

**Зигель Ф.**

# **Занимательная космонавтика**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 55  
ББК 26  
3-59

Зигель Ф.  
З-59 Занимательная космонавтика / Зигель Ф. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 310 с.

**ISBN 978-5-458-28675-6**

Перед вами сборник коротких рассказов о космонавтике, интересных, а иногда и занимательных. Можно ли создать неподвижные спутники Земли? Удастся ли когда-нибудь улететь в космос без ракет? Реальны ли проекты космических бригадин? Что встретит человек на планетах? Как можно представить себе космическое будущее земной цивилизации? Ответы на эти вопросы вы найдете в этой книге. Она рассчитана на широкий круг читателей. Автор адресовал ее всем, кто интересуется космонавтикой и хотел бы познакомиться с ее основами.

**ISBN 978-5-458-28675-6**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2012

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



все тоже можно отнести к космонавтике или, точнее, к разным ее разделам.

Не только с самых первых практических шагов, но еще в старинных фантастических проектах космонавтика мыслилась как наука о полетах человека в космосе. Все было бы куда проще, если бы мы запускали в космос только автоматы. Но полеты человека усложнили и проблемы космонавтики необычайно. Космическая биология и космическая медицина, сами по себе имеющие право считаться самостоятельными науками, являются разделами современной космонавтики, немыслимыми без нее.

Даже юридические науки и те приобрели космический облик и выделили из своей сферы еще один раздел космонавтики — космическое право. Практическую важность космического права отрицать трудно — без правового регулирования деятельности отдельных государств в космосе человечеству вполне реально грозят кошмары космической войны.

В маленькой энциклопедии «Космонавтика»\*, которую можно рекомендовать для всестороннего знакомства с этой областью человеческой деятельности, космонавтика определяется как «совокупность отраслей науки и техники, обеспечивающих освоение космического пространства и внеземных объектов с использованием разного рода КА (ракет, ИС, зондов, станций и пр.), управляемых с Земли или пилотируемых».

Стараясь представить себе будущее космонавтики, мы видим ее еще более многообразной и всеобъемлющей. Так, например, в недалеком, вполне обозримом будущем начнется фундаментальное освоение Луны, а затем и ближайших планет. Найдет себе практическое воплощение космическая архитектура, пока существующая лишь в проектах. Нет никаких сомнений, что рано или поздно

---

\* Космонавтика. Маленькая энциклопедия, изд-во «Советская энциклопедия», 1968.

появятся такие новые науки, как, например, археохимия (аналог геохимии) или селенология (аналог геологии). И опять эти новые области человеческой деятельности придется, по-видимому, включить в ...космонавтику! Столь широкое понимание космонавтики делает ее практически почти безграничной, как, впрочем, безгранична и многообразна будущая деятельность человечества в космосе.

Великие перемены совершаются в нашем быстро меняющемся мире. Человечество выходит на просторы космоса, превращается буквально на наших глазах в космическую цивилизацию. Этот процесс выражается в «космизации» не только современного естествознания, но и вообще всей человеческой деятельности.

