд, а также дрожание и расплывчатость изображений светил в телескопах.

Чем сильнее увеличивает телескоп, тем более мелкие детали можно, как будто, обнаружить на поверхности небесных тел. Однако с ростом увеличения становится более заметными и движения воздуха. Поэтому при астрономических наблюдениях в земных условиях увеличение больше девятисот раз обычно не применяют.

В-третьих, в земной атмосфере лучи света испытывают дисперсию, т. е. они частично разлагаются на составные лучи. Этим вызваны красивые цветные переливы, которые можно наблюдать при мерцании ярких звезд, а также другие явления.

Наконец, земная атмосфера поглощает часть лучей, идущих к нам от светил, что заметно ослабляет их видимую яркость (минимум на 0,2 зв. величины).

На заатмосферной обсерватории астроном может позабыть обо всех этих неприятностях. Мир небесных тел предстанет перед ним, так сказать, в «чистом», неискаженном виде.

На совершенно черном небе ярко сияют Солнце, Луна, планеты и немерцающие звезды. Отсюда, со спутника, знакомые созвездия кажутся значительно ярче, четче. Среди тысяч звезд то в одном, то в другом участке неба глаз различает сравнительно яркие туманные пятнышки — далекие звездные скопления и облака разреженных газов.

Тщетно ожидали бы мы увидеть на небе падающую звезду или летящий метеорит. За атмосферой эти крохотные небесные тела дают знать о себе лишь в случае прямого столкновения с ними.

Астрономическая обсерватория на спутнике во многом не похожа на земные обсерватории. Ее помещение герметически изолировано от безвоздушного пространства. Следовательно, ни о каком вращающемся куполе с раздвижным люком не может быть и речи. Полусферическая крыша обсерватории сделана из прозрачного

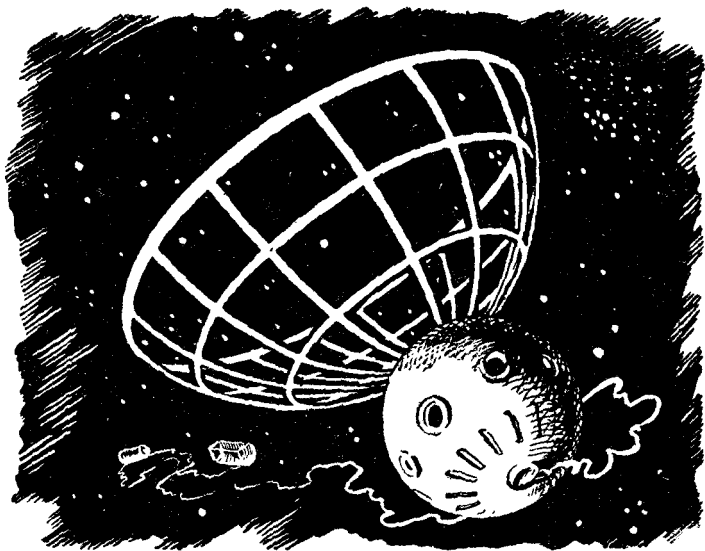


Рис. 29. Один из вариантов заатмосферной астрономической обсерватории.

и в то же время прочного материала (например специальной пластмассы).

Обсерватория укреплена на оси спутника и вращается вместе с ним. Астроному на спутнике будет казаться, что он неподвижен, а все небо кружится вокруг него, как бы насаженное на ось спутника. Полярная звезда, вероятно, потеряет свое значение указателя небесного полюса и ее роль перейдет к какой-нибудь другой звезде.

Астрономическая обсерватория на спутнике состоит из двух половин, обращенных друг к другу своими основаниями. Таким образом, наблюдения можно охватить любой участок небосвода.

Телескопы на заатмосферной обсерватории во многом будут отличаться от земных. Во-первых, в условиях пониженной тяжести (или полного ее отсутствия), конструкция телескопа может быть сильно облегчена. Отпадают заботы о прогибе трубы и осей инструмента, не понадобятся «противовесы», которые являются неременной частью земных телескопов. С другой стороны, размеры телескопа могут быть сколь угодно большими, что неизмеримо расширяет возможности исследования.

