



МОЛОДЕЖИ
О ВООРУЖЕННЫХ
СИЛАХ

Г.Ю. МАЗИНГ
**РАКЕТА
И ОРУДИЕ**

Г.Ю.МАЗИНГ

РАКЕТА
И
ОРУДИЕ



МОСИВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ СССР
1987

**ББК 68.9
М12**

**Рецензент доктор технических наук, Герой Социалистического Труда
Е. Б. Волков**

Мазинг Г. Ю.

**М12 Ракета и орудие.— М.: ДОСААФ, 1987.— 135 с.,
ил.— (Молодежи — о Вооруженных Силах).**

30 к.

В книге излагается краткая история ракеты и орудия, их применение в войнах прошлого, в борьбе нашего народа с иноземными захватчиками. Показывается, как в процессе длительного развития ракета и орудие приобрели современный вид и достигли показателей, которые определяют их роль и место в системе вооружения современных армий. Рассматриваются принципы устройства и особенности применения орудий и ракет различных классов и назначения.

Для широкого круга читателей.

1304040100—024

**М ————— 10—87
072(02)—87**

**ББК 68.9
355.9**

ВВЕДЕНИЕ

Ракета и орудие... Они пришли из глубины веков и являются старейшими огневыми средствами. На протяжении всей истории своего развития они были взаимно связаны, с одной стороны, дополняя друг друга в общей системе войскового вооружения, с другой — вступая подчас в острое соперничество. Такая сложная взаимосвязь по-разному сказывалась на отдельных этапах совершенствования ракеты и орудия, меняя оценку роли ракеты и орудия ведущими военными специалистами. Были времена, когда ракету, сопоставляя с орудием, рассматривали как отживший и бесполезный вид вооружения и предавали забвению. Затем, уже в наши дни, в связи с резко возросшим могуществом ракетной техники военные специалисты ряда стран стали смотреть на орудие как на громоздкое и устаревшее боевое средство.

В настоящее время установлено, что и ракета и орудие являются обязательными слагаемыми системы вооружения современных армий, решая каждое в своей области боевого применения специфические задачи.

Ракетное оружие стало основным видом вооружения современных армий, что объясняется его значительным превосходством. Ракета способна обеспечить большие дальности стрельбы, вплоть до межконтинентальных, сохранив высокую точность попадания, в отличие от авиации ракетное оружие всепогодно и мало уязвимо средствами ПВО. Большое его достоинство — возможность нанесения внезапных и массированных ударов, постоянная готовность к действию. Неизмеримо возросла роль ракеты с появлением термоядерного оружия. Она, как

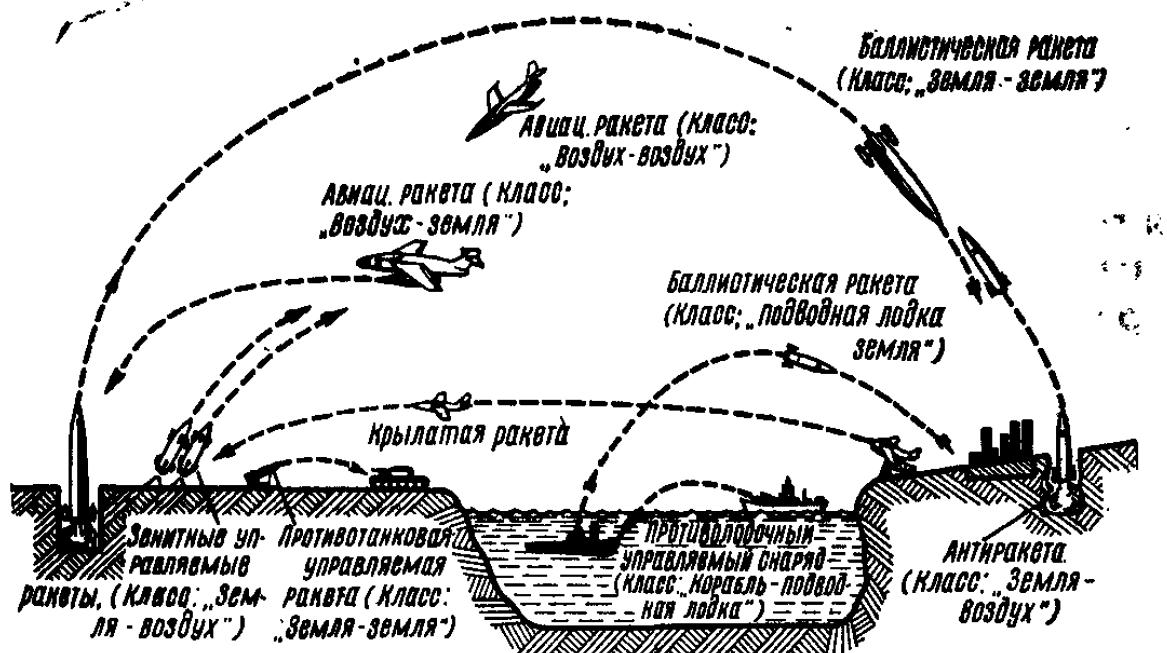


Рис. 1. Управляемые ракеты различных классов и траектории их полета

основное средство доставки ядерного заряда к цели, стала решающей силой в ведении боевых действий в современных условиях.

Такие специфические особенности ракеты, как малые ускорения при пуске, длительное время работы двигателя, возможность изменения его тяги позволили, используя соответствующую аппаратуру, управлять полетом ракеты.

Современные управляемые ракеты способны решать самые разнообразные боевые задачи. На рис. 1 представлены основные классы управляемых ракет в зависимости от целевого назначения и условий старта:

баллистические ракеты класса «земля — земля» с дальностью от нескольких сотен до десяти и более тысяч километров;

зенитные управляемые ракеты (ЗУР) «земля — воздух» для борьбы с воздушными целями;

авиационные ракеты «воздух — земля» для поражения наземных целей и «воздух — воздух» для поражения воздушных целей;

баллистические ракеты «лодка — земля», выпускаемые из подводной лодки по наземным целям;

крылатые ракеты с траекторией полета на небольшой высоте у поверхности земли;

антиракеты для перехвата и уничтожения баллистических ракет.

Несмотря на бурное развитие управляемых ракет в

области вооружения тактического назначения и неуправляемые боевые ракеты сохранили свои позиции. К их преимуществам относятся простота устройства, дешевизна изготовления, простота обслуживания, высокая боевая готовность. Основные виды таких ракет:

ракеты ближнего боя (противотанковое оружие);

ракеты непосредственной поддержки пехоты к ракетным системам залпового огня (РСЗО);

ракеты для поражения целей в тактической глубине обороны противника с дальностью 50...60 км.

Неуправляемые ракеты состоят также на вооружении авиации и военно-морского флота.

Достойное место в системе вооружения современных армий занимает и артиллерийское орудие. К его преимуществам относят:

высокую точность стрельбы;

высокую готовность к открытию огня и гибкость управления огнем;

высокую надежность и экономичность (малый расход пороха по сравнению с ракетой на ту же дальность).

Все это делает орудие незаменимым средством обеспечения боевых действий войск в непосредственном соприкосновении с противником.

По целевому назначению артиллерия подразделяется на наземную, зенитную, авиационную, береговую и корабельную. Наземную и зенитную артиллерию сухопутных войск обычно называют полевой артиллерией.

Вследствие ограниченного объема этой книги в ней рассматриваются вопросы развития и применения только полевой артиллерии. Однако они в значительной мере отражают основные пути развития и артиллерии других родов войск.

Оценка боевых свойств артиллерийского орудия производится прежде всего на основании таких показателей, как калибр, могущество действия снаряда у цели, дальность стрельбы, точность попадания в цель, скорострельность и подвижность.

Калибром орудия называют диаметр канала ствола. Чем больше калибр, тем больше масса выпускаемого снаряда; тем выше, при прочих равных условиях, могущество его действия у цели.

Точность попадания в цель складывается из меткости стрельбы и кучности боя орудия. Меткость зависит от мастерства стреляющего, от совершенства прицельных

приспособлений и приборов управления огнем, кучность же — свойство орудия. Снаряды, выпущенные из орудия на одной и той же установке прицела, на местности рассеиваются по площади, образуя так называемый эллипс рассеивания. Чем меньше рассеивание, тем выше кучность, тем меньше времени и снарядов нужно для поражения цели. Причины, определяющие рассеивание артиллерийских снарядов и неуправляемых ракет, будут рассмотрены ниже.

Скорострельность определяется наибольшим количеством выстрелов в одну минуту, производимых без изменения наводки. Этот показатель приобретает особое значение при стрельбе по подвижным целям (самолеты, танки).

Подвижность артиллерийской системы зависит как от средств транспортировки (тяги), так и от массы самого орудия, от конструкции его лафета. Уменьшение массы благоприятно сказывается на подвижности орудия, а также на возможности его транспортировки по воздуху.

Часто говорят: старое изучаем — новое творим. Действительно, нельзя понять настоящее, не зная прошлого. Чтобы уяснить, каким образом орудие и ракета достигли современного уровня технического совершенства, необходимо проследить, как развивались они с первых дней своего существования, как по мере развития военной техники расширялись их функции, открывались новые области использования.

В развитии любого направления техники периоды постепенных усовершенствований перемежаются переворотами, в корне меняющими лицо данной отрасли. Не представляет исключения из этого правила и развитие ракетно-артиллерийского вооружения.

Современный научно-технический прогресс открывает широкие возможности дальнейшего совершенствования ракеты и орудия. Но для того чтобы поиски нового шли успешно, необходимо четко представлять закономерности, лежащие в основе их развития.

Изучение истории артиллерийской техники имеет и другую цель. Разве не интересно знать, каким оружием наши предки отстаивали честь и независимость нашей Родины от посягательств захватчиков? Как это оружие они применяли в бою? Как при появлении новых видов вооружения всякий раз создавались новые средства бо-

рьбы с ними? При этом основная тяжесть решений обычно возлагалась на орудие и ракету.

Благодаря неустанным заботам Коммунистической партии и Советского правительства наши Вооруженные Силы обеспечены первоклассными образцами ракетной и артиллерийской техники, опытными и преданными Родине военными кадрами. Вместе с воинами других родов войск ракетчики и артиллеристы бдительно стоят на страже мира и безопасности нашей Родины.

Автор выражает искреннюю благодарность Герою Социалистического Труда, доктору технических наук, профессору Е. Б. Волкову за ценные замечания, сделанные при рецензировании книги, а также полковнику В. С. Мельникову за большую помощь в подготовке рукописи к печати.

Глава I. **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАКЕТЕ И ОРУДИИ**

1. ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ДАЛЬНОСТЬ СТРЕЛЬБЫ?

Если бы воздух не оказывал сопротивления движущимся в нем телам, то дальность полета снаряда, выпущенного с начальной скоростью V_0 под углом к горизонту Θ_0 , можно было бы определить по известной из механики формуле:

$$X = \frac{V_0^2 \sin 2\Theta_0}{g}, \quad (1)$$

где Θ_0 — угол бросания (угол между горизонтом и направлением скорости снаряда в точке вылета);

g — ускорение силы земного тяготения.

Изменяя угол бросания Θ_0 , можно менять дальность полета. Максимальная дальность достигается при угле бросания $\Theta_{max} = 45^\circ$, называемом углом максимальной

дальности. При этом угле $X_{max} = \frac{V_0^2}{g}$ или приближенно $X_{max} \approx 0,1 V_0^2$.

В действительности же на снаряд действует сила сопротивления воздуха, величина которой зависит от ряда причин. И прежде всего от того, насколько форма снаряда является обтекаемой, т. е. от его аэродинамического качества. Она возрастает пропорционально площади поперечного сечения снаряда S (рис. 2). С ростом скорости полета сила сопротивления воздуха также резко увели-

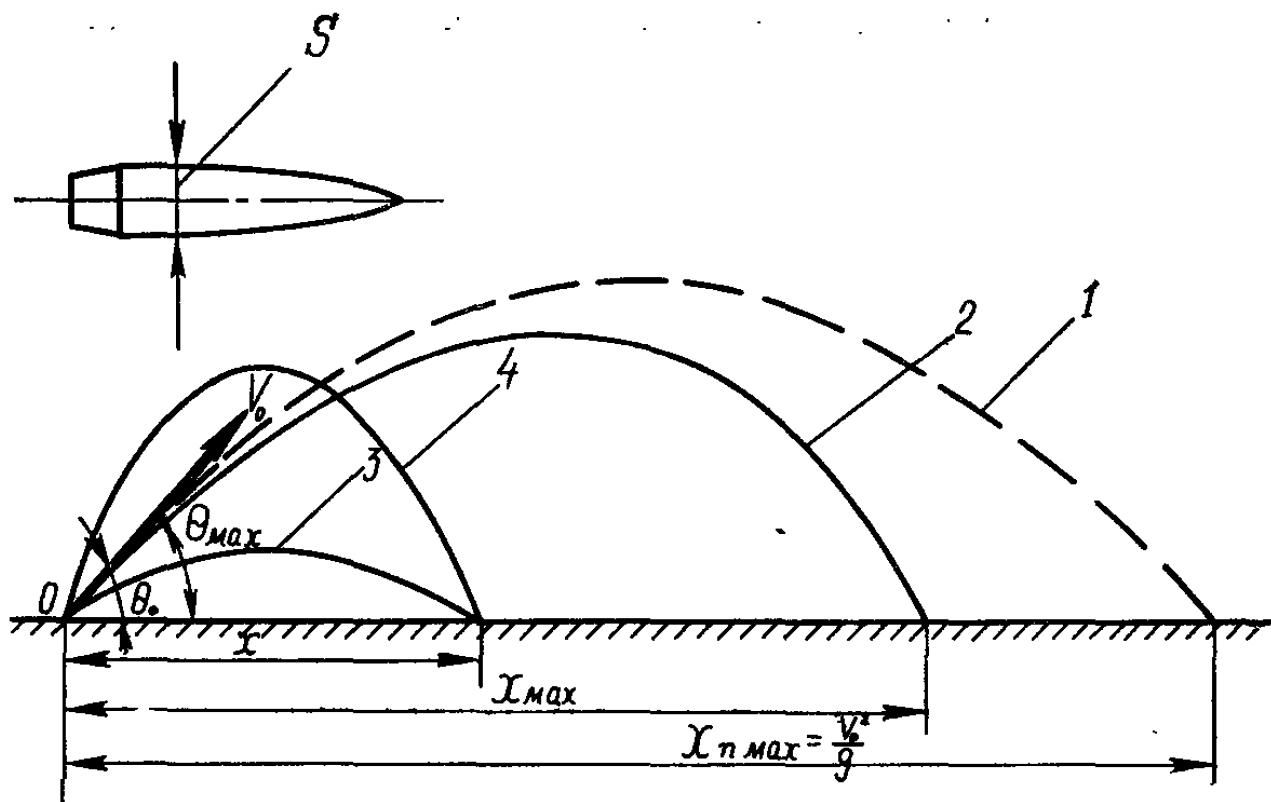


Рис. 2. Траектории артиллерийского снаряда:

1 — в пустоте при $\theta_0 = 45^\circ$; 2 — в атмосфере при $\theta_0 = \theta_{0\max}$; 3 — настильная ($\theta_0 < \theta_{0\max}$); 4 — навесная ($\theta_0 > \theta_{0\max}$)

чивается. Например, если 76,2-мм снаряд движется со скоростью 250 м/с, то сила сопротивления воздуха составляет около 20 Н, а при скорости полета 700 м/с она возрастает до 400 Н, т. е. в 20 раз. При больших скоростях сила сопротивления воздуха во много раз больше силы тяжести движущегося тела. Так, на скорости 700 м/с для 76,2-мм дальнобойной гранаты сила сопротивления превосходит ее силу тяжести более чем в 8 раз, а для 7,62-мм пули — в 42 раза!

Как это сказывается на дальности полета? Для 76-мм снаряда максимальная дальность стрельбы в воздухе оказывается в 3,6 раза меньше, чем в безвоздушном пространстве, а для 7,62-мм пули — меньше в 8 раз.

Большое влияние на дальность оказывает так называемая поперечная нагрузка — отношение массы снаряда к площади его поперечного сечения. Чем она больше, тем меньше отношение силы сопротивления воздуха к массе тела, тем меньше ее отрицательное ускорение, тем больше дальность полета.

Если рассматривать снаряды одинаковой формы, но разного калибра, то их массы с ростом калибра будут увеличиваться пропорционально кубу калибра, т. е. в такой степени, в которой возрастает их объем. Попереч-

ное же сечение снаряда возрастает пропорционально квадрату калибра, следовательно, поперечная нагрузка должна увеличиваться пропорционально калибру. Снаряд большего калибра при одинаковой начальной скорости будет в меньшей степени испытывать тормозящее действие сопротивления воздуха, и дальность полета его будет выше, что видно из приведенного сравнения относительной потери дальности для снаряда и пули.

Примерный вид траектории снаряда в безвоздушном пространстве и в атмосфере показан на рис. 2. Угол максимальной дальности Θ_{\max} при стрельбе в атмосфере несколько отличается от 45° , но близок к нему.

Если стрельба ведется на дальности меньше максимальной, заданная дальность может быть получена при стрельбе как под углом $\Theta_0 < \Theta_{\max}$, так и под углом $\Theta_0 > \Theta_{\max}$. В первом случае траектория получается настильной (настильная стрельба), во втором — навесной (навесная или мортирная стрельба).

Выбор угла Θ_0 определяется характером цели. При стрельбе по открытой цели, например по танкам, применяется настильная стрельба, по целям, расположенным на обратных скатах местности, в траншеях и укрытиях, — навесная стрельба.

Орудие, предназначенное для настильной стрельбы, называется пушкой, а для навесной — гаубицей. Орудие с очень большой крутизной траектории носит название мортиры.

Наибольшая эффективность стрельбы по подвижным целям (танки, бронетранспортеры) достигается в том случае, когда высота траектории снаряда над землей находится в пределах высоты цели. Максимальную дальность, при которой высота траектории не превышает высоту цели, называют дальностью прямого выстрела. Приближенно ее можно определить по формуле

$$X_{\text{пр}} = V_0 \sqrt{\frac{8h}{g}},$$

где h — высота цели, м.

При высоте цели 2..3 м получаем $X_{\text{пр}} = (1,25..1,55)V_0$. Таким образом, дальность прямого выстрела для заданного типа цели определяется начальной скоростью снаряда.