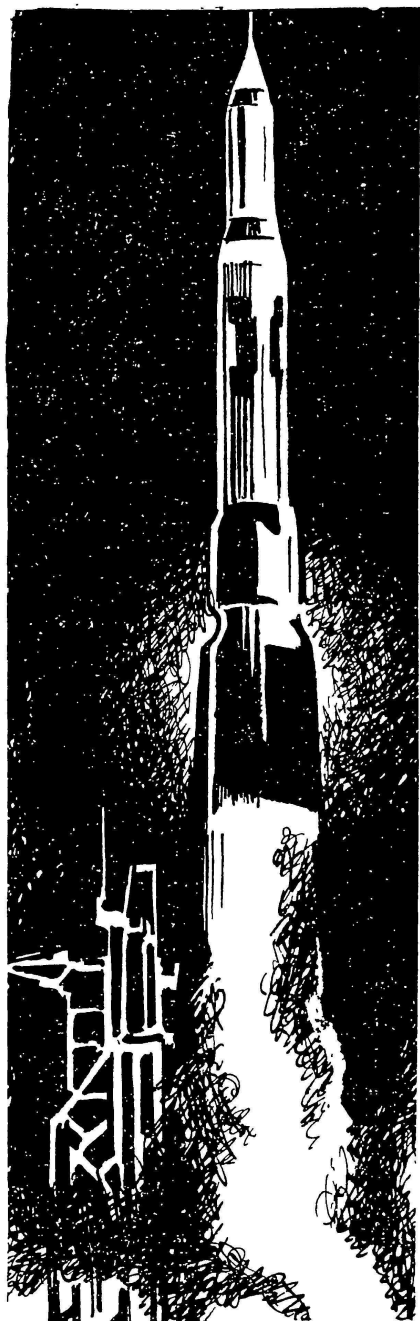
Космонавтика как форма человеческой деятельности в космосе (в самом широком понимании этих слов) имеет практически беспредельные возможности развития. И в конце концов главным стимулом всех этих грандиозных дел было, есть и останется одно — необходимость познания окружающего нас бесконечного мира для успешного решения практических задач, которые ставит и всегда будет ставить перед собой человечество.

---

## Во власти тяготения

Тяготение приковывает нас к Земле, мешая свободно отправиться в межпланетное путешествие. Сетовать на это, конечно, не приходится — не будь тяжести, мир был бы совсем иным, и, вероятно, таким живым существам, какие нам ныне известны, существовать, вся биологическая структура которых определяется гравитацией, в нем не нашлось бы места.

Взаимное притяжение всех тел — факт, не вызывающий каких-либо сомнений. Закон всемирного тяготения, сформулированный в XVIII веке Исааком Ньютоном, дает количественную характеристику этому факту. Но этот закон — не объяснение, а



описание явлений. Природа тяготения — гравитации — еще остается невыясненной.

Существуют ли гравитоны, эти своеобразные кванты, «порции» тяготения? Как распространяется тяготение — мгновенно, со скоростью света или с какой-либо иной, весьма большой скоростью? Можно ли чем-нибудь «заслониться» от тяготения? Изменяется ли во времени гравитационная постоянная?

Мы перечислили только некоторые из вопросов, на которые пока нет определенного ответа. Впрочем, для нужд современной космонавтики все эти весьма интересные теоретические проблемы не имеют решающего практического значения. Тот раздел космонавтики, который изучает движение искусственных небесных тел под действием гравитации (мы имеем в виду астродинамику), опирается на закон всемирного тяготения как неоспоримый факт, реальность которого бесспорна. В какой мере теория гравитации может использоваться в космонавтике будущего — об этом мы еще поговорим, пока же предлагаем читателю небольшой экскурс в область астродинамики.

## Можно ли преодолеть тяготение?

Часто говорят, что для космического полета необходимо преодолеть земное тяготение, а о КА, вышедшем на заданную орбиту, добавляют, что он «преодолеет» узы гравитации. Правильны ли эти утверждения?

Закон всемирного тяготения гласит, что две материальные точки\* притягивают друг друга с силой  $F$ , пропорциональной произведению их масс  $m_1$  и  $m_2$  и обратно пропорциональной квадрату расстояния  $r$  между ними:

$$F = f \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

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

Обратите внимание: сила  $F$  существует всегда, независимо от того, движутся друг относительно друга или по-

---

\* Разъяснение термина «материальная точка» см. в следующей главе.

коя́тся материальные то́чки с массами  $m_1$  и  $m_2$ . И еще: при любом расстоянии  $r$  сила  $F$  остается отличной от нуля.

Отсюда неизбежно следует, что поле тяготения (т. е. область пространства, где существует тяготение) данного тела распространяется на всю бесконечную Вселенную. Если справедливо положение, что гравитационное поле есть материальное продолжение данного тела (а иная точка зрения вряд ли возможна), то любое из тел, теоретически говоря, занимает ничем не ограниченное пространство. Накладываясь друг на друга, гравитационные поля бесчисленных тел космоса образуют бесконечно сложную мозаику «офизиченного» пространства.

