

**М.Н. Авилов**

**Модели ракет**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 621  
ББК 34.4  
М11

М11

**М.Н. Авилов**

Модели ракет / М.Н. Авилов – М.: Книга по Требованию, 2021. – 70 с.

**ISBN 978-5-458-25288-1**

Книга вводит читателя в круг общих вопросов ракетной техники и знакомит с принципами устройства и действия современных ракет. В ней читатель найдет достаточно подробное изложение вопросов, связанных с летными свойствами и проектированием моделей ракет. В книге даются практические рекомендации, расчетные формулы и графики для определения основных конструктивных элементов моделей ракет, а также высоты и скорости их полета. Для наглядности расчеты иллюстрируются конкретными числовыми примерами

**ISBN 978-5-458-25288-1**

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2021

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, кляксы, 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.



в заданном направлении; какой высоты и скорости может достигнуть модель ракеты, и другие. На эти вопросы читатель найдет ответ, прочитав книгу, а также сможет познакомиться с основами устройства и управления большими ракетами.

## **РЕАКТИВНАЯ СИЛА И РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ**

Первые заметные шаги в освоении космического пространства были сделаны с помощью ракетного двигателя. Поэтому познакомимся с основами устройства и работы ракетных двигателей.

### **РЕАКТИВНАЯ СИЛА**

с запуска ракеты довольно просто. Под действием двигателя ракета начинает свой полет  
Сильно медленно, а затем постепенно увеличивает скорость. Установим, как же возникает сила тяги.

Представим себе закрытый со всех сторон сосуд (рис. 1). Поместим в него некоторое количество горючего вещества, например пороха, подожжем его и посмотрим, что произойдет. При сгорании пороха образуется газ, который стремится расширяться и занять больший объем, чем занимал до воспламенения сам порох. Вследствие того что газы начинают давить с одинаковой силой на все стенки сосуда, он остается неподвижным (рис. 1,а). Теперь сделаем в стенке сосуда отверстие. Через него с большой скоростью начнут выходить пороховые газы, из-за чего сила, действующая на эту стенку, станет меньше, так как ее площадь стала меньше площади противоположной стенки. Появится разность сил, которая и представляет собой силу тяги (рис. 1,б).

Если мы осуществим этот эксперимент в атмосфере, то из-за противодействия атмосферы выходу газов получим несколько меньшую силу тяги, чем в безвоздушной среде.

Сила тяги ракетного двигателя возникает вследствие выбрасывания из него массы газообразных продуктов сгорания, т. е. является реактивной силой. Природа ее та же, что и природа силы толчка в плечо, ощущаемого стрелком при выстреле из винтовки. Только выбрасываемой массой в этом случае является масса пули и пороховых газов.



Рис. 1. Горение пороха в сосуде:  
а — закрытом; б — открытом

Величина реактивной силы зависит не только от выбрасываемой массы, но и от скорости, с которой выбрасывается. Это обстоятельство отражено в формуле, которая показывает зависимость реактивной силы от скорости истечения газов  $V_s$  и выбрасываемой в единицу времени массы  $m_c$ . Эта формула выглядит так:

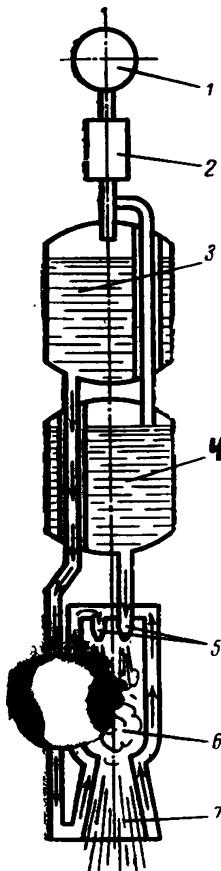
$$P = V_s \cdot m_c,$$

т. е. реактивная сила равна произведению скорости истечения газов, умноженной на массу, выбрасываемую в одну секунду. Реактивную силу можно увеличить, если увеличить скорость истечения газов или выбрасываемую массу. В технике используются обе возможности.

Говоря о реактивных двигателях, следует различать воздушно-реактивные и ракетные двигатели.

**Воздушно-реактивные** двигатели питаются горючим, имеющимся на борту летательного аппарата, а в качестве окислителя для этого горючего используется атмосферный кислород. Работа такого двигателя зависит от окружающей среды, и его нельзя использовать в безвоздушном пространстве.

**Ракетные** двигатели имеют горючее и окислитель



на борту самой ракеты. Поэтому их работа не зависит от окружающей среды.