А теперь рассмотрим траекторию полета ракеты

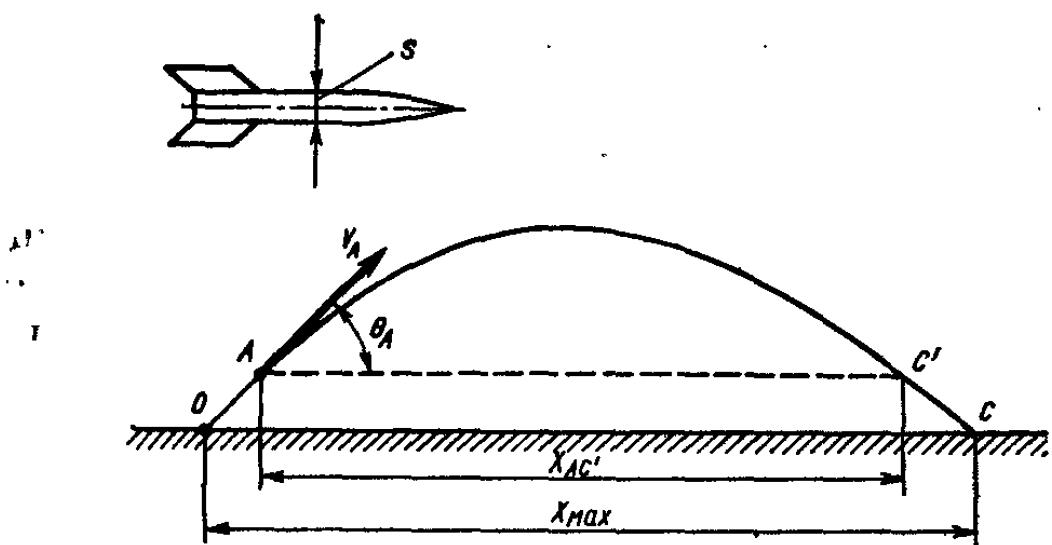


Рис. 3. Траектория ракеты:

OA — активный участок; AC — пассивный участок

(рис. 3). Будем полагать, что ракета неуправляемая. Особенности же траектории управляемой ракеты будут рассмотрены в гл. VI, VII, VIII. С момента включения двигателя ракета под действием тяги начинает движение по направляющей пускового устройства, сходя с которой она приобретает скорость V_p . Далее ракета совершает свободный полет под воздействием сил тяги, сопротивления воздуха и тяжести. Поскольку сила тяги во много раз превышает остальные тормозящие силы, скорость ракеты непрерывно возрастает и достигает максимального значения V_A в точке траектории A, где кончает работу ракетный двигатель. Участок OA называют активным участком траектории. Далее следует пассивный участок полета AC, на котором движение ракеты не отличается от движения артиллерийского снаряда. Дальности активного участка OA и конечного участка C'C составляют малую долю полной дальности полета ракеты. Поэтому можно полагать $X_{max} = X_{AC}$. Другими словами, максимальная дальность ракеты по аналогии с орудием будет определяться углом Θ_A , скоростью ракеты в точке A — V_A , а также ее поперечной нагрузкой и аэродинамическим качеством.

Однако выполнения рассмотренных условий (V_0 , V_A , Θ_0 и Θ_A) еще недостаточно, чтобы гарантировать требуемую дальность стрельбы. Нужно, кроме того, обеспечить устойчивость полета снаряда и ракеты вдоль всей траектории. Из всех видов снарядов только круглое ядро не нуждается в специальных мерах обеспечения устойчивости полета, потому что сила сопротивления воздуха всегда проходит через центр его масс.

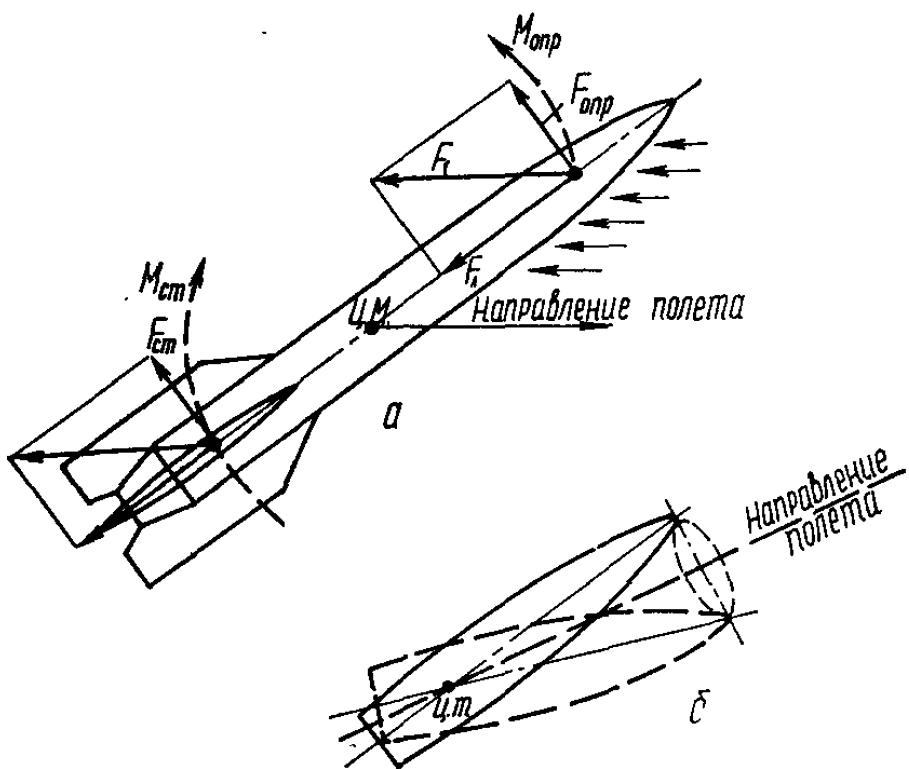


Рис. 4. Обеспечение устойчивости полета:
а — применением оперения; б — придаением снаряду вращения

У снаряда (ракеты) продолговатой заостренной формы при всяком случайному отклонении оси от направления полета сила сопротивления воздуха $F_{\text{опр}}$ создает относительно центра масс момент, стремящийся опрокинуть снаряд (рис. 4, а).

Предотвратить опрокидывание можно применением стабилизирующих устройств или приданием снаряду вращения.

В первом случае сила сопротивления воздуха, приложенная к стабилизирующему устройству, создает момент, противодействующий опрокидывающему моменту. Это устройство должно быть спроектировано так, чтобы стабилизирующий момент всегда превышал опрокидывающий. Тогда всякий раз, когда ось снаряда или ракеты случайно отклонится от направления полета, она будет возвращаться в прежнее положение.

Стабилизация снаряда вращением основана на свойстве волчка сохранять начальное положение оси вращения вопреки внешним силам, стремящимся его нарушить. Ось вращающегося снаряда «следит» за касательной к траектории полета в каждой ее точке, отклоняясь от нее на незначительный угол (рис. 4, б). Но для этого необходимо, чтобы снаряд был «сильным волчком», т. е. чтобы

он вращался с высокой скоростью — от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч оборотов в минуту.

Решающее средство повышения дальности стрельбы — увеличение скорости, которую артиллерийский снаряд приобретает за время движения в стволе орудия, а ракета — за время работы ракетного двигателя. Поэтому-то для уяснения путей технического прогресса ракетной и артиллерийской техники необходимо сначала рассмотреть, от чего, от каких основных факторов зависит скорость, сообщаемая артиллерийскому снаряду и ракете.

2. ПРИНЦИП РАБОТЫ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Современные ракеты в зависимости от их назначения имеют самые разнообразные характеристики. Например, их масса колеблется от нескольких килограммов до нескольких тысяч тонн. В соответствии с этим изменяется и потребная величина силы, перемещающей ракету, которая создается ракетным двигателем. В широком диапазоне колеблется и время работы двигателя — от десятых долей секунды до сотен секунд.

Как же возникает сила, приводящая ракету в движение?

Представим себе замкнутый сосуд (камеру), который содержит газ с давлением p_k , значительно превышающим давление окружающей среды p_n (рис. 5). Очевидно, равнодействующая сила давления на стенки такого сосуда всегда будет равна нулю, как бы ни было велико давление p_k . А теперь вообразим, что в одной из стенок сосуда проделано отверстие площадью F_k , но при этом в сосуде сохраняется давление p_k . Тогда на сосуд будет действовать неуравновешенная сила от внутреннего давления $R = p_k F_k$. С учетом внешнего атмосферного давления результирующая сила, действующая на сосуд, составит

$$P = (p_k - p_n) F_k. \quad (2)$$

Если к отверстию, в котором давление газов будет выше атмосферного, приставить расширяющийся насадок (сопло), то газы, двигаясь внутри него, будут расширяться, давление их будет падать. При надлежащем подборе размеров сопла на его срезе можно получить давление,

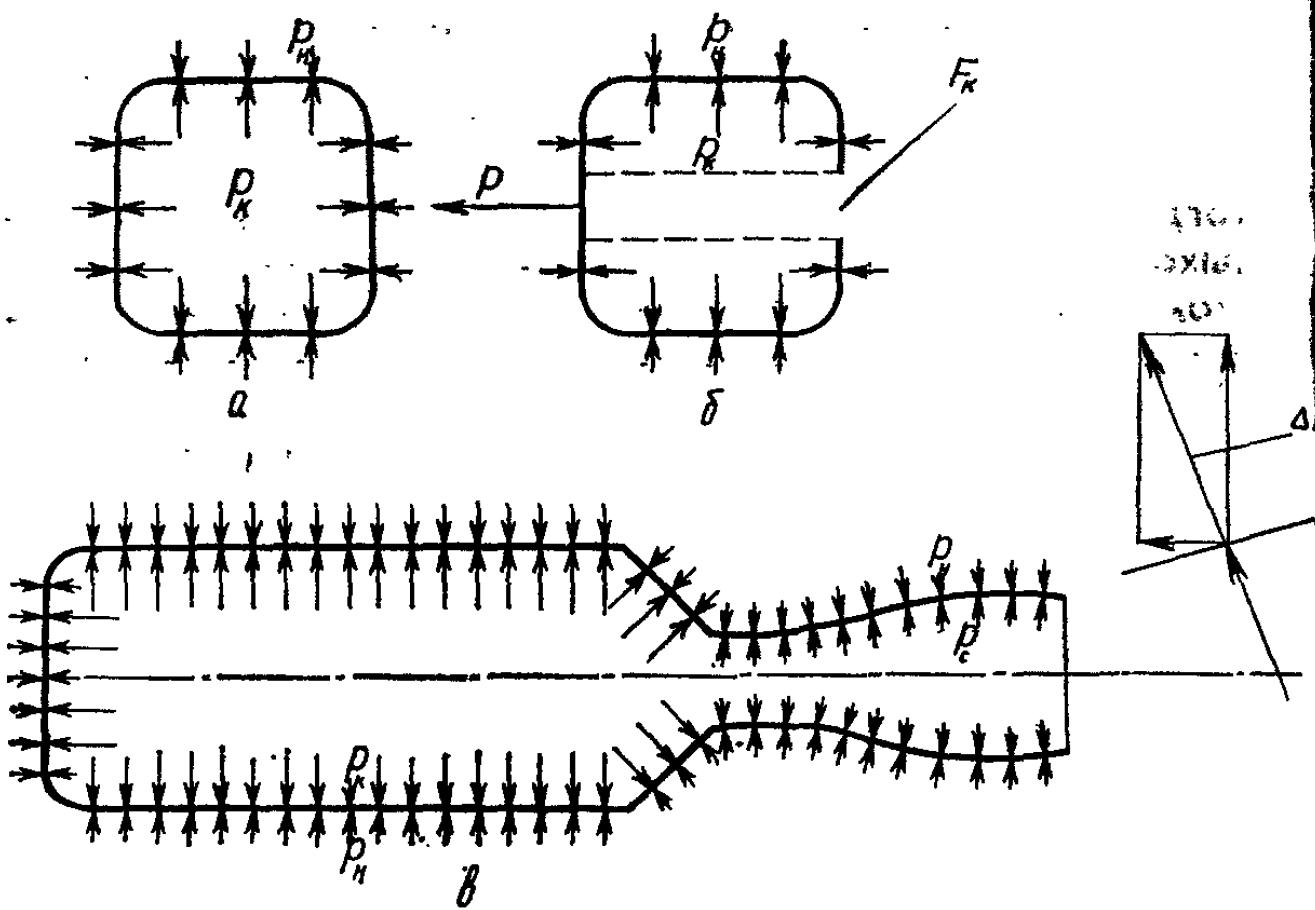


Рис. 5. К объяснению возникновения тяги ракетного двигателя:
а — замкнутая камера; б — полузамкнутая камера; в — ракетный двигатель

равное атмосферному. На внутреннюю поверхность сопла будет действовать избыточное давление $\Delta p_c = p_c - p_n$. Представим силы избыточного давления в виде двух составляющих, направленных по оси сопла и по его радиусу. Равнодействующая радиальных составляющих будет равна нулю, равнодействующая осевых сил даст добавку к силе, возникающей благодаря отверстию в стенке сосуда.

Главные части современных ракетных двигателей — камера и сопло. Равнодействующая сил давления газа по внутренней поверхности камеры и сопла называется реактивной силой двигателя R , а равнодействующая сил давления газа и воздуха по всей (внутренней и внешней) поверхности камеры и сопла — тягой двигателя P . Если двигатель работает в безвоздушном пространстве, то его тяга равна реактивной силе.

Формула для определения тяги ракетного двигателя имеет вид:

$$P = G u_a + (p_a - p_n) F_a,$$

где G — секундный расход истекающих из двигателя газов;

u_a — их скорость в выходном сечении;

F_a — площадь выходного сечения;

p_a — давление газов в выходном сечении.

Наибольшее значение тяги достигается при $p_a = p_\infty$, когда газы в сопле расширяются так, что давление их на выходе из сопла становится равным атмосферному. При этом тяга определяется как $P = G u_a$. Подобным образом тягу в остальных случаях можно представить в виде произведения G на некоторую эффективную скорость истечения U_e .

В технике пользуются характеристикой ракетного двигателя, которую называют удельным импульсом I_y , определяемым как отношение тяги двигателя к секундному расходу топлива

$$I_y = \frac{P}{G}. \quad (3)$$

Нетрудно заметить, что удельный импульс, легко определяемый из эксперимента, равен эффективной скорости истечения.

От чего же зависит эта скорость?

Если бы весь запас химической энергии, содержащейся в топливе, удалось полностью преобразовать в кинетическую энергию истекающей газовой струи, то получилась бы максимально возможная скорость истечения, равная

$$u_{max} = \sqrt{\frac{2k}{k-1} RT_0}, \quad (4)$$

где T_0 — начальная температура газов, образующихся при сгорании топлива;

R — их газовая постоянная;

k — показатель адиабаты, величина которого зависит от состава газов. На практике она колеблется в пределах от 1,1 до 1,4.

Получить u_{max} можно только в случае безграничного расширения газов (до давления, близкого к нулю), истекающих в пустоту без потерь энергии при расширении. В действительности

$$U_e = \eta_r u_{max}, \quad (5)$$

где η_r — коэффициент, аналогичный коэффициенту полезного действия, который всегда меньше единицы. Величина этого коэффициента зависит от степени расшире-

ния газов в сопле, т.е. от отношения давления газов в камере двигателя p_k к их давлению на срезе сопла p_a . Чем больше это отношение, тем выше значения η_t и U_e . Достичь увеличения отношения p_k/p_a можно, главным образом, за счет увеличения давления в камере p_k . Величина η_t зависит также от давления окружающей среды, т.е. атмосферы: по мере удаления ракеты от поверхности земли атмосферное давление p_n падает, а тяга возрастает, приближаясь к величине реактивной силы. При этом η_t и U_e растут. Кроме того, на величину η_t оказывают влияние потери энергии при движении газов по соплу (из-за трения, отвода тепла в стенки сопла и др.).

Для того чтобы во время работы двигателя давление в камере поддерживалось постоянным, необходимо, чтобы убыль газа, истекающего через сопло, постоянно возмещалась приходом газов от сгорания топлива. Только тогда поддерживается постоянство тяги.

В современных ракетных двигателях газы истекают со скоростью, в несколько раз превышающей скорость звука. Однако для этого сопло должно иметь форму, представленную на рис. 6. Здесь же показано, как по длине сопла меняются плотность газа ρ , давление p и скорость потока u .

Рассмотрим, чем обусловлена приведенная на рисунке форма сопла. В единицу времени через любое сечение сопла должно проходить количество газа, равное секундному расходу:

$$G = \rho u F,$$

где F — площадь данного сечения.

Значение этой площади, необходимое для обеспечения заданного расхода газа, определяется как

$$F = \frac{G}{\rho u}. \quad (6)$$

Газы из камеры поступают в сопло со скоростью, значительно меньшей скорости звука. В этом случае плотность газа в процессе движения, как показано на рис. 6, меняется мало. А при увеличении скорости газа u и практически постоянной плотности ρ согласно формуле (6) площадь поперечного сечения сопла нужно уменьшать. Отсюда следует, что на дозвуковом участке течения газа сопло должно быть сужающимся.

При сверхзвуковом течении, как следует из рис. 6,

Рис. 6. Изменение давления p , плотности ρ и скорости U газа по длине сверхзвукового сопла

плотность газа падает быстрее, чем возрастает скорость, вследствие чего произведение ρU уменьшается, и потребная площадь сечения сопла должна возрастать. Следовательно, на сверхзвуковом участке течения газа сопло должно расширяться.

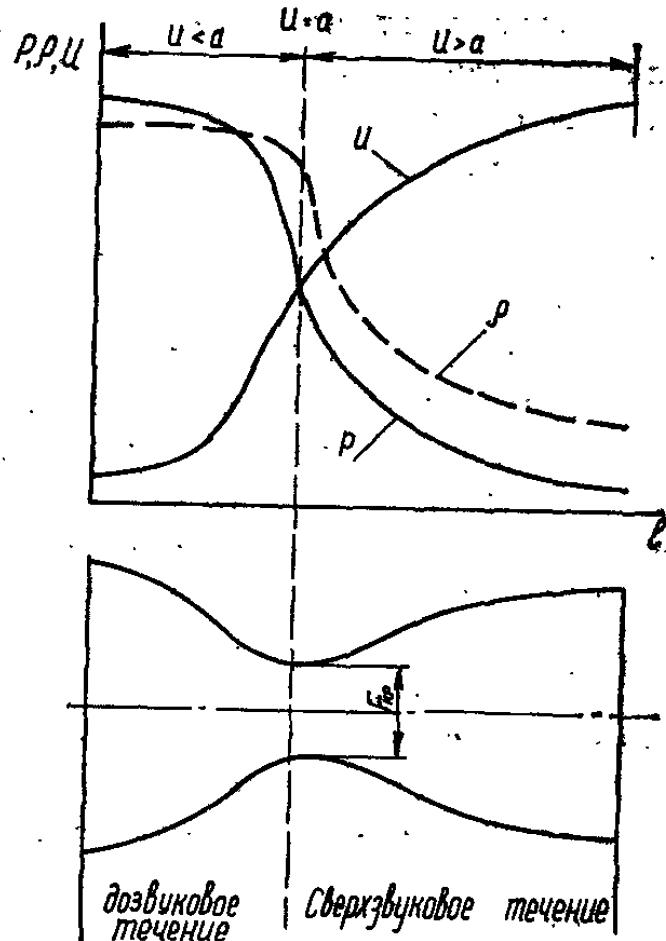
В минимальном сечении сопла, называемом критическим, скорость потока равняется местной скорости звука:

$$a = \sqrt{kRT}$$

Для атмосферных условий у поверхности Земли $T = 288$ К, а скорость звука в воздухе равна 341 м/с. Для условий течения в сопле температура продуктов сгорания ракетных топлив в области критического сечения очень высокая, и поэтому скорость звука, она же скорость газа в критическом сечении, составляет 800...1200 м/с.