«Когда я поднимаю руку, то отклоняю Луну с ее пути», — это заявление одного из знаменитых астрономов вовсе не пустые слова. Подняв руку, мы изменили положение центра тяжести Земли, что повлекло за собой строго говоря, изменение движения всех небесных тел. Конечно, эти изменения ничтожно малы, неосязаемы в практическом отношении, но они, безусловно, существуют.

Преодолеть тяготение, уйти от тяготения невозможно. Притяжение Земли будет преследовать нас всюду, где бы мы ни оказались. На любой КА всегда действует гравитационное поле Земли, где бы ни совершал он свой полет. То же можно сказать и о воздействии на него гравитационных полей всех других космических тел.

Но если гравитация в буквальном смысле слова вседуща, то можно ставить задачу иначе: не преодолеть тяготение (что невозможно), а использовать его так, чтобы космический полет летательного аппарата стал возможным. Именно в этом и состоит главная задача астродинамики.

И все-таки в космонавтике распространены выражения «сфера притяжения» и «сфера действия» данного космического тела. Что они означают?

Представьте себе Землю и Луну. Известно, что масса Луны в 81 раз меньше массы Земли, а расстояние между их центрами составляет в среднем 384 000 км.

Если взять искусственный спутник (или любой другой предмет) и перемещать его от Земли к Луне по прямой, соединяющей их центры, то в конце концов можно достичь «нейтральной» точки, в которой Земля и Луна будут

притягивать спутник в разные стороны, но с одинаковой силой.

Несложными расчетами можно доказать, что таких точек будет бесчисленное множество и что они образуют в мировом пространстве некоторую сферу радиуса 43 000 км, заключающую внутри себя Луну. Заметьте, что центр этой сферы не совпадает с центром Луны — он лежит на прямой, соединяющей центры Земли и Луны, и смещен на 4500 км в сторону, противоположную направлению к Земле. Вот эта сфера и называется «сферой притяжения» Луны. Внутри нее — «царство Луны», где лунное притяжение преобладает над земным. Вне ее — «царство Земли», где главенствует гравитационное поле нашей планеты.

На поверхности сферы притяжения всюду — равенство сил. Однако во всех точках пространства действуют оба гравитационных поля — Земли и Луны.

Совершенно таким же образом можно определить сферы притяжения любой пары небесных тел, например Земли и Солнца. В этом случае радиус сферы притяжения Земли равен 260 000 км (рис. 1).

Читатель, конечно, понимает, что, вылетев за пределы сферы притяжения Земли, мы вовсе не теряем с ней гравитационной связи.

Несколько иной смысл имеет космонавтический термин «сфера действия».

Вообразите себе такую обстановку: с Земли запущена автоматическая межпланетная станция (АМС) и мы рассматриваем воздействие на нее только Земли и Солнца. Если бы Солнце не существовало, АМС двигалась бы относительно Земли с некоторым ускорением  $a_1$ . На самом деле этого нет, и Солнце искажает («возмущает») движение АМС, сообщая ей дополнительное ускорение  $\Phi_1$ . Очевидно, что дробь  $\frac{\Phi_1}{a_1}$  показывает, какую долю основного ускорения  $a_1$  составляет  $\Phi_1$ , вызванное возмущающим телом — Солнцем.

Теперь обратим задачу — будем считать «основным» телом Солнце, а «возмущающим» — Землю. Для этого варианта получим соответствующую дробь  $\frac{\Phi_2}{a_2}$ , где  $\Phi_2$  и  $a_2$  — соответствующие ускорения, создаваемые Землей и Солнцем. А теперь можно сформулировать такое опре-

деление: сферой действия Земли относительно Солнца называется область мирового пространства, в которой удовлетворяется условие  $\frac{\Phi_1}{a_1} < \frac{\Phi_2}{a_2}$ .