Есть одна трудность, с которой придется считаться. Масса спутника очень мала в сравнении с массой Земли. Поэтому и его вращение будет гораздо менее устойчивым, чем вращение Земли. Значит, наведя со спутника телескоп на какую-нибудь звезду, мы не будем уверены, что последняя останется все время в одной и той же точке поля зрения. Обычный часовой механизм здесь не поможет. Для земных телескопов достаточно, чтобы такой механизм вращал телескоп вокруг одной так называемой «полярной» оси. На спутнике его осевое вращение сильно осложняется другими движениями. Ведь даже перемещение людей внутри спутника заметно отзовется на положение оси его вращения, не говоря уже о других более существенных причинах.

Значит, наблюдая звезду в телескоп, «заатмосферный» астроном увидит прыгающую в поле зрения яркую точку. Заставить звезду «остановиться» может только соответствующее «следающее» устройство. Принцип его действия таков.

Луч от звезды падает на фотоэлемент, соединенный с механизмами, которые могут вращать телескоп вокруг любой из осей. Если телескоп слегка сместится, и, следовательно, луч звезды изменит свое направление относительно фотоэлемента, последний немедленно среагирует и с помощью механизмов вернет телескоп в исходное положение. Так, вероятно, будут устроены телескопы заатмосферной обсерватории.

Впрочем, сложность установки вполне окупится возможностью применять при наблюдениях любые, сколь угодно большие увеличения.

Вот пример. При увеличении в 10 000 раз мы могли бы со спутника увидеть в телескоп на Луне предмет поперечником всего в 12 метров. Даже на Марсе нам стали бы доступны детали поверхности, имеющие размеры

около 1,5 км. А ведь с прогрессом телескопической техники вполне мыслимо применение и значительно больших увеличений.

Все главнейшие разделы современной астрофизики (астрофотография, астрофотометрия, астроспектроскопия) получают с помощью спутников Земли дальнейшее развитие.

Большая видимая яркость небесных тел позволит сфотографировать такие далекие звездные системы, которые современным земным телескопам вовсе недоступны. Радиус изученной нами части вселенной будет увеличен.

Особенно много открытий будет сделано в области астроспектроскопии. Астрономы изучат весь спектр излучений от гамма-лучей до наиболее длинных радиоволн. Как много нового мы узнаем о составе небесных тел, их свечении, источниках звездной энергии и других вопросах, волнующих современных ученых.

Весьма возможно, что будут открыты и какие-нибудь новые излучения, о существовании которых мы и не подозреваем.

Всего четверть века тому назад зародилась новая отрасль естествознания — радиоастрономия. Установлено, что источниками радиоволн, приходящих к нам из космоса, являются разнообразные небесные тела — начиная от Луны и кончая далекими звездными системами — галактиками. В одних случаях испускание радиоволн вызвано просто некоторой нагретостью тела — так, например, радиоизлучение Луны. В других случаях космические радиоволны вызваны, например, грандиозными катастрофами — столкновениями галактик.

Скоро радиотелескопы станут принадлежностью каждой земной обсерватории. Принцип их действия достаточно прост.

Огромное вогнутое металлическое зеркало (в ряде случаев оно состоит из отдельных проволок) собирает в своем фокусе космические радиоволны. Здесь, в фокусе, помещают «приемный диполь», похожий на обычную антенну. Ток, возбужденный радиоволнами в диполе, идет на приемную радиостанцию и здесь исследуется.

На спутнике непременно установят радиотелескопы. Если на Земле крупнейшие из существующих радиотелескопов имеют поперечник зеркала в десятки метров,

то на заатмосферной станции можно будет установить и еще большие инструменты.

На Земле развитию радиоастрономии мешает непрозрачность атмосферы к радиоволнам с длиной волны, большей 30 метров. На спутнике эта помеха отпадет и все радиоизлучение небесных тел будет изучаться беспрепятственно.

Сейчас даже трудно себе представить, какие удивительные открытия будут сделаны в области радиоастрономии.

Со спутника можно в любое время и без каких-либо сложных приспособлений наблюдать солнечную корону и протуберанцы. Так как состояние этих образований отзывается на погоде, радиосвязи и других земных явлениях, регулярные наблюдения Солнца со спутника приобретут большое практическое значение.

Для того, чтобы работа заатмосферной обсерватории приносила максимальную пользу, надо точно знать момент наблюдения и положение спутника в пространстве. Первое легче всего осуществить, сверяя часы на спутнике с радиосигналами точного времени, которые будут передаваться с Земли. Что касается положения спутника в пространстве, то его определяют специальные радиолокаторы.