По мере удлинения сопла скорость газа на выходе из него возрастает. Возрастают также и тяга, и эффективная скорость истечения U_e . Однако это происходит только до тех пор, пока давление газов в выходном сечении сопла не станет равным атмосферному ($p_a = p_v$). Дальнейшее удлинение сопла приведет только к снижению P и U_e .

Масса ракеты во время работы двигателя за счет выгорания топлива непрерывно уменьшается. Другими словами, ракета представляет собой тело переменной массы. Выдающийся русский ученый И. В. Мещерский (1859—1935) в своих работах рассмотрел основные закономерности движения таких тел, а наш великий соотечественник



К. Э. Циолковский (1857—1935), заложивший теоретические основы космонавтики и ракетной техники, в 1903 г. предложил формулу для расчета скорости ракеты при отсутствии сил земного притяжения и сопротивления воздуха. Хотя скорость ракеты, получаемая при расчете по формуле Циолковского, несколько завышена по сравнению с действительной, по ее величине можно судить о дальности, которую способен обеспечить тот или иной ракетный двигатель. Представим эту формулу, ставшую краеугольным камнем ракетостроения, в виде

$$V_m = 2,303 U_e \lg \left(1 + \frac{1}{\frac{m_{\text{п.м.}}}{\omega} + \alpha} \right). \quad (7)$$

Здесь $m_{\text{п.м.}}$ — масса полезного груза (боевой части, исследовательской аппаратуры и т. д.); ω — масса ракетного топлива ракетного заряда; $\alpha = \frac{m_{\text{к.дв}}}{\omega}$ — отношение массы конструкции двигателя к массе размещенного в нем ракетного топлива, которое называют коэффициентом массового совершенства двигателя.

Из формулы Циолковского следует, что для увеличения скорости ракеты V_m необходимо повышать эффективную скорость истечения U_e и снижать коэффициент α .

Все успехи в развитии ракетного двигателестроения на каждом этапе истории были неразрывно связаны с улучшением этих показателей, которое достигалось как за счет применения новых типов топлив с более высоким энергосодержанием, так и за счет использования новых конструкционных материалов и усовершенствования конструкции двигателей.

3. ЧТО ПРОИСХОДИТ В ОРУДИИ ПРИ ВЫСТРЕЛЕ?

Выстрел из артиллерийского орудия длится всего 0,001...0,06 с. В это время энергия, содержащаяся в пороховом заряде, производит работу по разгону снаряда, соответствующую колоссальным мощностям. Например, мощность, развиваемая при выстреле из отечественной 122-мм гаубицы обр. 1938 г., составляет 130 000 кВт, т. е. равна удвоенной мощности Волховской ГЭС. Мощность выстрела из тяжелых орудий достигает миллионов киловатт.

При выстреле из современного орудия давление в стволе достигает 200..400 МПа (2..4 тысячи атмосфер), а температура пороховых газов составляет 2..3 тысячи градусов.

Рассмотрим, что происходит в канале ствола орудия при выстреле.

Под действием воспламенительного устройства загорается пороховой заряд. Вначале, пока снаряд не сдвинется с места, горение пороха происходит в постоянном объеме. В орудии с нарезным стволов момент страгивания снаряда наступает тогда, когда сила давления газов становится достаточной, чтобы ведущий поясок снаряда, изготовленный из мягкого материала, врезался в нарезы. Ускорение ω , которое приобретает снаряд под действием сил давления на его дно, равно

$$\omega = \frac{pS}{m},$$

где p — давление газов на дно снаряда;

S — площадь дна снаряда, равная поперечному сечению канала ствола орудия;

m — масса снаряда.

В начальный период, пока скорость снаряда еще небольшая, объем заснарядного пространства меняется мало, и непрерывный приток газов вследствие горения пороха приводит к росту давления в стволе. При возрастании скорости снаряда быстро увеличивается и объем заснарядного пространства. Поэтому, несмотря на продолжающееся горение пороха и приток новых газов, давление начинает падать. После окончания горения приток новых газов прекращается, но поскольку образовавшиеся газы обладают еще значительным запасом энергии, то, продолжая расширяться, они совершают работу, увеличивая скорость снаряда вплоть до вылета его из орудия. Характер изменения давления и скорости снаряда по длине ствола орудия во время выстрела показан на рис. 7. Как видно из графика, максимальное давление p_m достигается в начале канала ствола. Исходя из этой величины, орудийный ствол и рассчитывают на прочность. Поскольку по направлению к дульному срезу давление падает, стенки ствола в этом направлении можно делать тоньше.

Рассмотрим, от чего зависит начальная скорость V_0 снаряда при выстреле из орудия. Кинетическая энергия

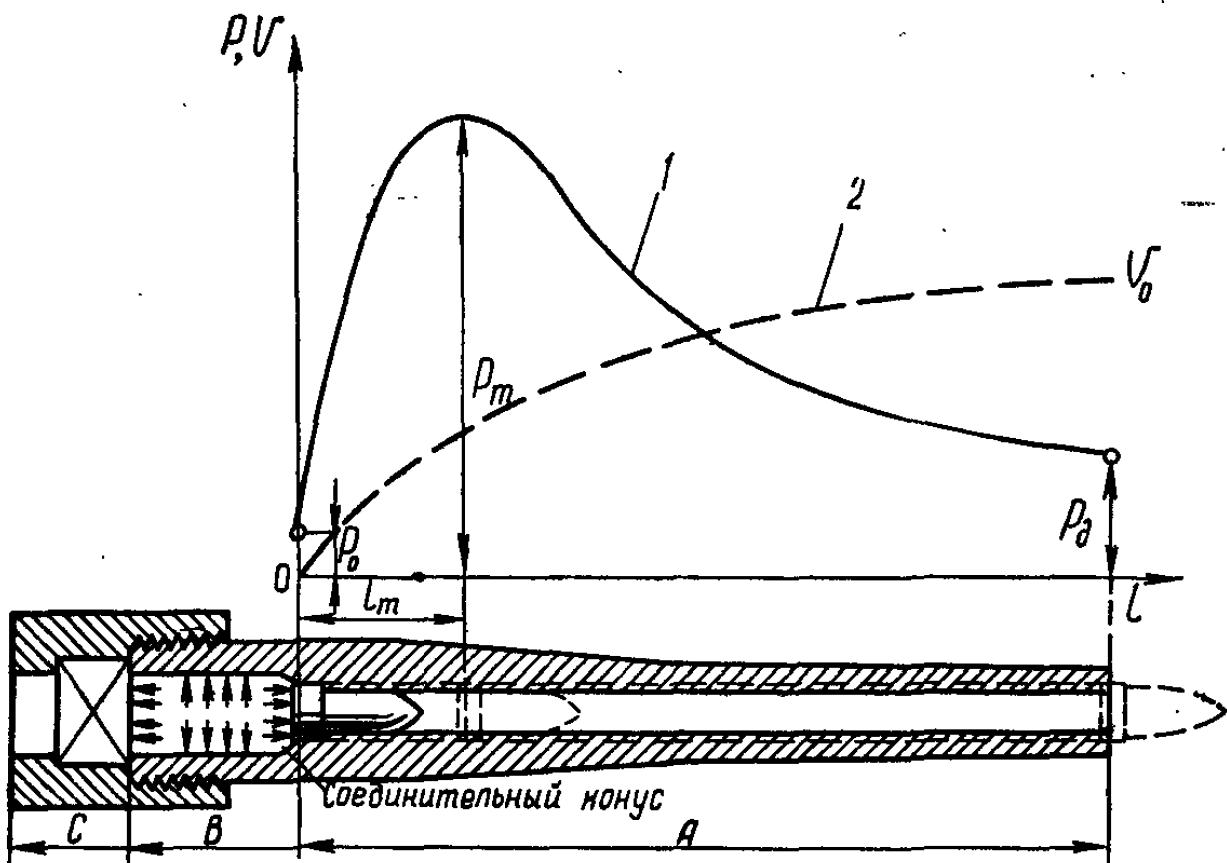


Рис. 7. Изменение давления газов и скорости снаряда при движении его по каналу ствола:

А — нарезная часть; В — камора; С — затворная часть; 1 — давление газов в канале ствола; 2 — скорость снаряда

Снаряда при вылете равна работе сил давления за время движения снаряда по каналу ствола. Если рассматривать короткий отрезок пути снаряда Δl (рис. 8), то работа, выполненная на нем силами давления, составит $p\Delta l \cdot S$. Произведение $p \cdot \Delta l$ представляет собой площадь прямоугольника, обозначенного на графике густой штриховкой. Полную работу сил давления на пути движения снаряда, равном длине ствола l_d , можно определить как сумму площадей таких прямоугольников, умноженных на площадь поперечного сечения снаряда:

$$A = S \sum p \Delta l.$$

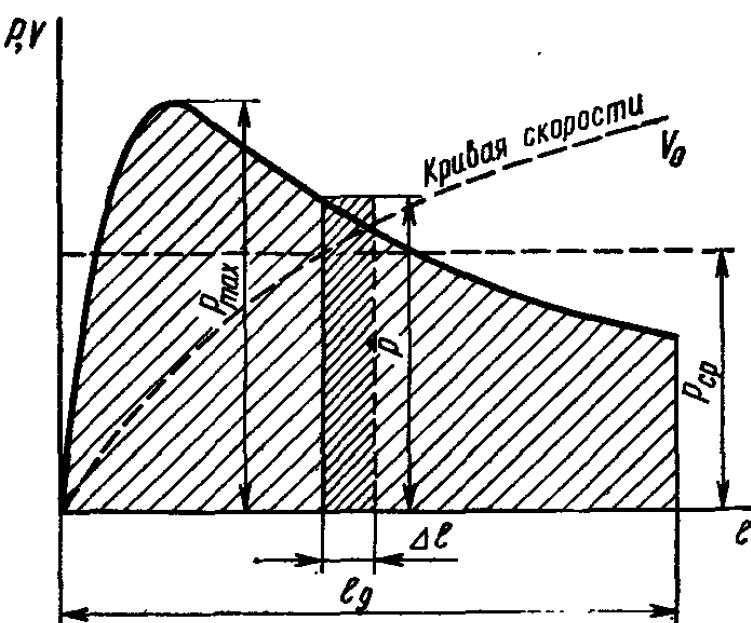
Эту площадь поля графика, ограниченную сверху кривой изменения давления в стволе, обозначенную редкой штриховкой, можно заменить равным по площади прямоугольником с высотой $p_{ср}$:

$$p_{ср} l_d = \sum p \Delta l.$$

Тогда можно написать равенство

$$S p_{ср} l_d = \frac{m U_0^2}{2},$$

Рис. 8. К объяснению работы сил давления газа при движении снаряда по каналу ствола



откуда начальная скорость снаряда определяется как

$$V_0 = \sqrt{\frac{2Sl_{dp_{cr}}}{m}}. \quad (8)$$

Согласно этой формуле начальная скорость снаряда находится в прямой зависимости от длины ствола и среднего давления при выстреле и в обратной — от поперечной нагрузки m/S .

Идеальным случаем было бы сохранение давления при выстреле постоянным, равным p_{cr} . Но в действительности всегда наблюдается максимум давления на начальном участке $p_m = k_p p_{cr}$, где $k_p > 1$. Формулу (8) перепишем в виде

$$V_0 = \sqrt{\frac{2Sl_{dp_m}}{k_p m}}. \quad (9)$$

Чем выше коэффициент k_p , тем выше при том же среднем давлении, определяющем скорость снаряда, давление, на которое нужно рассчитывать ствол, тем больше масса ствола, тем меньше подвижность орудия. В дальнейшем познакомимся с мерами, направленными на снижение k_p .

А теперь рассмотрим зависимость начальной скорости от энергетических характеристик пороха и массы заряда. Полный запас энергии, содержащейся в 1 кг пороха, как и в случае ракетного двигателя, будет равен $U^2_{max}/2$, что, согласно формуле (4), составит $\frac{k}{k-1} RT_0$. В про-

цессе выстрела лишь часть этой энергии сообщается снаряду. Поэтому можно записать

$$\eta \omega \frac{k}{k-1} RT_0 = \frac{m V_0^2}{2},$$

где η — коэффициент полезного действия.

Следовательно,

$$V_0 = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \eta \frac{\omega}{m} RT_0}. \quad (10)$$

Из формулы видно, что начальная скорость зависит от энергетической характеристики пороха RT_0 , от отношения $\frac{\omega}{m}$ и от коэффициента полезного действия η .

Для обычных артиллерийских орудий значение η колеблется в пределах 0,25...0,35, что равноценно КПД двигателя внутреннего сгорания. Большая доля энергии порохового заряда остается неиспользованной, поскольку к моменту вылета снаряда газы обладают высоким давлением и способны выполнить еще значительную работу. Однако использование этой энергии требует значительного удлинения ствола, что связано с утяжелением системы.

Как будет показано далее, увеличение начальной скорости снарядов в процессе развития артиллерийского вооружения достигалось за счет повышения энергетической характеристики пороха RT_0 , давления в стволе p_m , снижения коэффициента k_p и увеличения длины ствола l_d .

Глава II. ЭРА ЧЕРНОГО ПОРОХА

1. ОРУДИЕ НА ЧЕРНОМ ПОРОХЕ

Судьбы орудия и ракеты, начиная с их появления, на протяжении многих веков были связаны с черным порохом — единственным в те времена видом метательного и взрывчатого вещества.

Изготовить черный порох несложно. Для этого необходимо смешать в определенной пропорции тщательно измельченные калийную селитру KNO_3 , серу и древесный

уголь. Оптимальный состав черного пороха: 75 % селитры, 10 % серы и 15 % угля. Более или менее близкий к нему состав имели все применявшиеся пороха.

Что происходит при сгорании черного пороха? Нагреваясь, селитра разлагается с выделением кислорода, за счет которого происходит сгорание угля и серы с выделением тепла и образованием газов. Сера, кроме того, выполняет роль связующей пасты для угля и селитры. Продукты сгорания черного пороха содержат до 50...65 % твердых веществ, что приводит к образованию густого дыма. Поэтому черный порох называют также дымным.

Как возникла идея изготовления черного пороха и использования его для метания снарядов?

Ф. Энгельс объясняет это следующим образом:

«В Китае и Индии почва изобилует природной селитрой и вполне естественно, что местное население рано ознакомилось с ее свойствами... Мы не имеем сведений, когда именно стала известна особая смесь селитры, серы и древесного угля, взрывчатые свойства которой придали ей такое громадное значение... У китайцев и индийцев селитру и пиротехнические средства заимствовали арабы». От арабов, живших в Испании, как пишет Энгельс, знакомство с выработкой и употреблением пороха распространялось на Францию и всю Европу. Первые образцы огнестрельного оружия появились в Европе в начале XIV в. В Россию дымный порох и орудия пришли впервые при Дмитрии Донском. В 1382 г. русская артиллерия участвовала в обороне Москвы от набега орд Тогтамыша. С тех пор в течение более пяти веков черный порох являлся единственным видом метательного вещества, применявшегося в ракетах и орудиях.

Орудия того времени были гладкоствольными, заряжались с дула. Вначале орудийные стволы изготавливались свариванием раскаленных железных полос, а в последующем их стали отливать из железа, меди или бронзы. Такие орудия были непрочны и при стрельбе часто разрывались. Дальность стрельбы составляла 300...400 м. Стреляли обычно круглыми каменными ядрами. Изготавливали орудия кустари — самопальные мастера, передававшие секреты производства по наследству. Орудия назывались не так, как теперь, по калибру и году поступления на вооружение, а собственными именами: «волк», «медведь»... Калибр оценивался по виду снаряда: снаряд

с орех, с яблоко и т. д. Одно орудие не походило на другое.

В России при Иване IV артиллерию играла видную роль в вооружении армии. Делами артиллерии ведал Пушкарский приказ. Следует отметить, что и слово «пушка» русского происхождения — от глагола «пускать».

Русские пушечные мастера того времени отличались высоким искусством, о чем свидетельствует царь-пушка, отлитая в 1586 г., имеющая калибр 89 см и массу 39 т.

В XVII в. два русских мастера (история не сохранила их имен) изобрели затворы к орудиям. Один из них изготовил затвор к пищали в виде клина. Второй — ввинчивающийся затвор — прототип современного поршневого затвора с сухарным соединением. Почти на двести лет опередили они артиллерийскую технику того времени. Однако технические возможности XVII в. не допускали использования этих изобретений и орудия по-прежнему заряжались с дула.

До XV в. применяли заряды в виде пороховой мякоти, с XV в. начинают применять комковый порох, а в XVII в. уже повсеместно распространился зерненый порох. Переход на такой порох позволил уменьшить вес заряда примерно втрое.

Великий преобразователь России Петр I уделял много внимания артиллерийскому вооружению. Он разделил артиллерию на осадную, крепостную и полковую и точно указал, каких калибров орудия должны состоять на вооружении каждого из этих видов артиллерии. Он потребовал, чтобы пушечные мастера изготавливали орудия строго заданного калибра, чтобы все размеры орудия «ни чertoю более или менее назначенного были». Все это способствовало повышению эффективности артиллерийского вооружения.

В памятный для России день 27 июня 1709 г. русские артиллеристы в бою под Полтавой покрыли себя неувядаемой славой. Они произвели из 72 орудий около полутора тысяч выстрелов, из них около 600 в упор, картечью. От огня русской артиллерии шведы понесли большие потери: в иных полках оставалось до половины состава. Это в значительной мере предопределило блестательную победу русской армии над шведами.