К недостаткам ракетных двигателей, не позволяющим использовать их в авиации в качестве основного источника тяги, относится большой вес топлива, вызванный необходимостью иметь на борту летательного аппарата и горючее и окислитель.

### УСТРОЙСТВО РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В зависимости от используемых топлив ракетные двигатели подразделяются на два основных типа:

— жидкостные (ЖРД), в которых компоненты топлива до поступления в камеру сгорания находятся в жидком состоянии;

— на твердом топливе (РДТТ), в которых компоненты топлива до начала химической реакции находятся в твердом состоянии.

Топливо подавляющего большинства ракетных двигателей состоит из двух компонентов — окислителя и горючего, — которые размещаются в ба-

Рис. 2. Жидкостный ракетный двигатель с баллонной вытеснительной подачей топлива:

1 — баллон со сжатым газом; 2 — редуктор; 3 — бак горючего; 4 — бак окислителя; 5 — форсунки; 6 — камера сгорания двигателя; 7 — сопло

ках, занимающих большую часть объема ракеты (рис. 2). В камеры сгорания топливо подается под давлением, создаваемым баллонами со сжатым воздухом или насосами.

Впрыскиваемое в камеру сгорания через форсунки (см. рис. 2 и 3) топливо распыляется, благодаря чему происходит смешивание компонентов. Затем топливо воспламеняется. При горении химическая энергия преобразуется в тепловую. Основная часть тепла, выделен-

ного в камере сгорания двигателя, превращается непосредственно в энергию истекающих из сопла газов — силу тяги.

При сгорании топлива в камере ракетного двигателя выделяется большое количество тепла. Поэтому камеру и сопло двигателя делают с двойными стенками. Основная масса горючего, прежде чем попасть к форсункам, попадает в пространство, образованное двойными стенками камеры и сопла (см. рис. 2 и 3), и охлаждает их.

Существуют две системы подачи топлива — вытеснительная (см. рис. 2) и насосная (см. рис. 3). Первая более простая и применяется в двигателях сравнительно небольших ракет, вторая — в двигателях ракет дальнего действия. При вытеснительной подаче компоненты топлива подаются в камеру сгорания при помощи сжатого газа, поступающего через редуктор в топливные баки. Редуктор обеспечивает постоянство давления в топливных баках и равномерную подачу топлива в камеру сгорания.

В этом случае в баках ракеты уста-

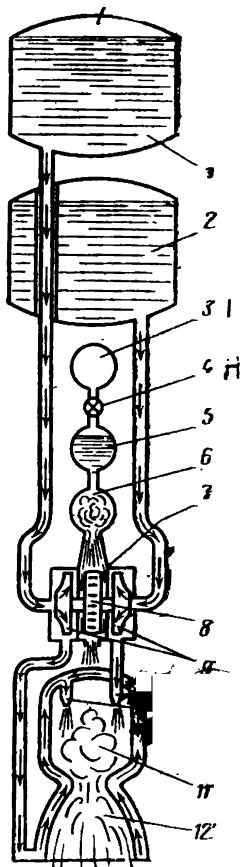


Рис. 3. Жидкостный ракетный двигатель с насосной подачей топлива:

1 — бак горючего; 2 — бак окислителя; 3 — баллон со сжатым газом; 4 — вентиль; 5 — резервуар для перекиси водорода; 6 — парогазогенератор; 7 — турбонасосный агрегат; 8 — турбина; 9 — насосы; 10 — форсунки; 11 — камера сгорания двигателя; 12 — сопло

нявливается большое давление, поэтому они должны быть достаточно прочными. Это увеличивает вес конструкции, что является недостатком всех вытеснительных систем подачи топлива. Значительным оказывается и вес газа, необходимый для выдавливания всего топлива, что особенно заметно у больших ракет. Для них более выгодна насосная система подачи (рис. 3). Она выгодно отли-

чается от вытеснительной сравнительно низким давлением в баках, необходимым лишь для обеспечения надежной работы насосов.

Для ЖРД обычно применяют насосы центробежного типа, которые имеют при малых размерах большую производительность и обеспечивают высокое давление.