Физический смысл ясен: внутри сферы действия Земли целесообразнее главным телом считать Землю, а возму-

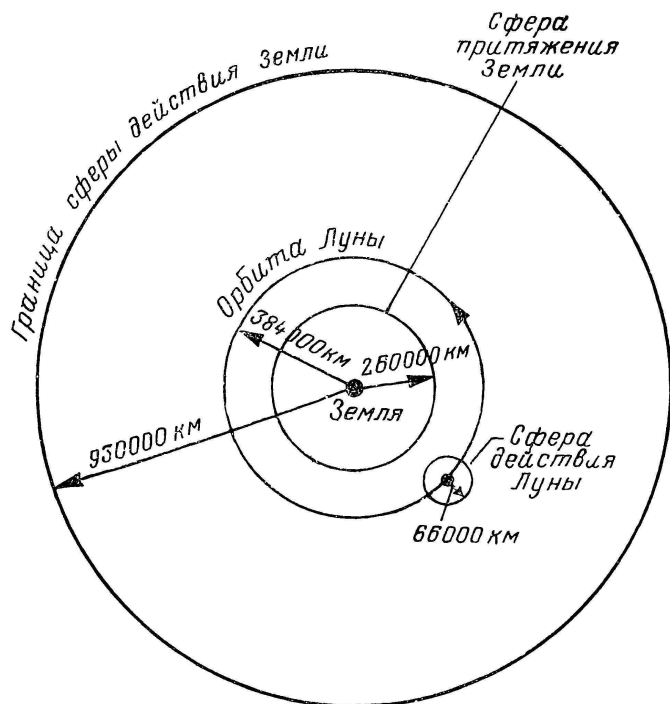


Рис. 1. Сфера притяжения Земли и сферы действия Земли и Луны

щающим — Солнце. Для вычисления траектории КА учитывать это очень важно.

В отличие от шарообразной сферы притяжения, сфера действия — весьма сложная дынеобразная поверхность, которую только приближенно можно рассматривать как слегка вытянутую сферу. Правда, если отношение масс основного тела к возмущающему мало, сфера действия почти не отличается от сферы с центром, совпадающим с центром масс меньшего тела.

Сфера действия Земли (относительно Солнца) имеет радиус, близкий к 930 000 км. Значит, она охватывает и Луну вместе с ее сферой действия (относительно Земли). Из других планет Солнечной системы самой большой сферой действия обладает Нептун (радиус сферы 90 млн. км), самой маленькой — Меркурий (радиус сферы 110 000 км).

Как убедился читатель, и сфера притяжения, и сфера действия — лишь некоторые условные понятия, вовсе не влияющие на то бесспорное заключение, что преодолеть тяготение нельзя. Но, конечно, улететь безвозвратно с Земли в пассивном полете (т. е. после выключения двигателей) можно, и в этом смысле тяготение преодолимо.

## **Мы живем на «материальной точке»**

Стоит уточнить понятие «материальная точка», очень важное в астродинамике. В строгой формулировке закона всемирного тяготения говорится о взаимном притяжении не тел, а «материальных точек». Есть ли здесь разница? Оказывается, есть и притом весьма существенная.

Материальной точкой называется тело таких размеров, которыми можно пренебречь по сравнению с расстояниями в данной задаче.

Разъясним суть этого определения. Вычисляя, скажем, земную орбиту, мы можем пренебречь размерами Земли и Солнца, потому что эти размеры очень малы по сравнению с расстояниями между этими телами (149,6 млн. км). Пренебрегая размерами, мы при этом, разумеется, не пренебрегаем массами Земли и Солнца, а мыслим их сосредоточенными в геометрических точках — их центрах.