Ряд важных нововведений внес в артиллерию воспитанник и соратник Петра П. И. Шувалов. В 1757 г. он ввел на вооружение русской армии новый образец орудия —

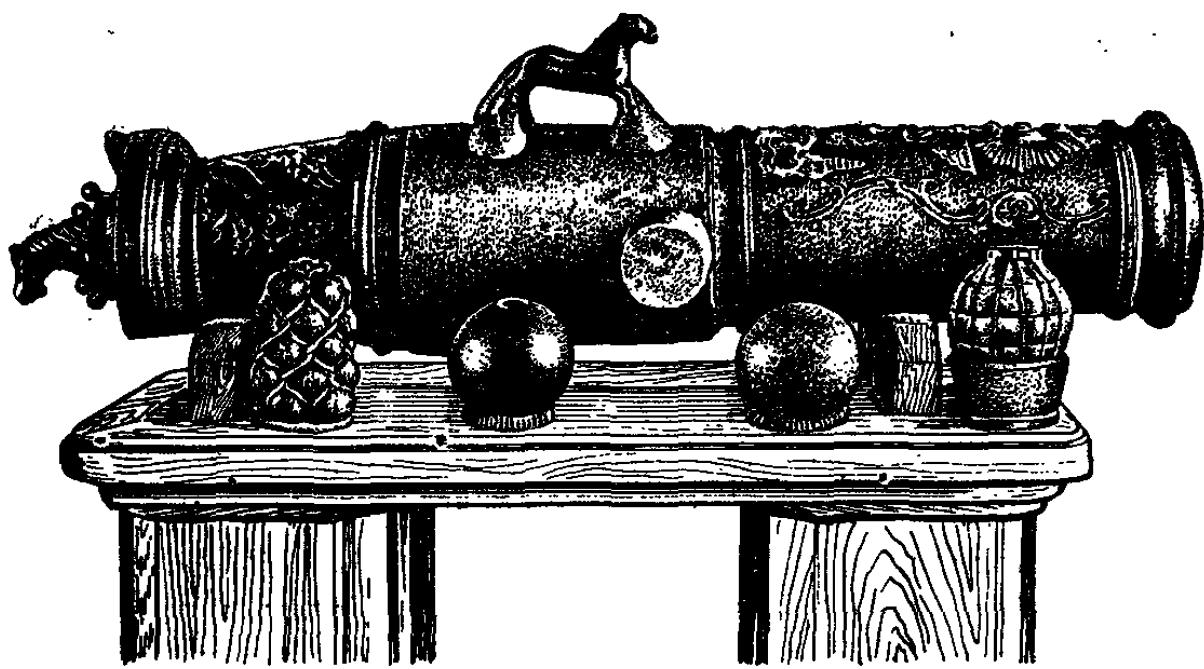


Рис. 9. Единорог 1757 г. и боеприпасы к нему

«единорог», созданный М. В. Даниловым и М. Г. Мартыновым (рис. 9).

Единороги были легче прежних орудий, имели относительно длинный ствол (около 10 калибров) и могли стрелять всеми видами снарядов. Допуская ведение наискосок стрельбы с кривой траекторией, они явились предшественниками гаубиц. Использование единорогов на поле боя принесло русской армии немало побед над войсками прусского короля Фридриха II в Семилетней войне. После битвы под Кунерсдорфом Фридрих II в панике бежал с поля сражения. В октябре 1760 г., когда русские войска подошли к Берлину, артиллеристы выпустили по нему 1200 снарядов, после чего город капитулировал.

Единороги прослужили в русской армии более 100 лет. Им подражали иностранные специалисты при разработке своих артиллерийских систем.

Большое внимание артиллерию уделял Наполеон. Во время сражения, определив направление решающей атаки, Наполеон сосредоточивал на нем большие по тому времени массы артиллерики, подготавливая орудийным огнем окончательный удар пехоты и кавалерии.

Такие многоорудийные батареи Наполеон применил и под Бородино, ожидая быстрой и легкой победы, подобной тем, которые он одерживал над прусской и австрийской армиями. Но на этот раз император просчитался. Огнем русских артиллеристов была отбита первая же

атака французов на Багратионовы флеши. Французы несли огромный урон в бесплодных атаках, пытаясь овладеть батареей Раевского. Русские артиллеристы проявили высокое мастерство и беспримерную отвагу и стойкость.

М. И. Кутузов после Бородинской битвы доносил: «Артиллерия наша, нанося ужасный вред неприятелю цельными (т. е. меткими) выстрелами своими, принудила неприятельские батареи замолчать, после чего неприятельская пехота и кавалерия отступили ночью, и французы отошли за Колочу». Немалую роль сыграла артиллерия и в героической одиннадцатимесячной обороне Севастополя в 1854—1855 гг.

За почти пяти вековой период артиллерийская техника развивалась медленно. Очень медленно возрастала и дальность стрельбы: с 300...400 м в XIV в. до 1200...1600 м в начале XIX в.

Что же препятствовало повышению дальности артиллерийского огня? Во-первых, низкие энергетические характеристики черного пороха, для которого произведение RT_0 составляет всего 300 000 кДж/кг. Во-вторых, особенности горения заряда из черного пороха в орудии. Порох сгорал прежде, чем ядро успевало приобрести значительную скорость. Пороховые зерна в процессе горения распадались на мелкие частицы, что ускоряло горение и усиливало газообразование (рис. 10, а). Приток газов возрастал значительно быстрее, чем увеличивался объем за счет движения снаряда. Кривая давления в орудии приобретала вид, показанный на рис. 10, б с резким взрывом вначале и последующим крутым спадом. Другими словами, для орудий того времени был очень высок коэффициент k_p , равный отношению максимального давления в стволе к среднему. Само максимальное давление ввиду низкой прочности ствола, изготовленного из бронзы, значительно повысить было нельзя. Но ведь согласно формуле (9) при низком максимальном давлении и высоком коэффициенте k_p нельзя получить высокую начальную скорость, а следовательно, и приемлемую дальность стрельбы.

После каждого залпа батарею окружали густые клубы дыма, что затрудняло ведение стрельбы. Конечно же, бесполезно было повышать скорострельность орудий, которая при заряжании с дула была очень низкой.

Из гладкоствольного орудия стрелять можно было только сферическими ядрами: продолговатый снаряд, не

Рис. 10. Процесс выстрела в орудии на черном порохе:
а — сгорание пороховых зерен; б — кривые давления и скорости

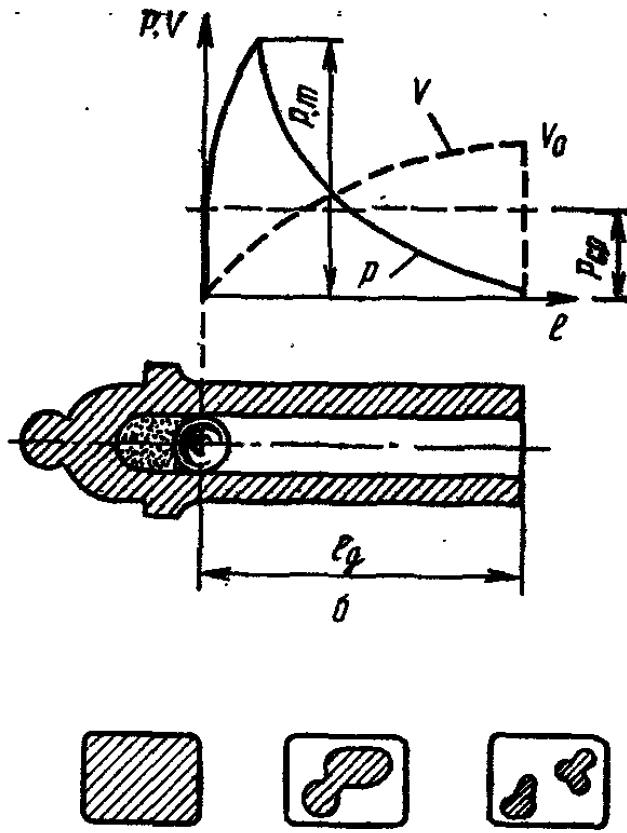
получивший вращения, в полете кувыркался и очень быстро терял скорость. Но ведь у ядра очень плохая аэродинамическая форма и низкая поперечная нагрузка, что затрудняло достижение больших дальностей стрельбы. Кучность боя гладкоствольных орудий была очень низкой.

А от чего вообще зависит кучность боя артиллерийского орудия? Почему снаряды, выпущенные из одного и того же орудия, не попадают в точку, а рассеиваются на местности?

Обратимся к формуле (10), определяющей дульную скорость. Масса заряда ω от выстрела к выстрелу не остается постоянной, так как заряды взвешиваются с некоторой погрешностью, определяемой точностью весов. Масса снаряда вследствие погрешности производства на размеры тоже меняется от одного образца к другому. Эти различия приводят к колебаниям начальной скорости V_0 . В свою очередь, с изменением начальной скорости изменяется и дальность полета снаряда: при отклонении V_0 в большую сторону она увеличивается, при отклонении в меньшую — уменьшается.

В значительной степени кучность боя зависит и от того, что орудие при выстреле вздрагивает. Это приводит к отклонению угла бросания — угла между начальным направлением траектории и горизонтом, что согласно формуле (1) ведет к отклонению дальности стрельбы от заданной.

Кроме того, на кучность боя влияет правильность ведения снаряда по каналу ствола орудия. В гладкоствольных системах вследствие большого зазора между поверхностью канала и ядром последнее не получало точной направленности движения по оси ствола. К тому же из-за



а

соударений ядра и ствola сам ствол вздрагивал и получал боковое отклонение, что приводило к уклонению снаряда от первоначального направления, приданного стволу при наводке. Результат — большое рассеивание точек падения снарядов в боковом направлении.

2. РАКЕТА НА ЧЕРНОМ ПОРОХЕ

Хотя из летописей известно об отдельных случаях боевого применения ракет уже в глубокой древности, ракеты в Европе длительное время использовались, главным образом, для увеселительных целей. Их в огромном количестве пускали во время праздничных фейерверков. Мастера «потешных огней» проявляли немалую изобретательность и смекалку, изготавливая ракеты, вертевшиеся огненными колесами, рассыпавшиеся снопами многоцветных искр, изображавшие «огненные картины». Фейерверки, устраивавшиеся в XVIII в. в Петербурге в годовщину со дня основания города, поражали своим размахом и разнообразием «огненного действия».

Когда же ракеты поступили на вооружение армий европейских государств?

По этому поводу выдающийся деятель ракетной техники XIX в. К. И. Константинов писал:

«В конце XVIII в. боевые ракеты не были в употреблении в Европе, но существовали в Индии, откуда англичане их заимствовали, испытав на себе их действие под Серингапатамом в 1799 г. в войне с Типо-Саибом».

Национальный герой Индии, борец за независимость родины раджа провинции Мейсor Типо-Саиб использовал при обороне города Серингапатами пятитысячный корпус ракетчиков. Применявшиеся индусами ракеты состояли из железной заостренной гильзы, набитой порохом, и бамбукового стержня, обеспечивающего устойчивый полет ракеты. Ракетчик после поджога пороха метал ракету-копье в неприятеля.

Английский писатель У. Коллинз в прологе к своему роману «Лунный камень» описал кровавые злодеяния захватчиков, разграбление ими дворцов и храмов Серингапатами после захвата города. Но победа дорого обошлась англичанам: ракетчики Типо-Саиба, защищая столицу Мейсора, нанесли им большой урон. Это побудило англичан по образцу индийских ракет создать свое ракет-

ное оружие. Английский военный инженер Конгрев разработал боевые ракеты фугасного и зажигательного действия с дальностью стрельбы до 2500 м.

Ракеты Конгрева применялись англичанами в войне с拿poleоновской Францией и ее вассалами. В 1807 г. английский флот подошел к Копенгагену и выпустил по городу наряду с артиллерийскими снарядами большое количество ракет. Это событие известно в истории как «сожжение Копенгагена ракетами». Однако ракеты, созданные Конгревом, были весьма несовершенны. Они отличались малой надежностью и крайне низкой кучностью. Для их пуска в полевых условиях применялся тяжелый, неманевренный станок типа орудийного лафета.

Создание первых боевых ракет в России связано с именем А. Д. Засядко (1779—1837), выдающегося военного деятеля первой половины XIX в., человека удивительной судьбы. Восемнадцатилетним подпоручиком начал он военную службу, которая в дальнейшем проходила под началом таких прославленных полководцев, как А. В. Суворов и М. В. Кутузов, участвует в штурме Измаила, во взятии Разграда, в сражении под Рущуком, закончившемся разгромом турецкой армии.

К началу войны 1812 г. Засядко командует артиллерийской бригадой, входившей в состав Дунайской армии. И вместе с русской армией бригада прошла по всей Европе, завершив боевой путь в Париже. В течение 15 лет Засядко не покидал поля битв. Но вот, не оставляя военной службы, он занялся, казалось бы, не свойственной боевому командиру деятельностью: он стал конструктором отечественных боевых ракет.

Следует заметить, что англичане весьма ревностно оберегали секрет Конгревовых ракет, выдавая их за принципиально новый вид оружия, не имеющий примеров в прошлом. По этому поводу А. Д. Засядко писал: «...хотя не имел никогда случая видеть, ни же получить малейшие сведения, каким образом англичане их (т. е. ракеты) делают и в войне употребляют, думал, однако же, что ракета обыкновенная, с должным удобством приспособленная, есть то самое, что они столь необыкновенным и важным открытием выказать стараются».

Другими словами, Засядко задумал использовать богатый отечественный опыт в изготовлении фейерверочных и осветительных ракет — опыт, ведущий начало с созданного при Петре I Порохового приказа. И все же, что-

бы создать боевую ракету с приемлемой дальностью стрельбы, удобную и надежную в обращении в полевых условиях, предстояло провести большие изыскания, требовавшие обширных познаний в области физики, химии, механики и, разумеется, немалых средств. Как же ~~получил~~ поступил Засядко? Он продал свое имение близ Одессы и на вырученные деньги оборудовал лабораторию для проведения исследований. Нужно было подобрать наивыгоднейший состав пороха, целесообразные размеры заряда, необходимую толщину стенки ракетной камеры. При отсутствии теории все это приходилось делать на ощупь, экспериментально. В результате проведенных исследований А. Д. Засядко разработал пороховые ракеты трех калибров: 2, 2 1/2 и 4 дюйма (51, 64 и 102 мм) с дальностью стрельбы от 1,5 до 3 км. Для пуска ракет он предложил легкий удобный в переноске станок, состоящий из деревянной треноги и железной направляющей трубы, которой можно было придавать нужное положение. Впоследствии Засядко выдвинул идею многозарядной пусковой установки.

С тех пор пороховые ракеты длительное время оставались обязательным видом вооружения русской армии. Они успешно применялись в русско-турецкую войну (1828—1829) при штурме турецких крепостей Варны, Силистрии и Браилова. Огнем плавучих ракетных батарей был обеспечен разгром двух турецких флотилий на Дунае под Силиstriей.

Следующий этап в развитии отечественного ракетного оружия связан с именем выдающегося русского ученого-артиллериста К. И. Константинова (1819—1871). Он разработал новые образцы ракет тех же калибров, что и ракеты Засядко, существенно повысил дальность стрельбы. Так, например, для 4-дюймовой ракеты с 10-фунтовой (4 кг) гранатой она составила более 4 км.

Много усилий отдал Константинов усовершенствованию технологии изготовления ракет. В течение ряда лет он возглавлял Петербургское ракетное заведение, а затем основанный им ракетный завод в Николаеве. Он достиг больших успехов в единообразии изготовления деталей ракет и ракетных зарядов, что повысило надежность ракет, снизило число случайных разрывов при пусках, а также улучшило кучность боя.

Курс лекций «О боевых ракетах», прочитанный Константиновым в Артиллерийской академии в 1860 г., явил-

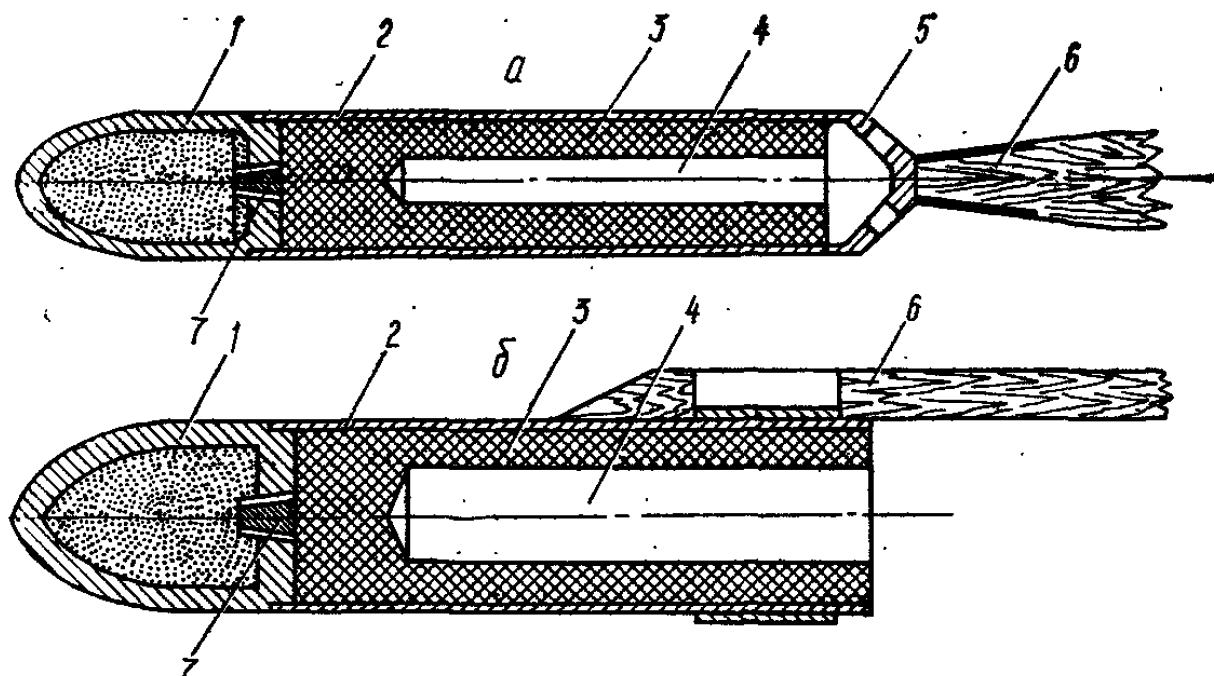


Рис. 11. Ракеты XIX в. на черном порохе:

а — с центральным хвостом; б — с боковым хвостом; 1 — боевая часть; 2 — гильза; 3 — пороховой заряд; 4 — ракетная пустота; 5 — поддон; 6 — хвост; 7 — дистанционный состав

ся первым фундаментальным трудом по теории пороховых ракет. В нем Константинов впервые сформулировал основной закон движения ракеты, указав, что в каждый момент горения пороха количество движения, сообщаемое ракете, равно количеству движения истекающих газов.

Основные варианты конструкций ракет XIX в. показаны на рис. 11.

Ракетный состав делали из пороховой мякоти, применявшейся для изготовления орудийного пороха, с добавлением тертого древесного угля. Такая добавка снижала скорость горения, обеспечивая более длительную работу ракетного двигателя. Смоченный спиртом, ракетный состав вручную набивали в цилиндрическую гильзу, свернутую из листового железа и скрепленную по образующей заклепками или медным припоем. Внутри заряда оставлялся при прессовании либо просверливался по окончании прессования канал цилиндрической, а иногда конической формы — «ракетная пустота». Воспламенившийся заряд горел изнутри — по поверхности этого канала. Стабилизация ракеты в полете обеспечивалась деревянной планкой — ракетным хвостом (центральным или боковым). В первом случае хвост крепился к гильзе с помощью поддона с отверстиями для истечения пороховых газов. Во втором — при помощи скоб.

Спереди к гильзе присоединялась боевая часть — колпак с зажигательным составом или разрывная (фугасная) граната. Передача огня от ракетного двигателя к разрывному либо зажигательному заряду осуществлялась с помощью дистанционного порохового состава.