Какими фантастически-смелыми кажутся сейчас проекты внеземных научных лабораторий! Как заманчива программа их работ!

Невозможное сегодня, станет возможным в недалеком будущем. Придет время, и вокруг Земли возникнут многочисленные лаборатории первого Космического института.

## ШТУРМ ЛУНЫ

Создание искусственных спутников будет только первым шагом на пути человека в космос. Следующая ближайшая задача — полет на Луну и высадка на ее поверхность. Трудности такого перелета колоссальны. Луной удастся овладеть только после длительного и тщательно продуманного «штурма».

Как и при всяком штурме надо сначала сосредоточить, скопить необходимые силы. В данном случае это значит — превратить спутники Земли в топливные базы

для «лунных» ракет. Перевозкой топлива с Земли на спутники займются специальные транспортные ракеты. Вероятно, для хранения топлива придется соорудить особые спутники с огромными топливными баками, «вокзалами» для прибывающих ракет и помещениями для обслуживающего персонала.

Топливо запасено. Теперь можно приступить ко второму этапу штурма — разведочным полетам на Луну. Уже давно выдвигался проект посылки на Луну ракеты, головная часть которой была бы начинена сильно взрывчатым веществом. При ударе ракеты о лунную поверхность произойдет взрыв, разбрасывающий вокруг порошок магния или другого сильно отражающего свет вещества. Астрономы, зная в каком месте Луны должна упасть ракета, увидят появившееся на темном фоне лунного «моря» светлое пятно — остаток взорвавшейся ракеты.

Конечно, если такой проект осуществят, он будет лишь первым демонстративным выстрелом по «неприятелю». Гораздо продуктивнее разведочные полеты автоматических ракет.

В первой главе мы говорили о том, что одной из возможных орбит спутника Земли может быть орбита, охватывающая как Землю, так и Луну (рис. 6). Представьте себе, что с обычного «кругового» спутника Земли будет отправлена по указанной орбите разведочная радиоуправляемая ракета. На ней могут быть помещены фото- и киноаппараты, радиостанция, приборы для радиоуправления, а также телевизионный передатчик.

Когда ракета подлетит к Луне и начнет облет ее видимой половины, станут действовать съемочные аппараты и телевизионный передатчик. Будут получены снимки Луны с такого близкого расстояния, при котором удастся рассмотреть мельчайшие детали ее поверхности. Одновременно на экранах земных телевизоров зрители увидят Луну так, как если бы они сами очутились на ракете.

Такие полеты повторятся многократно. Они позволят отыскать районы Луны, где посадка на ее поверхность особенно удобна.

Но вот начинается следующий этап штурма Луны. По проекту советского ученого Ю. С. Хлебцевича он мыслится следующим образом.



На Луну посылается радиоуправляемая ракета. Внутри ракеты заключена подвижная научная лаборатория, внешне напоминающая танкетку. Когда ракета опустится на лунную поверхность, из ее открывшегося люка выползет «танкетка». Управляемая по радио с Земли,

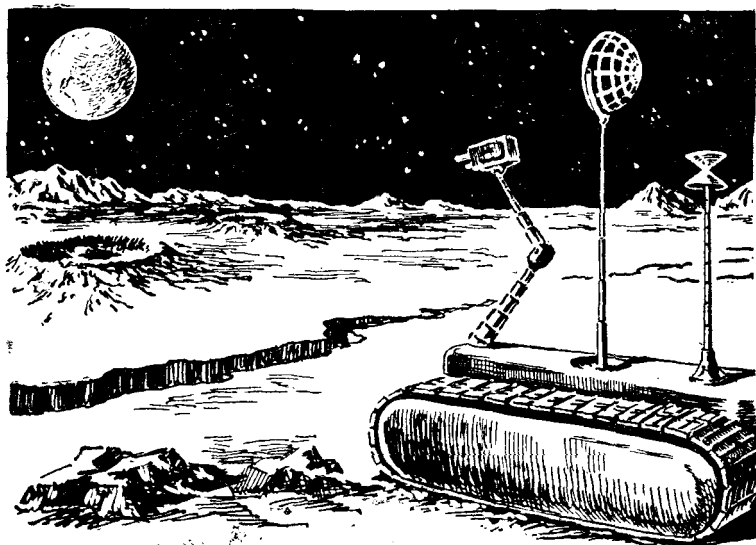


Рис. 30. Радиоуправляемая «танкетка» на Луне.