Наиболее удобный двигатель для вращения таких часов — турбина. Таким образом, получается единая

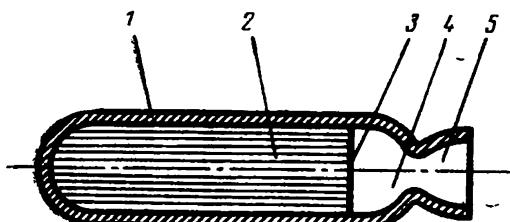


Рис. 4. Ракетный двигатель на твердом топливе:  
1 — корпус двигателя;  
2 — твердое топливо;  
3 — поверхность горения;  
4 — камера сгорания;  
5 — сопло

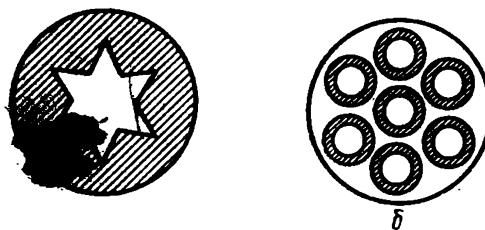


Рис. 5. Формы заряда порохового ракетного двигателя:  
а — с фигурым внутренним каналом, горящим изнутри;  
б — многошашечный, шашки которого горят изнутри и снаружи

машина, объединяющая турбину и необходимое число насосов (см. рис. 3). Эта машина получила название турбонасосного агрегата (ТНА).

Для работы турбины необходим газ или пар, находящийся под высоким давлением, который обычно получают путем разложения перекиси водорода в специальном реакторе (парогазогенераторе). Образующаяся при разложении перекиси нагретая смесь кислорода и паров воды (так называемый парогаз) обеспечивает работу турбины.

Как видим, ЖРД представляет собой сложную систему различных агрегатов и устройств.

Ракетные двигатели на твердом топливе (РДТТ) значительно проще жидкостных.

На рис. 4 показан ракетный двигатель на твердом

топливе. Для его нормальной работы сгорание топлива должно происходить так, чтобы поверхность горения перемещалась вдоль оси двигателя с постоянной скоростью и давление в камере сгорания оставалось постоянным. При этих условиях тяга двигателя будет оставаться постоянной в течение всего времени его работы.

Если же нужно увеличить тягу (за счет уменьшения времени горения), то увеличивают поверхность горения (рис. 5).

Обычно у РДТТ стенки камеры сгорания и сопла не охлаждаются. При малом времени горения заряда они не успевают сильно нагреться и сохраняют свою прочность.

## УСТРОЙСТВО И ПОЛЕТ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ РАКЕТЫ

Баллистической называется ракета, основная часть дальности полета которой обеспечивается скоростью, приобретенной на активном участке — движении с работающим двигателем. Траектория тела, брошенного под углом к горизонту, называется баллистической. ~~Позади~~ она получила название и ракета.

### НАЗНАЧЕНИЕ РАКЕТ

Форма ракеты, ее размеры и устройство определяются задачами, которые на нее возлагаются.

По назначению ракеты делятся на следующие:

- малой, средней и большой дальности действия;
- зенитные;
- авиационные;
- метеорологические и геофизические.

Ракеты малой дальности пролетают до 50 км и обычно делаются неуправляемыми. Топливом для них служат специальные пороха, представляющие разновидность твердого топлива. Пример такого вида ракет — наши гвардейские минометы, применявшиеся во время Великой Отечественной войны, любовно прозванные в народе «катюшами».

Ракеты средней дальности пролетают свыше 100 км.

Ракеты большой дальности полета, превышающей 6—8 тысяч км, называются межконтинентальными.

Чем больше дальность, тем тяжелее ракета и больше ее размеры.

Стартовый вес ракет средней дальности измеряется тоннами, а межконтинентальных ракет — десятками тонн. Вес боевого заряда колеблется от сотен килограммов до нескольких тонн.

Ракеты средней и большой дальности имеют специальную систему управления.

Зенитные ракеты являются средством противовоздушной обороны. Они предназначены для борьбы с авиацией и бывают как управляемые, так и неуправляемые.

Авиационные ракеты применяются для стрельбы с самолетов по наземным и воздушным целям. Они также могут быть управляемыми и неуправляемыми.

Метеорологические и геофизические ракеты используются для исследования земной атмосферы и близлежащего космического пространства. Полет геофизических ракет с животными и научной аппаратурой с последующим их спасением стал начальным этапом решения проблем полета человека в космос.

Ракеты военного назначения часто разделяются на классы: «земля — земля», «земля — воздух», «воздух — воздух», «вода — воздух» и другие. Первое слово обозначает местоположение точки старта, а второе слово — место, где расположена поражаемая цель.

Управляемые ракеты снабжены приборами, реагирующими на положение ракеты в пространстве и находящимися на борту ракеты или на борту и на земле, если ракеты управляются с земли. У неуправляемых ракет предусматривается аэродинамическая стабилизация при помощи хвостового оперения.

На каждой ракете есть отсек для размещения полезного груза. Если ракета военного назначения, то это, как правило, боевой заряд. Если ракета предназначена для исследовательских целей, то полезный груз — измерительная аппаратура и радиопередающие устройства.