Поскольку в ракетном двигателе не использовалось сверхзвуковое сопло (тогда оно еще не было известно), пороховые газы истекали из двигателя со скоростью, не превышавшей скорость звука. Продукты горения черного пороха обладали низким значением RT_0 (см. формулу 4). Все это приводило к тому, что эффективная скорость истечения U_e была низкой — 700...800 м/с. Отсюда малые скорости ракет и сравнительно небольшие дальности стрельбы, хотя они в два-два с половиной раза пре-восходили дальность стрельбы орудий того времени.

При боевом применении пороховых ракет выявился их существенный недостаток — низкая кучность боя. На устранение его направлялись усилия не одного поколения ракетчиков.

В чем же основная причина низкой кучности боя не-управляемых ракет?

Дело в том, что направление действующей на ракету тяги обычно бывает смещенным относительно центра масс на величину, называемую эксцентризитетом тяги и обозначаемую Δ . Такой эксцентризитет, как это показано на рис. 12, может появиться вследствие несоосности отдельных узлов ракеты, углового перекоса их при сборке. Причиной эксцентризитета может быть и нарушение геометрии ракетной гильзы при изготовлении (эллипс вместо окружности), и смещение центра массы заряда в сторону от оси камеры. Наконец, эксцентризитет тяги появлялся и вследствие неравномерного истечения газов из двигателя.

После схода ракеты с пускового станка на участке свободного полета при наличии эксцентризитета возникает момент силы тяги относительно центра масс ракеты $M = P\Delta$. Под действием этого момента ракета начинает поворачиваться, а тяга, действующая вдоль оси ракеты, начинает толкать ее в новом направлении, уводя с заданной траектории. Если действие эксцентризитета проявляется в вертикальной плоскости, это приводит к отклонению ракеты по дальности, а если в горизонтальной — к боковому отклонению.

Величина эксцентризитета и направление действия вы-

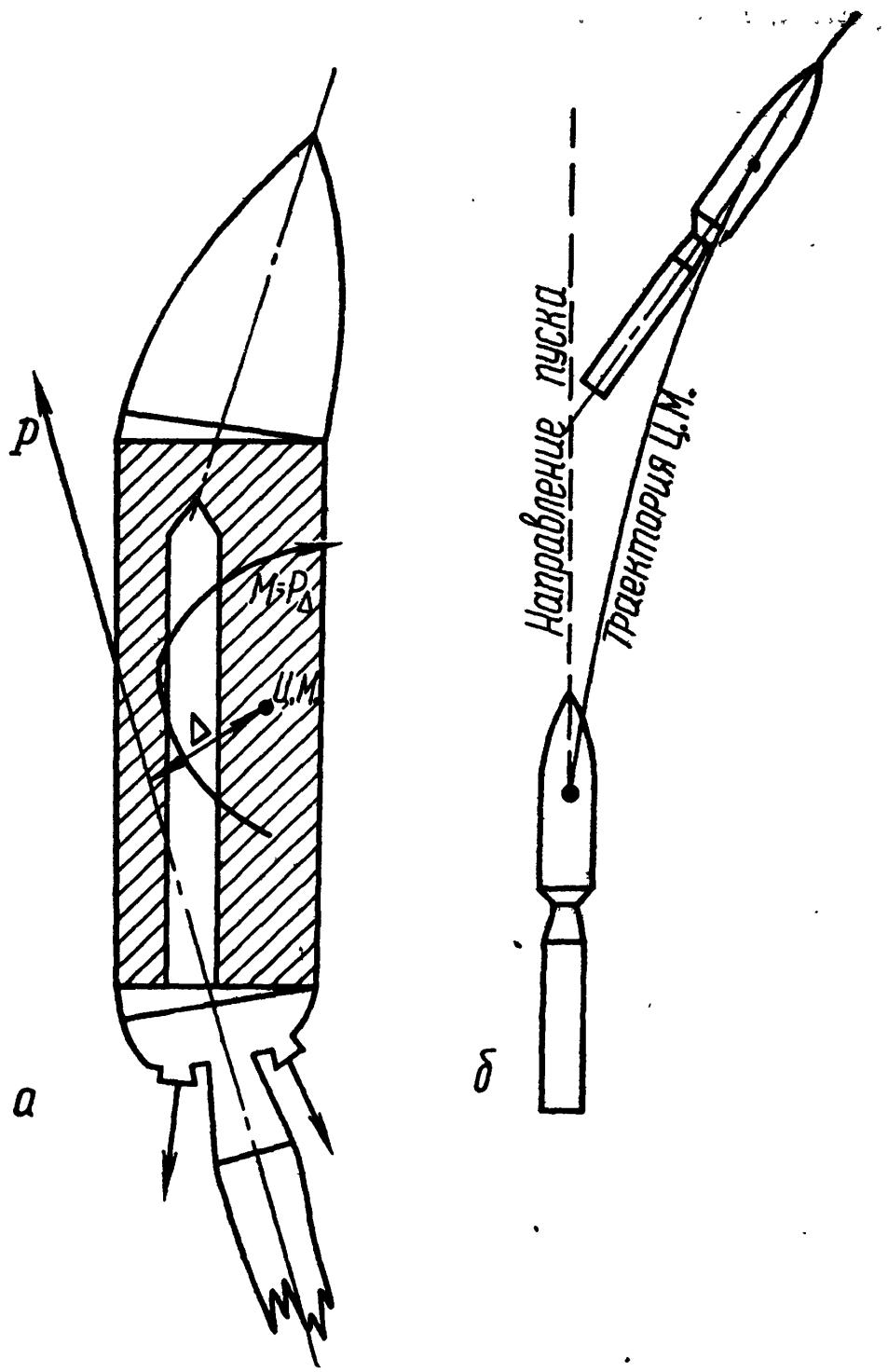


Рис. 12. К объяснению причин низкой кучности неуправляемых ракет:

а — возникновение эксцентриситета тяги; б — отклонение ракеты от направления пуска, вызываемое эксцентриситетом тяги

шанного им момента тяги меняются от ракеты к ракете, от пуска к пуску. Поэтому и вызванные этим явлением отклонения траектории полета ракет неодинаковы и носят случайный характер. Наряду с этим на снижение кучности боя ракет влияют и такие причины, как изменение массы заряда, состава пороха и его энергетических характеристик, массы металлических частей двигателя и боевой части, искривления хвоста.

Изменение энергетических характеристик пороха скаживается также на величине эффективной скорости истечения U_e , что согласно формуле Циолковского (7), приводит к изменению максимальной скорости ракеты, а следовательно, и к отклонению по дальности.

Наибольшее боковое отклонение ракет при стрельбе на дальность 1 км составляло 90..120 м.

3. РАСЦВЕТ РАКЕТНОГО ВООРУЖЕНИЯ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XIX В.

Производство ракет в России к середине XIX в. достигло значительных масштабов. Так, в течение Крымской войны Петербургское ракетное заведение изготовило свыше 20 тысяч боевых ракет, которые были направлены в Севастополь, Одессу, на Кавказ, на Дунайский театр военных действий. На Кавказе в сражении при Кюрюк-Дара 18-тысячный русский отряд разгромил 60-тысячную турецкую армию. Важную роль в победе сыграли ракеты. Один из участников сражения писал: «Кавалерия (турецкая), стоявшая твердо под картечью и пулями, не могла выстоять под ракетами. Ракеты разом остановили натиск и произвели беспорядок в (турецких) колоннах». Успешно применяли ракеты героические защитники Севастополя. Ракетная команда, возглавляемая штабс-капитаном Ф. Пестичем, вела обстрел вражеских траншей с необычной позиции — из окон третьего этажа морских казарм.

Значительное применение ракетное оружие находит и в других европейских армиях: французы израсходовали под Севастополем около 3000 ракет, а количество станков для пуска ракет в австрийской армии составляла четверть всего артиллерийского парка.

Чем же объясняется расцвет ракетной техники в этот период? Во-первых, высокой мобильностью ракетных установок по сравнению с артиллерийскими системами того времени. Так, например, для перевозки в горных условиях мортиры Гагарина массой около 400 кг и четырех выстрелов к ней требовалось 5 вьючных лошадей. Эти же лошади могли перевезти 10 ракет калибром 4 дюйма с боевыми частями массой в 16 кг и пусковой станок массой 64 кг. Заметим, что дальность стрельбы мортиры составляла 930 м, а ракеты — 1370 м. Именно поэтому ракеты оказались весьма эффективным видом вооружения при боевых действиях в горах, на труднопроходимой

**Характеристики орудий полевой артиллерии различных периодов ее разви-
тия**

Название орудий		Калибр, мм	Масса снаряда, кг	Начальная скорость, м/с	Дальность стрельбы, м	Масса системы в боевом положении, кг	Скорость движения, км/ч	Скорострельность, выстрелов в мин
Орудие XV в.	XIV — начала	100	4,0	—	400	230	—	—
Орудие конца XVIII в.		87	2,0	—	1 200	700	—	0,5
Орудие обр. 1838 г.		95	3,0	300	1 600	770	—	0,5
Орудие обр. 1867 г. (нарезное)		87	5,7	305	3 400	770	До 12	1
Орудие обр. 1877 г.		87	6,65	445	6 400	834	До 12	2
Орудие обр. 1895 г.		87	6,65	445	6 400	982	До 12	4
Орудие обр. 1902 г.		76,2	6,5	588	6 400	1100	До 12	12
Орудие обр. 1936 г.		76,2	6,23	700	14 000	1600	До 25	25

Примечание: Все числа округлены.

местности. Ракетные команды всюду сопровождали передовые подвижные отряды в то время, когда орудия не могли следовать за ними и оставались позади.

Во-вторых, дальностью стрельбы ракет, которая при равных массах боевого груза в два-три раза превосходила дальность стрельбы артиллерийских систем. К примеру, дальность стрельбы 4-дюймовой ракеты при массе боевой части 4 кг составляла 4150 м, дальность же стрельбы орудия обр. 1838 г. при массе ядра 3 кг — всего 1600 м (см. табл. 1). Ракета наименьшего калибра 2 дюйма, состоявшая на вооружении русской армии, с двухфунтовой (0,8 кг) гранатой обеспечивала дальность стрельбы 2600 м.

В-третьих, более высоким могуществом действия ракет у цели. Даже при одинаковых калибрах ракета за счет продолговатой формы боевой части переносила к цели значительно большее количество боевого снаряжения, чем ядра. Но сверх того ракеты были способны переносить на дальности артиллерийского огня (600...1000 м) большие разрывные заряды для уничтожения укреплений противника. Как правило, ракеты имели сменные боевые части: более легкие для настильной стрельбы на дальние дистанции, утяжеленные — для навесной стрельбы на ближние. Например, 2-дюймовая ракета могла снаряжаться утяжеленной десятифунтовой (~4 кг) боевой частью.

Наряду с этим создавались и специальные образцы ракет большого могущества действия у цели. Поскольку кустарный способ производства не позволял изготавливать двигатели большого калибра, применяли связки из ракетных двигателей. Это позволяло метать разрывные заряды из черного пороха массой до 80 кг (5 пудов), пробивавшие бреши в оборонительных земляных валах шириной до 8 м. Имеются сведения об опытах со связками из 12 ракетных двигателей для метания 18-пудовых бомб.

Следует также отметить, что кучность боя гладкоствольных орудий была крайне низкой. Поэтому наиболее существенный недостаток ракет — отклонение в полете от заданного направления — не выглядел столь нетерпимым.

Наряду с усовершенствованием конструкции ракет и технологии их изготовления шел поиск новых направлений и форм использования ракетного оружия.

В XIX в. в военных действиях большую роль играли

оборона и осада крепостей. Наступающий начинал осаду с рытья траншей, позволявших подтянуть огневые средства поближе к крепостным стенам, с прокладывания подземных галерей и закладки минных горнов — мощных пороховых зарядов для взрыва стен и бастионов. В свою очередь, обороняющийся скрытно рыл подземные ходы в сторону противника, закладывая в них контрмины, чтобы подорвать их в тот момент, когда над местом закладки появятся вражеские войска или вблизи него пройдут подземные галереи противника.

Все это требовало большого объема земляных работ и немалого времени. Русский военный инженер генерал К. А. Шильдер разработал так называемую трубную систему обороны крепостей с использованием ракет. Вместо рытья густой сети подземных галерей он предложил от магистральной галереи рыть короткие рукава, от которых во всех направлениях сверлить скважины небольшого (~ 200 мм) диаметра. Одни из этих скважин пробуривать горизонтально для противодействия подземным работам противника, другие — наклонно с выходом на поверхность земли. Длина скважин могла достигать 30 м. В наклонные скважины, как в направляющие стволы, закладывались ракеты, которые неожиданно для осаждающего могли запускаться из-под земли, поражая его живую силу и разрушая полевые укрепления.

В 1834 г. на Неве в 40 верстах от Петербурга состоялись испытания первой в мире подводной лодки, вооруженной ракетами, созданной по проекту того же К. А. Шильдера. Ее построили на Александровском заводе в Петербурге под руководством мастера Горохова. Новшеством в судостроении того времени был цельнометаллический корпус. При водоизмещении около 16 т подка имела в длину 6 м, в диаметре 1,8 м. Обшивка из стальных листов толщиной около 5 мм, подкрепленная шпангоутами, допускала погружение лодки на глубину 12 м. Движение осуществлялось гребками (по два с каждого борта), приводимыми в действие воротами, которые пращали четыре члена экипажа. Скорость хода составляла не более 2,5 версты в час.

Вооружение лодки состояло из подводной мины и пороховых ракет, размещавшихся в шести трубчатых направляющих (по три с каждого борта), прикрепленных к корпусу лодки на подвижных стойках. Необходимый для стрельбы угол возвышения придавался подъемом стойки,

а герметизация направляющих с ракетами при подводном плавании обеспечивалась пробками с резиновыми колпаками, которые при пуске выбивались ракетами и газами. Стрельба ракетами могла производиться как при всплытии лодки на поверхность, так и в погруженном состоянии, из-под воды. Впервые в мировой практике ракетные заряды воспламенялись электrozапалами, соединенными с гальванической батареей внутри лодки. Действие электrozапала основано на использовании дуги, образующейся между двумя подключенными к цепи угольками, которая была открыта в начале XIX в. выдающимся русским ученым В. В. Петровым.

Работы по усовершенствованию первой подводной лодки продолжались вплоть до 1841 г., но две важнейшие проблемы подводного плавания так и остались нерешенными. Не был разработан двигатель, обеспечивающий перемещение лодки под водой с достаточной скоростью, а также плавание ее на большом удалении от своих баз. Не была обеспечена ориентация лодки под водой, и она перемещалась практически вслепую.

Понятно, что такие проблемы и не могли быть решены при тогдашнем уровне техники, а без этого подводная лодка не могла быть принята на вооружение.

Хотя первая русская подводная лодка и не получила применения на флоте, ее создание явилось крупной победой отечественной техники, предвосхитившей выдающиеся успехи в развитии нашего подводного флота и ракетостроения.

Глава III. БЕЗДЫМНЫЙ ПОРОХ И ТЕХНИЧЕСКИЙ ПЕРЕВОРОТ В АРТИЛЛЕРИИ

1. НАРЕЗНОЕ ОРУДИЕ НА БЕЗДЫМНОМ ПОРОХЕ

Мощный подъем промышленности во второй половине XIX в. создал предпосылки для технического переворота в области артиллерии.

С середины XIX в. начался переход к нарезным орудиям, но сама идея нарезного ствола не была новой. В артиллерийском историческом музее в Ленинграде хранится медная пищаль с 10 винтовыми нарезами изготовления 1615 г. Однако только промышленный подъем

второй половины XIX в. сделал возможным массовое производство нарезного орудия. Начиная с этого времени главным материалом для орудийных стволов становится сталь.

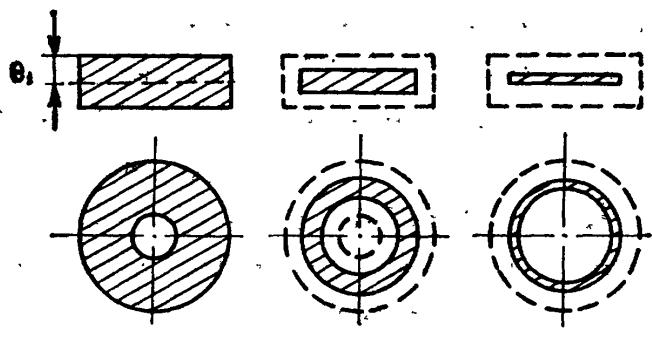
Вначале для стрельбы из орудий с нарезными стволами применялись снаряды со свинцовой оболочкой, внешний диаметр которых равнялся диаметру канала ствола по дну нарезов. В дальнейшем для ведения снаряда по нарезам стали применять закрепленные на его корпусе медные ведущие пояски. При выстреле пояски врезаются в нарезы, и, двигаясь по каналу ствола, снаряд начинает вращаться со скоростью в несколько тысяч или даже десятков тысяч оборотов в минуту. Это позволило обеспечить устойчивый полет продолговатых снарядов длиной до 3,0...3,5 калибра, которые стали доставлять к цели разрывной заряд в несколько раз больший, чем сферическое ядро. Понятно, что могущество действия снаряда у цели возросло.

Поперечная нагрузка продолговатого снаряда оказалась в несколько раз выше, чем у ядра. За счет его более обтекаемой формы возросла дальность.

Для того чтобы оценить эффект, достигнутый при переходе к нарезному орудию, достаточно сравнить характеристики гладкоствольного орудия обр. 1838 г. (калибр 95 мм) и нарезного орудия обр. 1867 г. (калибр 87 мм). Масса снаряда (см. табл. 1) увеличилась с 3,0 до 5,7 кг, а дальность возросла более чем в два раза: с 1600 до 3400 м. Полет снаряда, выстреливаемого из нарезного орудия, получился более правильным, а вследствие этого кучность новых орудий превзошла кучность гладкоствольных при стрельбе на 1 км в пять раз. В это же время вводятся клиновые и поршневые затворы. Орудия стали заряжаться с казны. Тем самым был сделан важный шаг к повышению скорострельности.

Однако подлинный переворот в области артиллерии был обусловлен появлением бездымных порохов с более высокими, чем у черного пороха, энергетическими характеристиками.