«танкетка» отправится в путешествие по лунной поверхности. Телевизионный передатчик, установленный на «танкетке», будет передавать на Землю изображение лунного ландшафта. Расположившись в мягких креслах в комфортабельной земной обстановке, телезрители как бы сами совершат прогулку по Луне.

Кроме телеизображений, автоматическая аппаратура «танкетки» передаст по радио сведения о температуре на Луне, состоянии космического излучения и других явлениях, интересующих ученых.

После того как научная программа «танкетки» будет выполнена, радиосвязь «танкетки» с Землей прекратится, и автоматический разведчик Луны останется на ее поверхности.

Оригинальный проект Ю. С. Хлебцевича обладает многими достоинствами. Во-первых, взлетный вес ракеты с «танкеткой» во много раз меньше веса пассажирской ракеты. По подсчетам Ю. С. Хлебцевича, первая из ракет должна весить всего 0,5 Т, между тем как минимальный вес пассажирской ракеты при отлете с Земли оказывается равным 5—10 Т.

Во-вторых, можно будет повысить точность маневрирования автоматически управляемых ракет. Заметим, что ошибка в начальной скорости всего в 0,1% создаст «недолет» или «перелет» лунной ракеты в размере 12,5% от общей длины пути (т. е. несколько тысяч километров).

Для «танкетки», высаженной на Луну, искусственная атмосфера или какие-нибудь сложные меры для борьбы против ее охлаждения не понадобятся. И в полете, и на Луне «танкетка» будет вести себя несравненно менее капризно, чем человек. В этом — третье преимущество проекта Ю. С. Хлебцевича. Наконец, «танкетку» можно оставить на Луне и тогда отпадут все трудности, связанные с обратным возвращением на Землю.

Все это заставляет думать, что высадка автоматически управляемых лабораторий на поверхность Луны явится одной из неизбежных операций по освоению нашего спутника.

Когда физические условия на Луне будут изучены достаточно обстоятельно, наступит последний этап штурма Луны — высадка людского «десанта» на лунную поверхность. В подготовке этой завершающей операции большую роль сыграют искусственные спутники Земли.

Участники лунной экспедиции пройдут на спутниках через серию различных испытаний. Врачи выяснят, как влияет на них усиленная тяжесть или, наоборот, отсутствие веса. Полеты за пределы спутника позволят освоиться с жизнью в безвоздушном пространстве. Будет также тщательно проверено действие на человеческий организм космических лучей и ультрафиолетового излучения Солнца.

С другой стороны, на спутнике можно испытать прочность костюмов астронавтов, работу различных аппаратов и, вообще, всей материальной части космического корабля.

И вот долгожданный день наступил. С одного из спутников в полет на Луну отправилась пассажирская

ракета. Пока ракета набирала нужную скорость, путешественники ощущали усиленную тяжесть. А затем ракетный двигатель был выключен, и ракета полетела, подчиняясь только притяжению небесных тел. С этого момента и на протяжении большей части пути в ракете наступило состояние невесомости.

Но вот уже близка Луна. Чтобы не разбиться о лунную поверхность, пилот ракеты снова включает ее двигатель, поворачивает ракету хвостовой частью к Луне, и стремительно вырывающийся поток газов сильно тормозит падение ракеты. Наконец, легкий толчок, и ракета «прилуняется» на соседнем к нам небесном теле.

Штурм Луны закончен! За ним следует планомерное изучение нашего спутника, использование богатств лунных недр, постройка на Луне научных лабораторий и институтов.

Для регулярной связи Луны с Землей целесообразно создать «Луну Луны», т. е. ее искусственный спутник. На нем, как и на «зем-

ных» спутниках будет сосредоточено топливо для курсирующих между Землей и Луной пассажирских ракет.

Автор этого проекта, один из видных деятелей русской astronautики, Ю. Кондратюк считал, что спутник Луны послужит базой и для полетов по солнечной системе. По его подсчетам, ввиду слабости притяжения Луны, полеты с лунного спутника «будут требовать ма-



Рис. 31. Первые люди на Луне.

териальных затрат в *n* раз меньших, нежели подобный же полет с Земли»<sup>1</sup>.