Все части ракеты связаны воедино силовым корпусом, роль которого во многих случаях выполняют стенки топливных баков, а у ракет на твердом топливе — стенки камеры горения.

## УСТРОЙСТВО РАКЕТЫ

Примером простейшей баллистической ракеты может быть жидкостная ракета V-2. Ее устройство показано на рис. 6. Компоненты жидкого топлива в этой ракете состоят из разбавленного водой этилового спирта (горючее) и жидкого кислорода (окислитель).

Двигательная установка расположена в хвостовой части ракеты. Она состоит из двигателя 10 и турбонасосного агрегата 11, предназначенного для подачи компонентов топлива в камеру сгорания под высоким давлением. Турбонасосный агрегат приводится в действие продуктами разложения перекиси водорода, которые образуются в специальном парогазогенераторе 6.

К двигательной установке относятся также трубопроводы, устройства подачи компонентов топлива и т. п. Двигатель и его устройства крепятся на раме двигателя 2. Двигательная установка закрыта снаружи оболочкой хвостового отсека.

Сила тяги двигателей баллистических ракет превышает вес ракеты примерно в два раза и для ракеты V-2 составляет около 26 т. Время работы двигателя баллистических ракет обычно находится в пределах

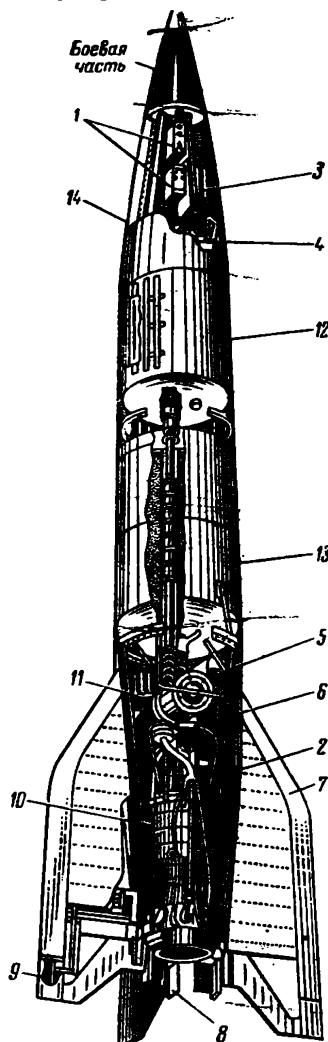
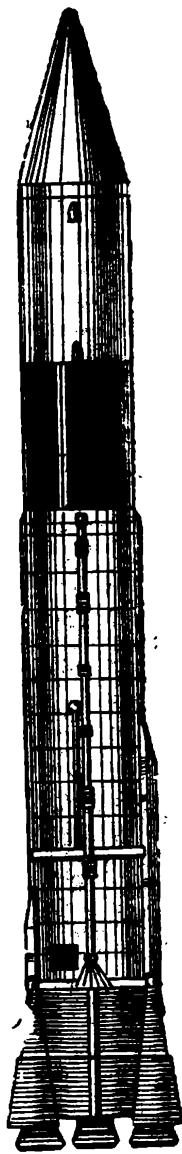


Рис. 6. Баллистическая ракета дальнего действия:

1 — приборы системы управления; 2 — рама двигателя; 3 — приборный отсек; 4 — гирокомпасные приборы; 5 — бак с перекисью водорода; 6 — парогазогенератор; 7 — стабилизатор; 8 — газотурбинные рули; 9 — воздушные рули; 10 — двигатель; 11 — турбонасосный агрегат; 12 — бак со спиртом; 13 — бак с жидким кислородом; 14 — корпус



лах 50—200 сек., а для ракеты V-2 оно равно 64 сек.

На ракете V-2 имеется два бэка: для опирта 12 и для жидкого кислорода 13.

Боевая часть занимает передний отсек ракеты. В ракете, предназначенный для исследований, боевую часть заменяют измерительной, регистрирующей и передающей аппаратурой.

Все основные части ракеты связаны силовым корпусом, который представляет собой жесткий каркас, обтянутый листовой сталью. Ракета имеет четыре стабилизатора 7, которые крепятся к обтекателю хвостового отсека.

Баллистические ракеты, как уже отмечалось, имеют систему управления, которая обеспечивает устойчивый полет по заданной траектории и выдает команду на выключение двигателя. В систему управления ракеты V-2 входят гироскопические приборы 4, расположенные в приборном отсеке 3, и другая аппаратура системы управления 1.

Рулевыми органами ракеты, которые приводятся в действие системой управления, являются газоструйные и воздушные рули. Газоструйные рули 8 располага-

---

Рис. 7. Общий вид баллистической трехступенчатой ракеты «Атлас»