В России опыты по изготовлению бездымных порохов начались в 1887 г. на Охтенском пороховом заводе под руководством профессора Н. П. Федорова. В 1890 г. там были построены пороховые мастерские, а в 1891 г. выпущена первая партия бездымного пороха. Важную роль в развитии отечественного пороходелия сыграл гениаль-



a

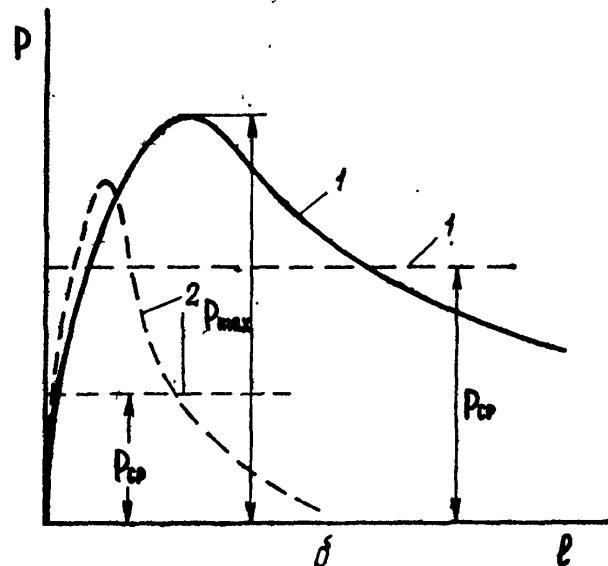


Рис. 13. Процесс выстрела в орудии на бездымном порохе:
а — сгорание пороховых зерен; б —
кривые давления; 1 — для орудия на
бездымном порохе; 2 — для орудия
на черном порохе

ный русский химик Д. И. Менделеев, Создавший особый вид пороха — пироколлодийный.

Что же собой представляет бездымный порох? Основной его компонент — пироксилин или нитроклетчатка, получающаяся при обработке клетчатки (хлопка, древесины) азотной кислотой. Образующееся вещество содержит в каждой молекуле атомы горючих элементов — углерода и водорода и атомы окислителя — кислорода, разделенные барьером — атомами азота. При возбуждении молекул этот барьер устраняется, и атомы горючего, взаимодействуя с атомами кислорода, образуют продукты сгорания CO_2 , CO , H_2O . В процессе реакции выделяется значительное количество тепла и образуется большое количество газов, объем которых (охлажденных до комнатной температуры) составляет 800...900 л на 1 кг пороха. Характеристика RT_0 для бездымного пороха в три раза выше, чем для дымного. При смешении нитроклетчатки со смесью этилового спирта и эфира образуется пластическое вещество, которое можно продавливать через матрицу, придавая ему желаемую форму (трубка, пруток, лента). Затем во время сушки спиртоэфирный растворитель из пороха удаляется. Так получаются пороха на летучем растворителе. Позднее появились нитроглицериновые порохи, содержащие наряду с нитроклетчаткой и нитроглицерин.

Бездымный порох внешне похож на целлULOид. Применяют его в виде зерен или пучков трубок и лент. Так как элементы заряда из бездымного пороха очень прочны и эластичны, то при горении они не распадаются, как

это было у зерен черного пороха, а сгорают концентрическими (параллельными) слоями (рис. 13). Скорость горения бездымных порохов ниже, чем черного пороха, что позволяет растянуть процесс сгорания заряда во времени, избежать излишне большого прихода пороховых газов в начале движения снаряда и, следовательно, избавиться от острого пика на кривой давления. На рис. 13 для сравнения приведены характерные кривые давления для орудий на дымном и бездымном порохах. Последняя кривая получается более плавной, т. е. значительно снижается коэффициент k_p . Для более полного использования энергии пороховых газов, образующихся при относительно медленном сгорании бездымного пороха, стволы стали делать более длинными. Повышение RT_0 , уменьшение k_p , увеличение длины ствола l_d , наконец, повышение P_m за счет применения более прочного материала ствола, как следует из формул (9) и (10), должны были привести к увеличению начальной скорости V_0 , а следовательно, и дальности стрельбы. По сравнению с нарезными орудиями на черном порохе дальность возросла вдвое, было покончено с клубами густого дыма, окутывавшего орудие после каждого выстрела. Тем самым возникли предпосылки для повышения скорострельности. К концу XIX в. для полевых систем она составила 4 выстрела в минуту, т. е. возросла в 2...4 раза.

До второй половины XIX в. дымный порох был единственным взрывчатым веществом, применявшимся в артиллерийских снарядах, боевых частях ракет, в подводных и подземных минах. Позже на смену ему пришли новые взрывчатые вещества, обеспечившие более высокое могущество действия снарядов у цели,— тротил, мелинит и др.

В семидесятых годах XIX в. появляется безоткатный лафет, созданный талантливым русским изобретателем-самоучкой В. С. Барановским на основе принципов, и поныне определяющих конструкцию противооткатных устройств артиллерийских орудий. Применявшийся ранее жесткий лафет воспринимал при выстреле полную силу отдачи, равную произведению давления на площадь дна ствола орудия $F = p \cdot S$, составлявшую для полевых орудий десятки тонн (рис. 14). При этом орудие откатывалось назад до тех пор, пока кинетическая энергия отката не поглощалась работой сил трения орудия о фуги. Для производства следующего выстрела орудие требовалось

Рис. 14. Орудие на жестком лафете

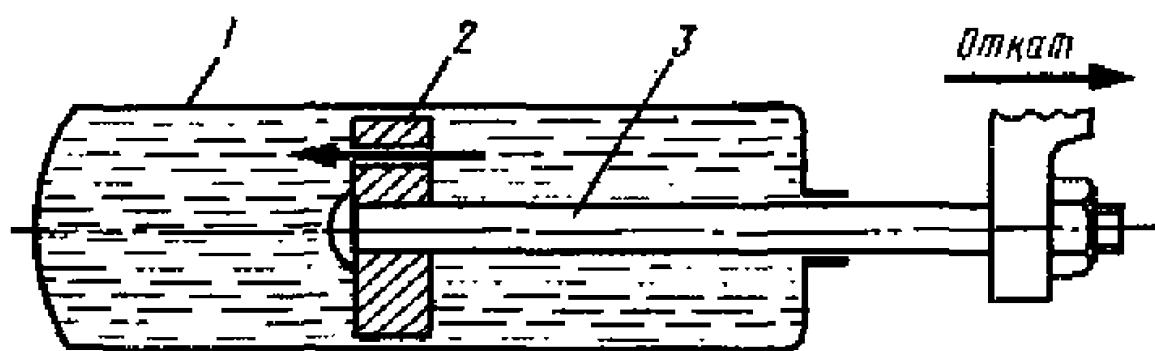
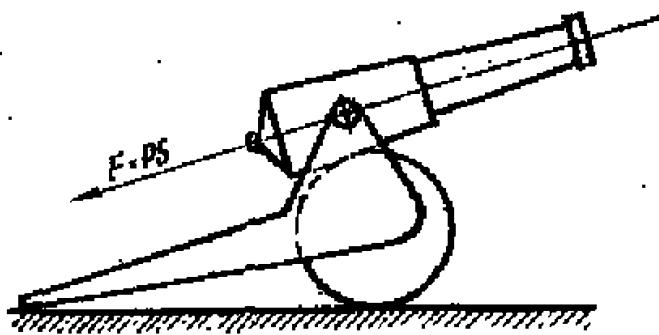


Рис. 15. Принципиальная схема гидравлического тормоза отката

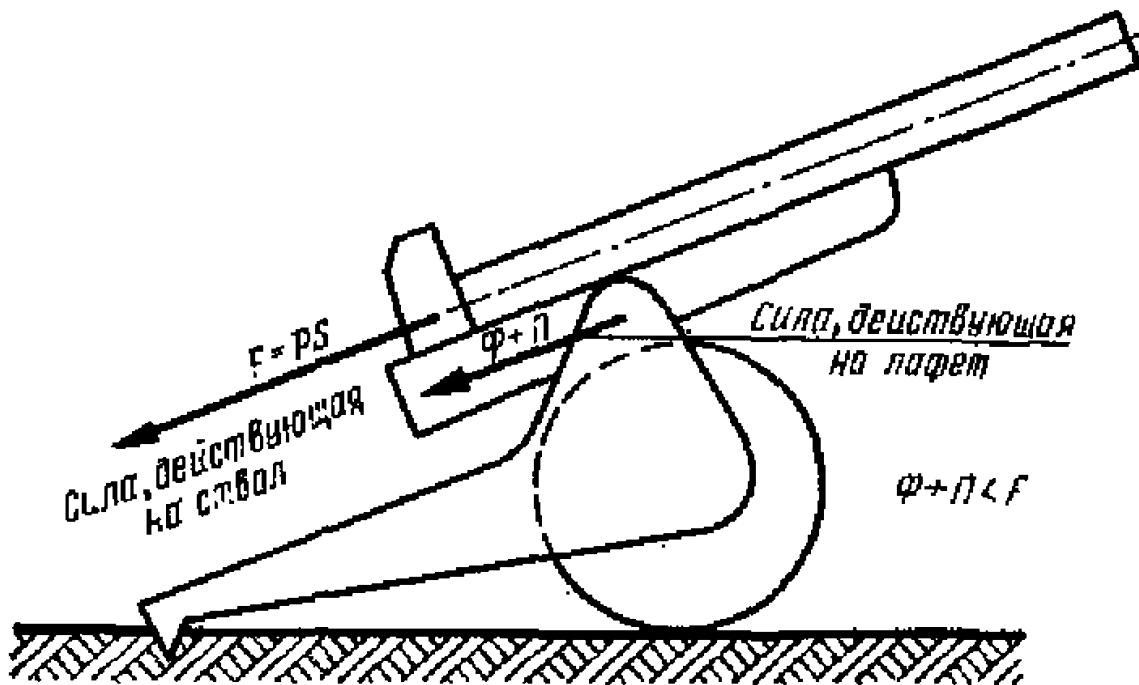


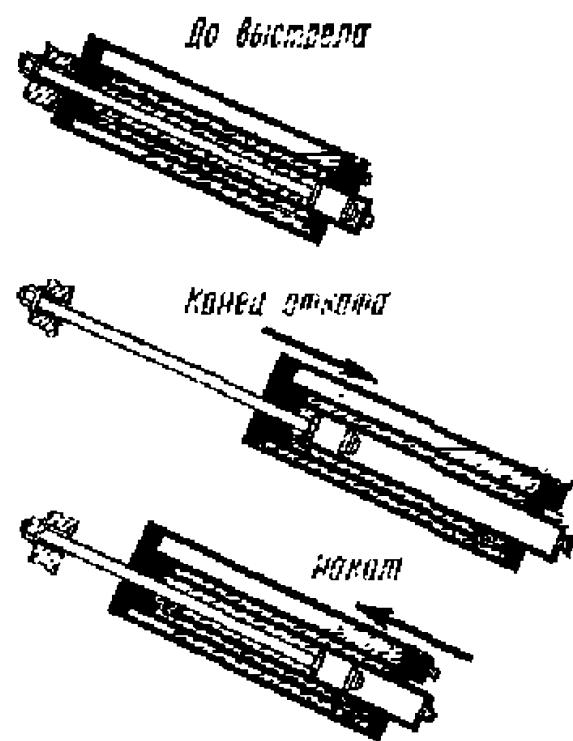
Рис. 16. Силовая схема орудия с противооткатными устройствами

Рис. 17. Схема действия накатника пневматического типа *

накатить вперед и восстановить сбившуюся наводку прицела.

В лафете с противооткатными устройствами при выстреле откатывается лишь ствол орудия по направляющим элементам лафета, а также скрепленные с ним части тормоза отката и накатника. Принципиальная схема устройства гидравлического тормоза отката представлена на рис. 15. В цилиндре 1 перемещается поршень 2 со штоком 3, связанным с откатывающимся стволов. Внутренняя полость цилиндра заполняется жидкостью. Во время движения поршня жидкость перегоняется из одной части полости в другую через узкое отверстие в поршне. Вследствие внутренних сил трения значительная часть кинетической энергии откатывающихся частей будет расходоваться на нагрев жидкости. Образующееся тепло будет передаваться стенкам цилиндра и через них в окружающую среду. Часть энергии отката аккумулируется в накатниках, предназначенных для возврата ствola в исходное положение. В этом случае на лафет будет действовать суммарная сила сопротивления тормоза отката Φ и накатника L , которая во много раз меньше силы $F = p \cdot S$, приложенной к откатывающемуся стволову (рис. 16).

Накатники могут быть пружинного и пневматического типа. Сжатые при откате пружины после полного торможения отката посылают ствол вперед и возвращают его на прежнее место. В пневматических накатниках (рис. 17) поршни, связанные штоками со стволов, при откате перегоняют жидкость в резервуары со сжатым воздухом. Объем, занимаемый воздухом, уменьшается, давление возрастает. После окончания отката жидкость, высвобожденная сжатым воздухом из резервуаров, давит на поршни, перемещая вместе с ними ствол в исходное положение.



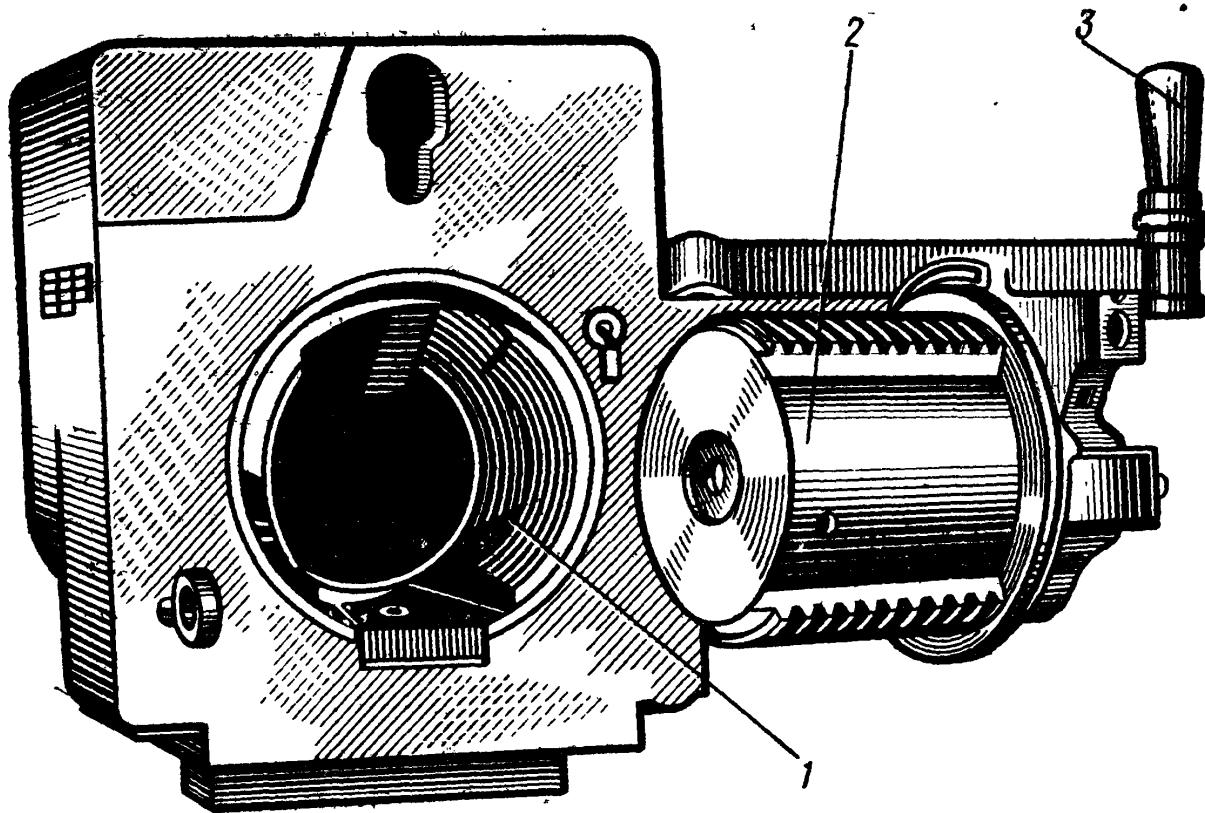


Рис. 18. Поршневой затвор:

1 — затворное гнездо казенника; 2 — поршни; 3 — рукоятка рамы

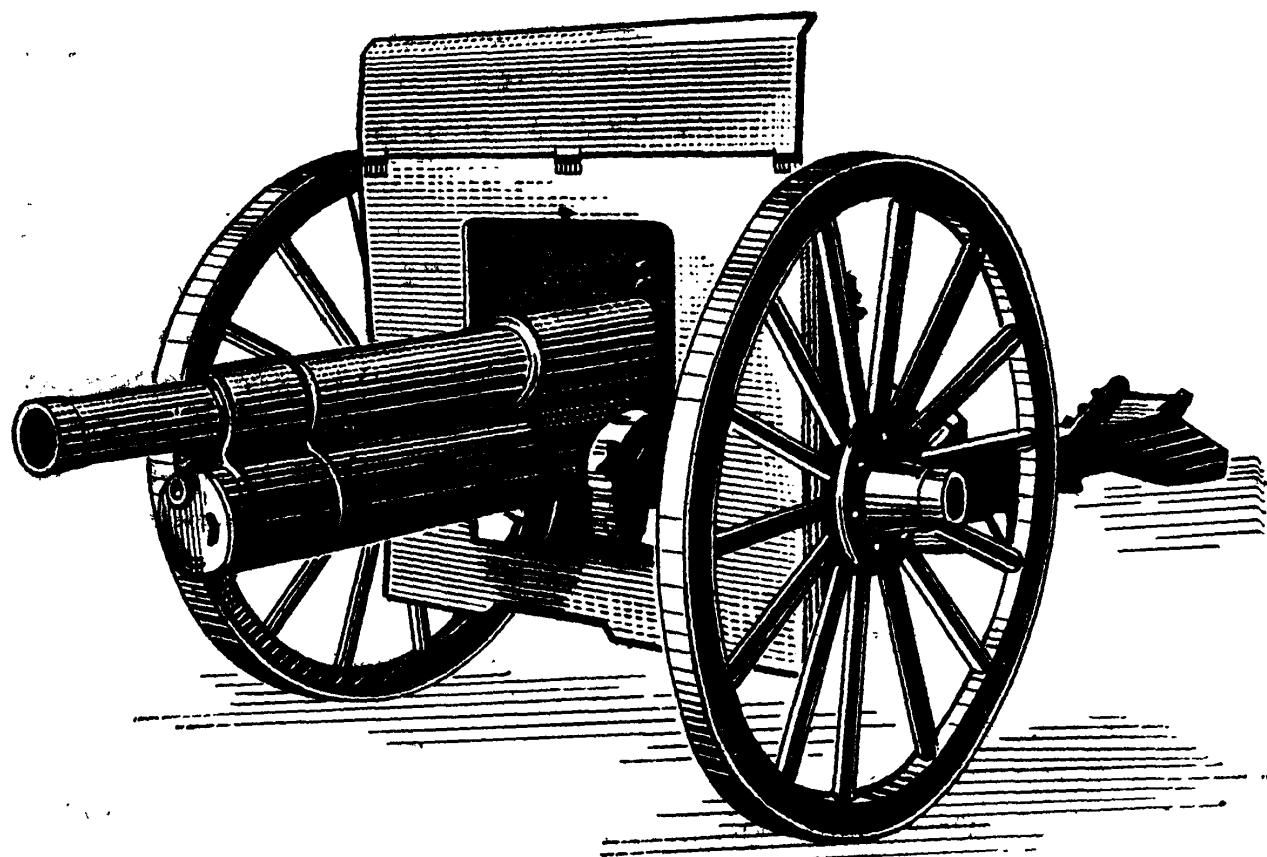


Рис. 19. 76-мм полевая пушка обр. 1902 г.