Таким образом, со временем искусственные спутники появятся, вероятно, не только у Земли и Луны, но может быть и у некоторых из планет, как например, Венеры или Меркурия. Используемые как топливные базы, эти спутники сыграют немалую роль в освоении человеком солнечной системы.

## НА ПОРОГЕ НОВОЙ ЭРЫ

Интерес к межпланетным перелетам становится всеобщим. В 1950 году была основана Международная Астронавтическая Федерация (МАФ), первоначально объединявшая 17 астронавтических обществ различных стран. В настоящее время число членов МАФ значительно возросло. Регулярно организуются Международные астронавтические конгрессы, в работе последнего из которых, как уже отмечалось, приняли участие представители Советского Союза.

В уставе МАФ перечисляются главнейшие цели, которые преследует эта организация. Вот некоторые из них:

1) Способствовать техническим и научным исследованиям в области астронавтики.

2) Производить обмен опытом и технической информацией между отдельными обществами — членами МАФ.

3) Учредить Международный научно-исследовательский институт астронавтики.

4) Информировать мировую общественность через печать, радио и кино о возможностях и перспективах в области астронавтики.

5) Борьбаться с утопическими и сенсационными публикациями о межпланетных полетах.

Мощное астронавтическое движение, развернувшееся в последние годы, несомненно является предвестником новой эры в жизни человечества — эры межпланетных путешествий.

Для всех честных тружеников Земли, кому дорог прогресс науки и счастье человечества, наступление но-

---

<sup>1</sup> Под «*n*» Ю. Кондратюк понимает величину затрат при отлете с Земли.

вой эры означает новую, грандиозную победу человека над природой.

Выступая в августе 1955 года на Международном конгрессе астронавтов в Копенгагене, академик Л. И. Седов от имени советской общественности заявил:

«Мне кажется, что настало время, когда можно направить все силы и средства на совместные усилия по созданию искусственного спутника и переключить военный потенциал в технике ракет на мирные и благородные цели развития космических полетов. Я думаю, что такая работа была бы важным вкладом в дело устранения «холодной войны» и послужила бы делу упрочения мира»<sup>1</sup>.

Впереди еще очень много трудностей, стоящих на пути осуществления даже первых межпланетных перелетов.

Достижение больших скоростей связано с повышением температуры в рабочей камере двигателя. Перед техникой стоят проблемы создания таких материалов, которые смогли бы достаточно стойко переносить очень высокие температуры. Большую роль приобретает вопрос о прочности материалов для космического корабля. Они должны легко выносить сильное натяжение и служить надежной защитой от ударов метеоритов.

Особо стоит вопрос о создании атомных ракет, т. е. ракет, движущихся за счет атомной энергии. Известно, что теплотворная способность «ядерного горючего», т. е. вещества, способного к интенсивному атомному распаду, исключительно велика. Она в миллионы раз превышает теплотворную способность обычных химических топлив.

Если бы удалось построить атомную ракету, из сопла которой вырывались бы непрерывной струей продукты распада урана 235, то скорость истечения таких продуктов была бы близка к  $11820 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ .

Ясно, что с помощью подобной ракеты можно было бы без особого труда отправиться в любой уголок солнечной системы, а если угодно, то и за ее пределы.

К сожалению, прямое использование атомного распада в реактивных двигателях невозможно. Главное препятствие — высокая температура. Можно подсчитать,

---

<sup>1</sup> Газета «Известия» от 5 августа 1955 г.

что двигатель атомной ракеты быстро нагрелся бы до температуры в несколько миллионов градусов и испарился!

Есть, однако, иной путь использования энергии атомного распада, — выделяющееся при распаде тепло нагревает какое-нибудь рабочее вещество (например, жидкий водород, воду), и образующиеся пары с большой скоростью вылетают из сопла ракеты.