Но вот другая задача — расчет близкой к Земле орбиты ИСЗ. При точных расчетах подобного рода пренебрегать размерами и формой Земли уже нельзя — эти размеры вполне сравнимы с расстояниями от центра Земли до спутника. Приходится учитывать в такой задаче не только форму Земли, но и распределение в ней массы — мыслить эту массу сосредоточенной в центре нашей планеты уже невозможно. Здесь, правда, нужна оговорка. Представьте себе шарообразное тело, внутри которого плотность вещества зависит только от расстояния до его центра. Нетрудно сообразить, что такое тело будет слоистым, разделенным на слои разной плотности. Легко доказать,

что такое тело, невзирая на его размеры, можно рассматривать как материальную точку — иначе говоря, мыслить всю его массу сосредоточенной в его геометрическом центре.

Крупные небесные тела — Солнце, планеты, наибольшие из их естественных спутников — обладают распределением плотностей, близким к сферическому. Говоря проще, они напоминают нам воображаемый, расслоенный на «сферы» шар. Поэтому при вычислении грубо приближенных орбит, даже близких ИСЗ, массу нашей планеты можно считать полностью сосредоточенной в ее центре.

Выходит, что «материальная точка» — понятие относительное. Одно и то же тело (например, Земля) в одних задачах считается материальной точкой, а в других телом, для которого приходится учитывать всю сложность его формы, состава и строения.

Закон тяготения в приведенной выше форме верен только для материальных точек. Силу взаимного притяжения любых тел по такой простой формуле вычислить нельзя.

Забавно все-таки, что в некотором смысле мы живем... на точке, хотя бы и материальной!

## Ньютон и космонавтика

В главном творении Исаака Ньютона, его книге «Математические принципы натуральной философии», опубликованной в 1687 г., 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 увеличить и дальность полета и уменьшить 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» (рис. 2).

Вчитайтесь внимательно в этот несколько старомодный текст и вы убедитесь, что перед вами — первый в

истории проект создания искусственного спутника Земли. Почти триста лет назад, когда самым быстрым способом передвижения считался дилижанс, гений Ньютона предвидел одно из самых замечательных достижений современной техники.

Более того, в той цитате, которую мы привели, говорится не только об искусственном теле (ядре), которое можно заставить «окружить всю Землю». По существу, в

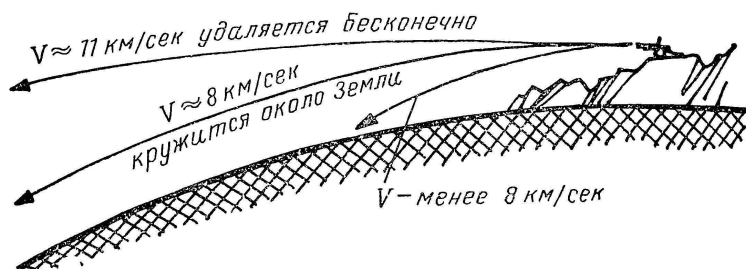


Рис. 2. Задача о Ньютоновой горе

этой знаменитой «задаче о Ньютоновой горе» сформулированы самые основы небесной механики и астродинамики. При достаточно большой скорости «свинцовое ядро» уйдет в небесное пространство, а значит, принципиально говоря, оно сможет достичь небесных тел.

В задаче Ньютона ядро и земной шар считаются материальными точками, между которыми вначале (т. е. до выстрела) расстояние равно радиусу Земли. Допустим, что воображаемому ньютонову артиллеристу удалось заставить ядро «окружить Землю». Иначе говоря, ядро превратилось в ИСЗ и приобрело при этом круговую орбиту. Чему равна скорость ядра?

Проведем несложные расчеты. Пусть масса ядра равна  $m$ , ускорение силы тяжести  $g$ , радиус земного шара  $R$ , а скорость самого ядра, превратившегося в ИСЗ, будет  $v$ . Так как сопротивление воздуха по условиям задачи отсутствует, единственной силой, определяющей движение ИСЗ, будет центростремительная сила  $\frac{mv^2}{R}$  (высота горы исчезающе мала по сравнению с радиусом Земли, и ее мы не учитываем). Но ведь эта центростремительная