Барановский впервые в мире применил поршневой затвор (рис. 18). При его закрывании поршень поворачивается вокруг своей оси, выступы на его боковой поверхности входят в кольцевые пазы казенника. В результате поршень плотно сцепляется со стволовом орудия.

Барановский создал также унитарный патрон-сборку, объединяющую гильзу с капсюльной втулкой, пороховой заряд и снаряд, скрепленный с гильзой. Применение унитарного заряжания в орудиях малого и среднего калибра явилось важным условием повышения их скорострельности. В орудиях большого калибра используют раздельное заряжание, при котором вначале в ствол орудия посыпается снаряд, а затем в патронник вставляется гильза с зарядом. В орудиях большой мощности применяется картузное (безгильзовое) заряжание, когда заряд помещают в орудие в специальной упаковке — картузе.

В итоге технического переворота в полевой артиллерию появилось орудие нового типа со следующими отличительными особенностями: зарядом из бездымного пороха; нарезным стволовом; безоткатным лафетом; унитарным заряжанием с казенной части.

Наиболее совершенным образцом такого орудия явилась принятая в 1902 г. на вооружение русской армии 76-мм скорострельная полевая пушка (рис. 19). Эту пушку разработали инженеры Путиловского завода под руководством выдающегося русского ученого-артиллериста, профессора Н. А. Забудского. Орудие могло стрелять на дальности до 6,4 км, скорострельность его составляла 12 выстрелов в минуту. 76-мм пушка обр. 1902 г. стала основным орудием русской, а затем и советской полевой артиллерии. Она широко применялась в первую мировую и гражданскую войны. После модернизации в 1930 г. орудие осталось в строю советской артиллерии и применялось в первый период Великой Отечественной войны.

2. РАКЕТНОЕ ВООРУЖЕНИЕ ПРИХОДИТ В УПАДОК

Как же сказался технический переворот в области ствольной артиллерии на судьбе пороховых ракет? Казалось бы, изобретение бездымных порохов открывает равные возможности для совершенствования как орудия, так и ракеты. Но в действительности все сложилось по-иному. Из применявшихся в артиллерии бездымных по-

рохов можно было изготавливать пороховые элементы (зерна, ленты) с очень малой толщиной свода — размёром, определяющим время горения заряда (см. рис. 13). Если заряд из такого пороха поместить в ракетную камеру, он начнет очень быстро гореть, а затем основная его масса будет, как картечь, выброшена из двигателя истекающими газами. Поэтому, чтобы использовать бездымный порох в ракете, потребовалось изыскать новые составы, позволяющие изготавливать шашки больших размеров с большим временем горения, а также разработать новую конструкцию ракетного двигателя. К этому ракетная техника придет позднее, почти пятьдесят лет спустя. А в то время, в последней четверти XIX в., резкое улучшение характеристик артиллерийских орудий изменило отношение военных специалистов к ракетному вооружению, застывшему в своем развитии. Ведь новые орудия имели высокую дальность, хорошую кучность боя, были сравнительно легкими, подвижными, скорострельными.

В 1884 г. был произведен опрос командующих военными округами России о целесообразности сохранения на вооружении боевых ракет. Все они дали отрицательный ответ, и производство боевых ракет в 1886 г. полностью прекратилось. Конструкторские работы в области ракетной техники свелись к усовершенствованию 3-дюймовой осветительной ракеты — единственного ракетного образца, сохранившегося на вооружении русской армии.

Но вот появляется изобретатель, который в этих условиях делает смелую ставку на ракетную технику и предлагает новые формы ее использования.

В апреле 1912 г. бывший вице-директор Путиловского завода И. В. Воловский подал на имя военного министра докладную записку с проектами многозарядной ракетной установки, монтируемой на автомобиле, и ракетной митральезы для стрельбы с самолета.

Воловский предлагал для пуска ракет установить на автомобильном шасси пакет из 50 направляющих в виде тонкостенных труб-стволов. Пакету можно было с помощью подъемного и поворотного механизмов придавать требуемые углы наведения. Каждый из стволов имел электроконтакт, соединенный с соответствующей кнопкой пускового пульта.

Ракетная митральеза представляла собой пакет из 20 направляющих, монтируемый на самолете, и предназначалась для стрельбы как по наземным, так и по воз-

душным целям. Важнейшей из наземных целей Воловский считал кавалерию, которая в то время являлась главной ударной силой в наступлении. Он полагал, что летчик, наблюдая поле боя с высоты, сумеет правильно оценить место главного удара вражеской конницы и направить в него залп ракет. Воловский предлагал также использовать митральезу для стрельбы с самолета по воздушным целям — аэропланам, дирижаблям и аэростатам.

Нужно заметить, что существенным недостатком этих проектов было то, что они основывались на использовании ракет на черном порохе. Ведь других ракет в то время просто не было.

В условиях чиновниче-бюрократического строя царской России проекты Воловского не получили поддержки и были погребены в архивах военного ведомства. Осуществление мечты изобретателя — создание авиационного ракетного вооружения и высокоподвижных многозарядных ракетных установок на автомобильном шасси — стало возможным лишь в наше время в условиях социалистического строя, благодаря всемерной поддержке развития ракетной техники Коммунистической партией и Советским правительством.

3. ОРУДИЕ В ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЕ

Серьезной всесторонней проверкой боевых качеств орудия нового типа явились первая мировая война (1914—1918). Возросли масштабы использования артиллерии. Резко увеличился по сравнению с прежними войнами расход снарядов. Так, например, только за один день боев под Верденом французская артиллерия выпустила 240 тысяч снарядов. Численность артиллерии непрерывно возрастала. В начале войны в воюющих армиях насчитывалось 25 тысяч орудий, к концу войны их стало 85 тысяч.

Уже первые месяцы войны показали, что легкая пушка, составлявшая основу артиллерийского вооружения воюющих государств, бессильна против укрытых целей и даже полевых сооружений легкого типа. Появилась необходимость в увеличении численности систем с навесной траекторией — гаубиц и мортир.

Широкое применение получил новый вид артиллерийского вооружения — миномет. Прототип миномета был создан и успешно применялся русскими артиллеристами

при героической обороне Порт-Артура в русско-японскую войну (1904—1905). Обладая большой крутизной траектории ($\theta_0 = 70\ldots 80^\circ$), миномет оказался способным поражать закрытые цели, недоступные при настильной стрельбе пушек. К другим достоинствам миномета следует отнести легкость конструкции, простоту устройства и обслуживания, высокую скорострельность, возможность стрельбы из-за укрытия.

Основные части миномета — гладкий ствол, заряжаемый с дула, и опорная плита, воспринимающая силу отдачи при выстреле и распределяющая ее на возможно большую поверхность грунта. Таким образом, миномет явился как бы возвратом к гладкоствольному орудию с жестким лафетом, но используемому в особых условиях — малой скорости выстреливаемой мины и большом угле возвышения ствола. С тех пор миномет стал незаменимым огневым средством поддержки пехоты и занял прочное место в вооружении армий всех государств.

До войны многие военные специалисты полагали, что все стоящие перед артиллерией боевые задачи можно решить только шрапнелью или картечной гранатой, представляющей собой снаряд, заполненный сферическими пулями. При срабатывании в полете дистанционного устройства вышибной заряд выбрасывал пули из снаряда вперед, сообщая им добавочную скорость. К началу войны шрапнель составляла основу боекомплекта орудий. Однако уже в первых боях артиллерия встретилась с большим разнообразием целей, против которых шрапнель оказалась бессильной. Пришлось вводить на вооружение новые типы снарядов. Но все же основным артиллерийским снарядом от начала и до конца войны была фугасная граната, снаряженная такими взрывчатыми веществами, как тротил и мелинит.

В ходе войны широкое применение получила стрельба орудия по невидимой цели с закрытой огневой позиции. Впервые такая стрельба была осуществлена русскими артиллеристами в русско-японскую войну. Тем самым нарушилось бытовавшее в артиллерии на протяжении веков правило: «не вижу — не стреляю». Стрельба с закрытых позиций стала возможной благодаря изобретению таких специальных приборов для ведения огня, как панорама, буссоль, новое прицельное приспособление.

Горизонтальная наводка орудия, т. е. поворот ствола в направлении на цель, производится с помощью угло-

мерного устройства панорамы и поворотного механизма орудия. Осуществлять вертикальную наводку, т. е. придавать стволу угол возвышения θ_0 , при котором обеспечивается заданная дальность стрельбы, помогают прицел и подъемный механизм.

В русской артиллерии, как и в артиллерии других воюющих государств, в ходе войны на 100 % возросло число гаубиц и на 500 % тяжелых орудий. Русские артиллеристы в боях с войсками кайзера Германии и Австро-Венгерской империи продемонстрировали высокое мужество и героизм, отличную меткость огня, блестящее искусство в стрельбе с закрытых позиций. Часто промышленность царской России была не в состоянии обеспечить артиллерию необходимым количеством боеприпасов. Но когда снарядов хватало, артиллерия становилась для врача грозою. Решающую роль сыграла она и в прорыве Юго-Западного фронта в мае 1916 г. Мощный огневой удар, нанесенный противнику при артиллерийской подготовке, расчистил русской армии путь к грандиозному наступлению, в ходе которого австрийцы потеряли свыше 500 тысяч человек убитыми, пленными и пропавшими без вести.

Глава IV. **ОРУДИЕ И РАКЕТА СЛУЖАТ СОВЕТСКОМУ СОЮЗУ**

1. СОЗДАНИЕ СОВЕТСКОЙ АРТИЛЛЕРИИ

Особая глава в развитии отечественной артиллерии была открыта 25 октября 1917 г., когда орудийный выстрел крейсера «Аврора» возвестил начало новой эры в истории человечества.

Молодая Красная Армия на 10 июля 1918 г. располагала всего 3 тысячами орудий. Промышленность, находившаяся в состоянии полного упадка, не могла обеспечить армию достаточным количеством вооружения и боеприпасов. И тем не менее артиллеристы Красной Армии, восприняв лучшие традиции русских артиллеристов, вписали немало героических страниц в историю гражданской войны и внесли достойный вклад в победу молодого Советского государства над иностранной интервенцией.

После окончания гражданской войны советская артиллериya развивалась вначале по пути улучшения образцов унаследованных от старой царской армии. Это был в основном период модернизации артиллерии. Закончился он к 1933 г. К этому времени успехи, достигнутые в построении индустриальной базы страны, и прежде всего в развитии тяжелого машиностроения, позволили поставить вопрос о полном перевооружении артиллерии новыми образцами орудий. За короткий период с 1933 по 1940 г. были разработаны и приняты на вооружение такие образцы полевой артиллерии, как 76-мм дивизионные пушки обр. 1936 и обр. 1939 гг., 122-мм и 152-мм гаубицы обр. 1938 г., 122-мм пушка обр. 1931/37 гг., 152-мм гаубица-пушка обр. 1937 г., 305-мм гаубица обр. 1939 г. и ряд других артиллерийских систем. Большой вклад в создание первоклассных орудий внесли конструкторские коллективы, руководимые В. Г. Грабиным, Ф. Ф. Петровым, И. И. Ивановым.

Орудия, созданные в годы Советской власти, существенно отличались и по тактико-техническим показателям, и по устройству от орудий того же калибра, состоявших на вооружении старой русской армии. В чем же эти отличия? Для того чтобы уяснить особенности устройства орудий нового поколения, рассмотрим их на примере 76-мм пушки, самого массового из образцов артиллерийского вооружения того времени.

Дальность 76-мм полевого орудия возросла к 1939 г. до 14...15 км, т. е. более чем вдвое по сравнению с дальностью орудия обр. 1902 г. Добились этого благодаря увеличению начальной скорости, а также улучшению аэродинамической формы снаряда. Только за счет придания 76-мм снаряду удобообтекаемой формы посредством удлинения и заострения головной части снаряда и придания конической формы запояской части удалось повысить дальность на 25...30 %. Но в основном столь резкое увеличение дальности было достигнуто за счет повышения на 15...20 % начальной скорости. Для этого потребовалось усилить заряд и примерно вдвое удлинить ствол.

Устройство подъемного механизма в новых системах допускало приздание стволу больших углов возвышения. Но чтобы при этом казенник не утыкался в грунт, ствол пришлось вынести вперед. В результате центр масс ствола оказался далеко впереди оси качания подъемной

части орудия, что очень затруднило работу наводчика. Ему при подъеме ствола приходилось преодолевать большой момент, создаваемый силой тяжести ствола относительно оси качания. Для облегчения работы был введен механизм, уравновешивающий момент тяжести ствола. Этот механизм, как и накатники, может быть пружинного и пневматического типа, а по виду приложения уравновешивающего усилия он может быть тянувшим и толкающим. В 76-мм орудии использовали тянущий уравновешивающий механизм пружинного типа. При опускании ствола шток, связанный с казенной частью, сжимал пружину, а при подъеме она разжималась. В результате создаваемый пружиной уравновешивающий момент изменяется пропорционально моменту силы тяжести ствола, и усилие, которое наводчик должен прилагать к маховику подъемного механизма, остается примерно постоянным.

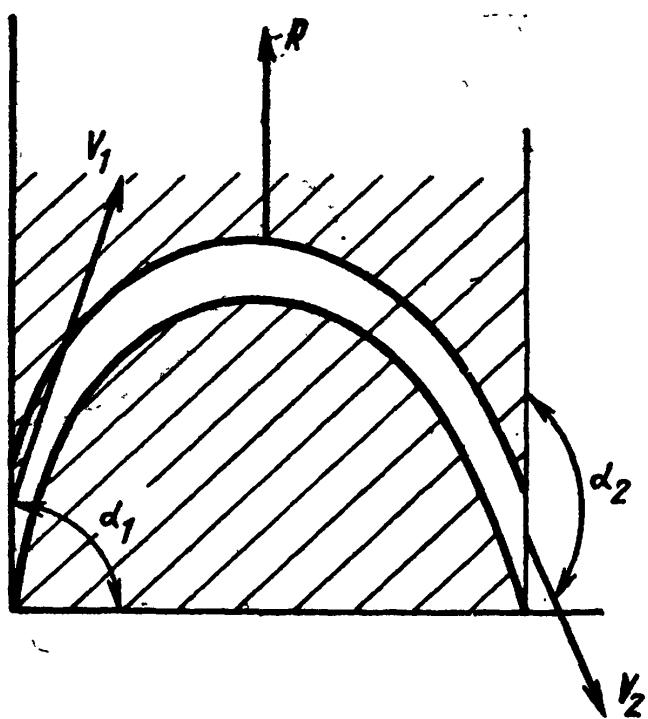
Во всех новых артиллерийских системах ввели раздвижные станины. В походном положении они сдвигаются вместе и соединяются с передком орудия, который крепится к тягачу. При переводе орудия из походного положения в боевое они снимаются с передка, раздвигаются и упираются сошниками в грунт. Применение раздвижных станин позволило резко увеличить сектор горизонтального обстрела орудия. Для старых орудий он составлял всего 6° . Если же необходимо было развернуть ствол на больший угол, приходилось станину («хобот» орудия) поднимать и заносить в сторону. Новое устройство лафета позволяло, не меняя его положения, вести стрельбу в секторе до 60° .

С увеличением начальной скорости снаряда возросла и энергия отката, для погашения которой потребовались более мощные противооткатные устройства и лафет. Значит, неизбежно должна была возрасти масса орудия, и следовательно, снизиться его подвижность. Выходом из положения явился дульный тормоз, устанавливаемый на ствол.

Как работает дульный тормоз? Схема его устройства представлена на рис. 20. Если часть газов, движущихся вслед за снарядом со скоростью U_1 , поступает в криволинейный канал, составляющий на входе с осью ствола угол α_1 , а истекает из него со скоростью U_2 в направлении, составляющем с осью ствола угол α_2 , то сила, с которой газ воздействует на стенки канала, будет равна

$$R = G(U_1 \cos \alpha_1 - U_2 \cos \alpha_2),$$

Рис. 20. К объяснению действия дульного тормоза



где G — секундный расход газа через канал. Наибольшую величину R можно было бы получить при $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = 180^\circ$. Тогда $R_{max} = G(U_1 + U_2)$. Но при отводе газов назад была бы затруднена или даже вообще невозможна работа орудийного расчета. Поэтому газы из дульного тормоза приходится отводить в стороны, ограничиваясь углом $\alpha_2 < 135^\circ$. Для полевых орудий недопустим также отвод газов вверх и вниз из-за появления сильной пыли. На практике используются хотя и менее эффективные, чем выполненные по идеальной схеме, но более простые по конструкции и удобные в изготовлении типы дульных тормозов (рис. 21). На рис. 22 показано, как меняется во времени скорость отката ствола с дульным тормозом и без него. Время t_d соответствует прохождению ведущего пояска снаряда через дульный срез ствола. При отсутствии дульного тормоза при $t > t_d$ скорость отката продолжает возрастать за счет реакции истекающих из ствола газов. С тормозом же отката она резко падает. За счет дульных тормозов представляется возможным поглотить от 20 до 70 % энергии отката.

Следует оговориться, что в 76-мм орудиях, принятых на вооружение в 1936 и 1939 гг., дульного тормоза не было. Но он стал необходимым в процессе дальнейшего усовершенствования орудия этого калибра в годы Великой Отечественной войны.