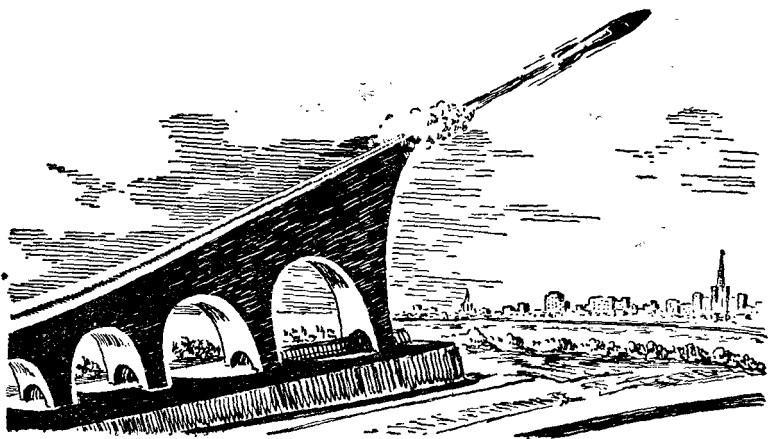


Рис 32 Мы стоим на пороге новой эры — эры межпланетных перелетов.

Выгода такого способа в том, что вместо двух составляющих топлива — горючего и окислителя можно в качестве «рабочего вещества» брать только какую-нибудь одну жидкость, и притом с небольшим молекулярным весом. В таких атомных ракетах скорости истечения могли бы в 3—4 раза превысить существующие, что, конечно, значительно расширяло бы возможности астронавтики.

Другой путь, позволяющий достичь огромных скоростей газовых струй, — это так называемые кумулятивные взрывные процессы.

Кумуляцией называется такое явление при взрыве, когда большая часть энергии взрыва концентрируется вдоль определенной линии или плоскости.

Скорости газовых струй, выбрасываемых при кумулятивных взрывах, исключительно велики.

Еще в 1944 году советскому ученому проф. Г. И. Покровскому удалось получить кумулятивные струи, в которых частицы двигались со скоростью  $25 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ .

В 1952 году при бериллиевой облицовке трубы были получены скорости истечения до  $90 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$ !

«Сейчас все дело заключается в том, — говорит проф. Г. И. Покровский,<sup>1</sup> — чтобы те средства, которые созданы в лабораториях (кумулятивные заряды обычных взрывчатых веществ), поднять на высоту 300—400 км при помощи ракет и там произвести взрыв. Таким путем может быть создан искусственный спутник небольших размеров, не несущий каких-либо приборов, но предназначенный для наблюдения за его движением при помощи телескопов или, может быть, при помощи радиолокации».

Возможно, что в дальнейшем кумулятивные струи удастся применить для двигателей пассажирских ракет.

Великие усилия вполне окупятся великими победами, и кто из юных читателей этой книжки не пожелает внести и свой скромный вклад в это трудное, но благородное дело? Пусть они не смущаются тем, что круг их главных интересов, возможно, далек от проблем астронавтики. В освоении космического пространства примут участие представители самых разнообразных профессий. К ним, энтузиастам науки, и обращены вдохновенные слова К. Э. Циолковского:

«Смело же идите вперед, великие и малые труженики земного рода, и знайте, что ни одна черта из ваших трудов не исчезнет бесследно, но принесет вам в бесконечности великий плод»<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Газета «Известия» от 19 августа 1955 г.

<sup>2</sup> К. Э. Циолковский, Собрание сочинений, изд. АН СССР, 1954, стр. 139.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Введение . . . . .	3
Задача Ньютона и ее решение . . . . .	5
От теории к практике . . . . .	19
Первые искусственные спутники Земли . . . . .	30
«Эфирные» жилища . . . . .	53
Лаборатории в космосе . . . . .	76
Штурм Луны . . . . .	87
На пороге новой эры . . . . .	92

---

*Феликс Юрьевич Зигель*

**Искусственный спутник Земли**

Редактор *Ю. Н. Дрожжин*

Обложка художника *Б. А. Малышева*

Художественный редактор *Б. М. Кисин*

Технический редактор *М. Д. Козловская*

Корректор *М. В. Голубева*

Сдано в набор 4.VI—1956 г. Подписано к печати 21.IX—1956 г.

84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Печ. л. 6 (4,92). Уч-изд. л. 4,79

Тираж 50 000 экз. А 12048

Учпедгиз. Москва, Чистые пруды, 6

Заказ № 8165

Смоленск, типография имени Смирнова, дом 2

Цена 1 р. 20 к.



### ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
23	5 снизу	$\frac{M_0}{M} = e \frac{v}{c}$	$\frac{M_0}{M} = e^{\frac{v}{c}}$

Ф. Ю. Зигель „Искусственный спутник Земли“.

LP 20K



МЧПЕДГНЗ-1956