Как же была решена задача повышения скорострельности 76-мм орудия? Для этого пришлось отказаться от

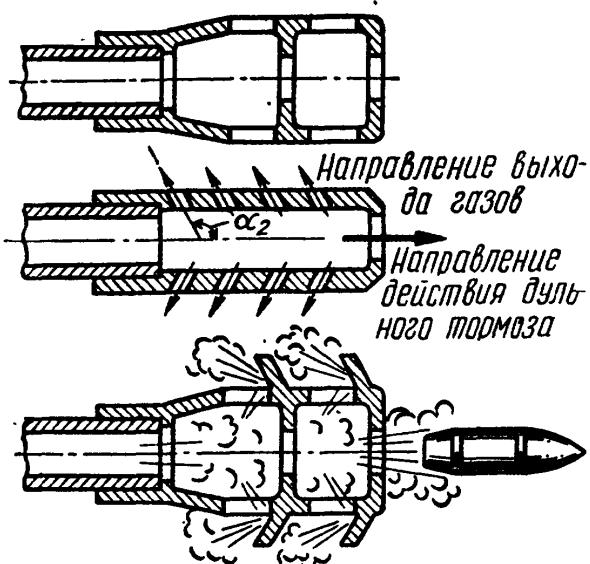


Рис. 21. Основные типы дульных тормозов

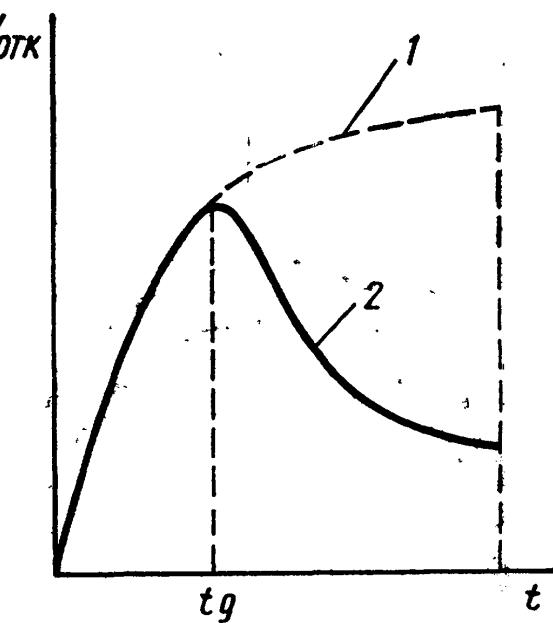


Рис. 22. Изменение во времени скорости отката ствола:
1 — при отсутствии дульного тормоза; 2 — с дульным тормозом

поршневого затвора и заменить его клиновым, который легче закрывается и открывается, более удобен при заряжании, а главное, допускает автоматизацию заряжания. Устройство полуавтоматического клинового затвора более поздней конструкции представлено на рис. 23, 24. Его основной элемент — массивный клин, передняя грань которого перпендикулярна к оси канала ствола, а задняя имеет небольшой скос. Этот клин может перемещаться либо вертикально, либо горизонтально и при движении по направляющим пазам казенника благодаря скосу поддаваться вперед, плотно запирая канал ствола орудия.

Во время отката ствола кулачок полуавтоматики отжимает своим скосом копир, находящийся на кронштейне лафета, и свободно проходит назад, копир под действием пружины возвращается в первоначальное положение. Когда ствол накатывается, кулачок полуавтоматики набегает на копир и поворачивает ось крюкошипа, который опускает клин. Последний ударяет по выступам выбрасывателя и производит экстракцию стреляной гильзы. При движении затвора вниз сжимается возвратная пружина и взводится ударник стреляющего механизма. Затвор удерживается в открытом положении до последующего заряжания, когда закраина досыпаемой гильзы ударит по лапкам выбрасывателя и произведет расстопорение клина. Под действием возвратной пружины клин переместится вверх в положение запирания.

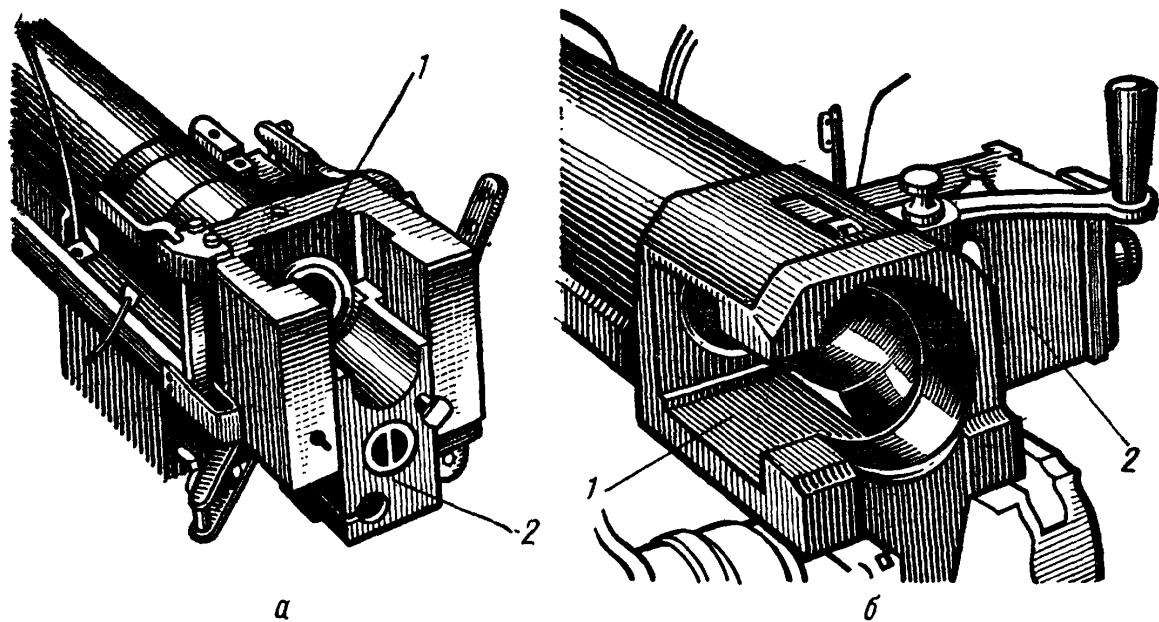


Рис. 23. Клиновые затворы:

а — вертикальный; б — горизонтальный;
1 — казенник; 2 — клин

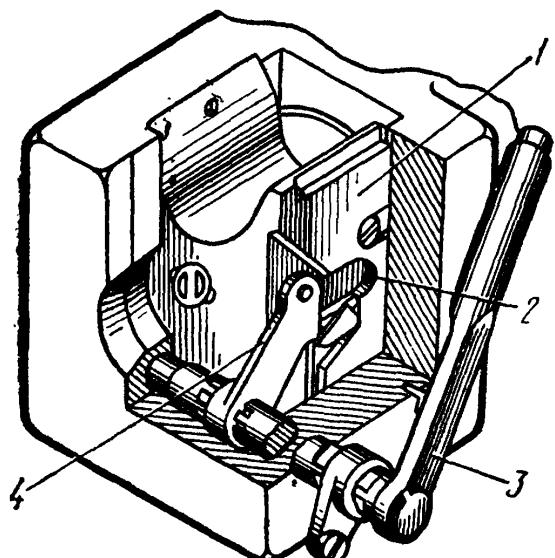


Рис. 24. Запирающий механизм
клинового затвора:

1 — клин; 2 — паз; 3 — рукоятка
затвора; 4 — кривошип с кулачком

Благодаря применению клинового затвора с полуавтоматикой скорострельность 76-мм орудий обр. 1936 и 1939 гг. удалось повысить в два раза (25 выстрелов в минуту вместо 12) по сравнению со скорострельностью орудия обр. 1902 г.

Возросла подвижность орудий, т. е. способность их к быстрым переброскам на большие расстояния и к маневрированию на поле боя. Для 76-мм орудия скорость передвижения увеличилась вдвое (с 12 до 25 км/ч), что стало возможным благодаря изменению ходовой части орудия. Вместо деревянных колес с железными шинами стали применять металлические автомобильного типа с резиновыми шинами, заполненными губчатым каучуком — гусматиком. Чтобы на большой скорости движения избежать вредного воздействия толчков и ударов, было

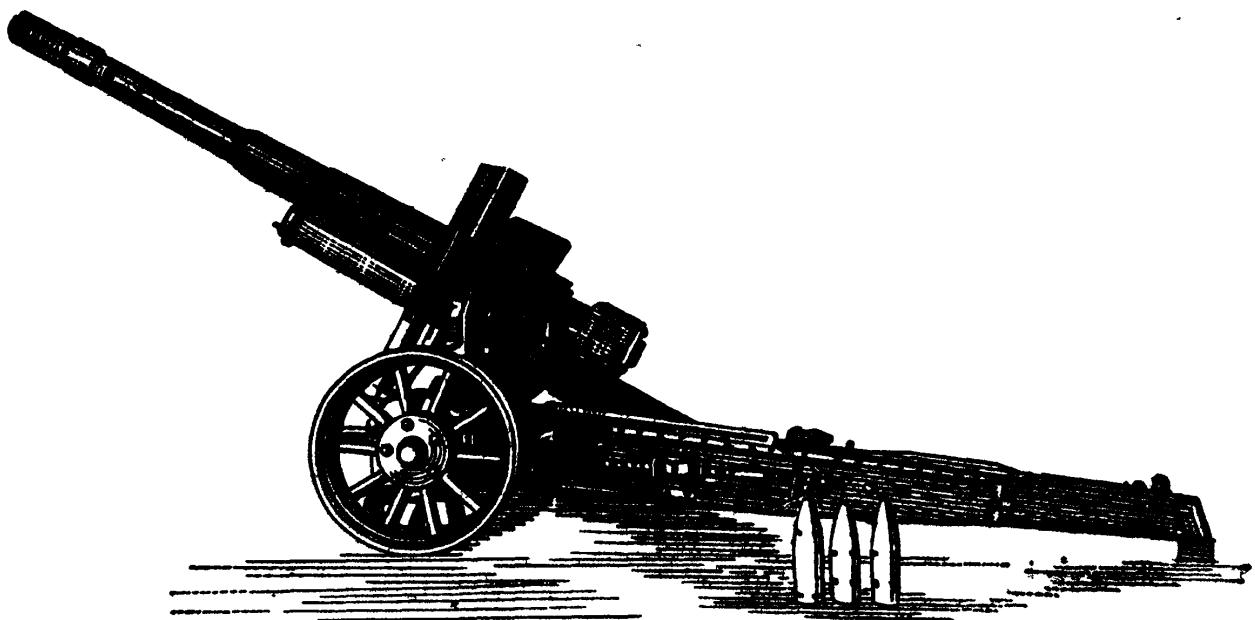


Рис. 25. 152-мм гаубица-пушка обр. 1937 г.

введено подпрессоривание, которое включается при транспортировке орудия и выключается при стрельбе.

В советской артиллерией стала широко применяться унификация, т. е. использование в разных образцах одинаковых деталей, узлов и целых агрегатов. Так, например, 122-мм пушка обр. 1931/37 гг. с дальностью стрельбы 20 км и гаубица-пушка обр. 1937 г. имели общий унифицированный лафет. Новым явилось создание орудия, сочетающего в себе свойства гаубицы и пушки, способного весом и настильную, и навесную стрельбу (рис. 25). Большое развитие получили противотанковая и зенитная артиллерия, о чем будет рассказано в главах VI и VII.

К началу Великой Отечественной войны Советская Армия имела самое совершенное артиллерийское вооружение всех видов, превосходящее по своим тактико-техническим данным вооружение иностранных армий. На 22 июня 1941 г. численность советской артиллерией вместе с минометами определялась в 67 000 стволов.

2. РАЗРАБОТКА РАКЕТЫ НА БЕЗДЫМНОМ ПОРОХЕ

Годы упадка в области ракетного вооружения в конце XIX — начале XX в. ознаменовались выдающимися открытиями в области теории реактивного движения.

Труды выдающихся отечественных ученых К. Э. Циолковского, Ф. А. Цандера, Ю. В. Кондратюка обеспечили дальнейшее развитие ракетной техники, в том числе и пороховых ракет, на прочной научной основе. Достаточно

высокий уровень развития промышленности, успехи в области пороходелия создали предпосылки для претворения в жизнь смелых замыслов изобретателей. И все же потребовалось немало усилий больших коллективов ученых и конструкторов, чтобы воплотить в жизнь идею ракеты на бездымном порохе.

Все началось с того, что инженер-химик Н. И. Тихомиров (1860—1930) в мае 1919 г. в письме на имя управляющего делами Совнаркома В. Д. Бонч-Бруевича обратился к Владимиру Ильичу Ленину с просьбой о содействии в реализации его изобретений. Изобретательской деятельностью в области ракетной техники Н. И. Тихомиров занимался с 1894 г., однако до революции выдвигаемые им проекты не встречали поддержки. Хотя молодая Советская республика переживала тяжелые годы гражданской войны и разрухи, были выделены государственные средства для организации в марте 1921 г. лаборатории для разработки изобретений Н. И. Тихомирова. В мае того же года к Н. И. Тихомирову присоединяется другой энтузиаст ракетного дела В. А. Артемьев (1885—1962), который еще в 1913 г., находясь на службе в Брестской крепости, занялся усовершенствованием 3-дюймовой осветительной ракеты на черном порохе — единственной ракеты, оставшейся на вооружении русской армии. Уже тогда он проникся идеей создания ракеты на более мощном, бездымном порохе.

Предложения применить в ракете бездымный порох поступали от многих изобретателей. Но как из этого пороха изготовить медленно горящие пороховые шашки с большой толщиной свода? Первые же попытки показали, что сделать их из пироксилиновых порохов обычного состава, применяющихся в артиллерии, невозможно. Во время сушки при удалении из пороха летучего растворителя (спиртоэфирная смесь) толстые шашки коробились, растрескивались и становились непригодными для использования. Кроме того, эти пороха горели в ракетном двигателе неустойчиво, а иногда даже гасли.

Выход состоял в создании пороха на растворителе, который не нужно было бы удалять после изготовления шашек. Разумеется, такой растворитель не мог быть химическим балластом. Это должно было быть вещество, которое само по себе сгорало бы с образованием большого количества газов и с выделением значительного ко-

личества тепла. Вначале в качестве растворителя испробовали всем известное взрывчатое вещество — тротил.

Получили пироксилино-тротиловый порох, из которого изготавляли цилиндрические шашки диаметром 24 мм с внутренним каналом 6 мм. В марте 1928 г. В. А. Артемьев произвел пуски ракет на этом порохе. Позже он писал: «Это была первая ракета на бездымном порохе... Созданием этой пороховой ракеты на бездымном порохе был заложен фундамент для конструктивного оформления ракетных снарядов к «катюшам», оказавшим существенную помощь нашей Советской Армии во время Великой Отечественной войны».

После успешных пусков ракет лаборатория Тихомирова, в которой к 1928 г. работало всего 10 сотрудников, была расширена и получила наименование Газодинамической лаборатории (ГДЛ).

В 1930 г. начальником ГДЛ после смерти Н. И. Тихомирова стал артиллерийский инженер Б. С. Петропавловский. К этому времени был пройден первый этап: создан бездымный ракетный порох, изучены особенности его горения, разработаны основы конструкции ракетного двигателя нового типа. С 1930 г. начинается второй этап — непосредственная разработка 82-мм и 132-мм ракетных снарядов.

21 сентября 1933 г. на базе ГДЛ и Московской группы изучения реактивного движения (МосГИРД) был создан первый в мире Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ) — сплоченное единым руководством сообщество ученых, конструкторов, технологов, занимающихся разработкой всех важнейших проблем ракетной техники. На первый отдел института была возложена задача продолжать работы над пороховыми ракетами, начатые в ГДЛ. Эти работы проводились под руководством Г. Э. Лангемака талантливыми учеными и конструкторами В. А. Артемьевым, Ю. А. Победоносцевым, М. К. Тихонравовым, В. Г. Бессоновым и другими.

Был улучшен состав ракетного пороха. Вместо нелетучего растворителя — тротила стали применять труднолетучий растворитель — нитроглицерин в смеси с другими взрывчатыми веществами. Как известно, нитроглицерин весьма мощное взрывчатое вещество, при горении которого тепла выделяется в полтора раза больше, чем при горении тротила. Нитроглицерин сам по себе весьма чувствителен к механическим воздейст-

Таблица 2

Основные характеристики РС, применявшимся в годы Великой Отечественной войны

Наимено-вание	Калибр, мм	Начальная масса m_0 , кг	Масса разрывного заряда, кг	Максимальная скорость U_m , м/с	Дальность X_m , м
М-8	82	8	—	315	5 500
М-13	132	42,5	4,9	355	8 470*
М-13ДД	132	—	4,9	—	7 900
М-20	132	—	18,4	—	11 800
М-30	300	—	28,9	—	5 000
М-31	300	94,6	28,9	255	2 800
					4 300*
					4 000

* В знаменателе указана дальность для образца улучшенной кучности.

виям: он взрывается при падении тяжелого груза с высоты 5...7 см. Но введенный в состав пороха он утрачивает свои опасные свойства, и нитроглицериновый порох вполне безопасен в обращении.

Успешнее всего велись работы по созданию ракетных снарядов (РС) для стрельбы с самолета. В результате появился РС-82 калибром 82 мм, который в 1937 г. после испытаний был принят на вооружение истребителей И-15. На нижней плоскости крыла самолета монтировались восемь направляющих желобкового типа, в которые перед вылетом устанавливались ракетные снаряды. Впервые снаряды РС-82 были применены в районе р. Халхин-Гол против японских милитаристов. 20 августа 1939 г. пятерка советских истребителей залпом с расстояния 1 км сбила два самолета противника. При последующих вылетах эта пятерка, возглавляемая капитаном И. И. Звонаревым, сбила десять истребителей, два тяжелых и один легкий бомбардировщик, не потеряв ни одного самолета.

В 1938 г. на вооружение авиации поступил ракетный снаряд калибром 132 мм, предназначавшийся для стрельбы с самолета по наземным целям. Оба снаряда — РС-82 и РС-132 успешно применялись на протяжении всей Великой Отечественной войны.

Следует заметить, что в Англии и США ракетные сна-

ряды поступили на вооружение авиации только в 1942 г., а в Германии — в 1943 г.

Для сухопутных войск были отработаны два снаряда: М-8 калибром 82 мм и М-13 калибром 132 мм. Их основные данные приведены в табл. 2. Снаряд М-13 имел боевую часть с разрывным зарядом 4,9 кг и мог использоваться как для поражения живой силы противника вне укрытия (осколочное действие), так и для разрушения легких оборонительных сооружений полевого типа (фугасное действие). Максимальная дальность стрельбы снарядом М-13 составляла 8,5 км, а снарядом М-8 осколочного действия — 5,5 км. Разработка велась группой конструкторов в составе Л. Э. Шварца, В. А. Артемьева, Д. А. Шитова, А. С. Пономаренко и др.

С 1937 г. в РНИИ начали разработку наземной многозарядной установки для залповой стрельбы снарядом М-13. Такая стрельба как бы компенсировала существенный недостаток неуправляемых РС — большое рассеивание. Хотя для повышения кучности боя РС в РНИИ было сделано многое, она оставалась по сравнению с артиллерийскими орудиями ниже в 4...5 раз. Однако когда требовалось поразить не одиночную цель, а площадь, занятую огневыми точками или скоплением живой силы противника, огонь одной батареи ракетных установок при залповой стрельбе способен был создать такую плотность разрывов снарядов на местности, обеспечить которую мог лишь целый полк артиллерийских орудий.

Летом 1939 г. была изготовлена 16-зарядная установка с направляющими, расположенными вдоль шасси трехосного грузовика. При заряжании, производящемся сзади, Т-образные ведущие штифты снарядов вводились в пазы направляющих желобкового типа. Электроконтакты воспламенительного устройства снаряда располагались против контактов направляющих, и воспламенение ракетного заряда происходило при подключении контактного провода к источнику питания. Переключатель пульта управления огнем находился в кабине водителя, время залпа составляло немногим более 10 с.

Эта установка (рис. 26) по калибру снаряда и числу снарядов в залпе получила наименование боевой машины БМ-13-16. Разрабатывалась она группой конструкторов в составе И. И. Гвая (руководитель), В. Н. Галковского, А. П. Павленко, А. С. Попова и др.

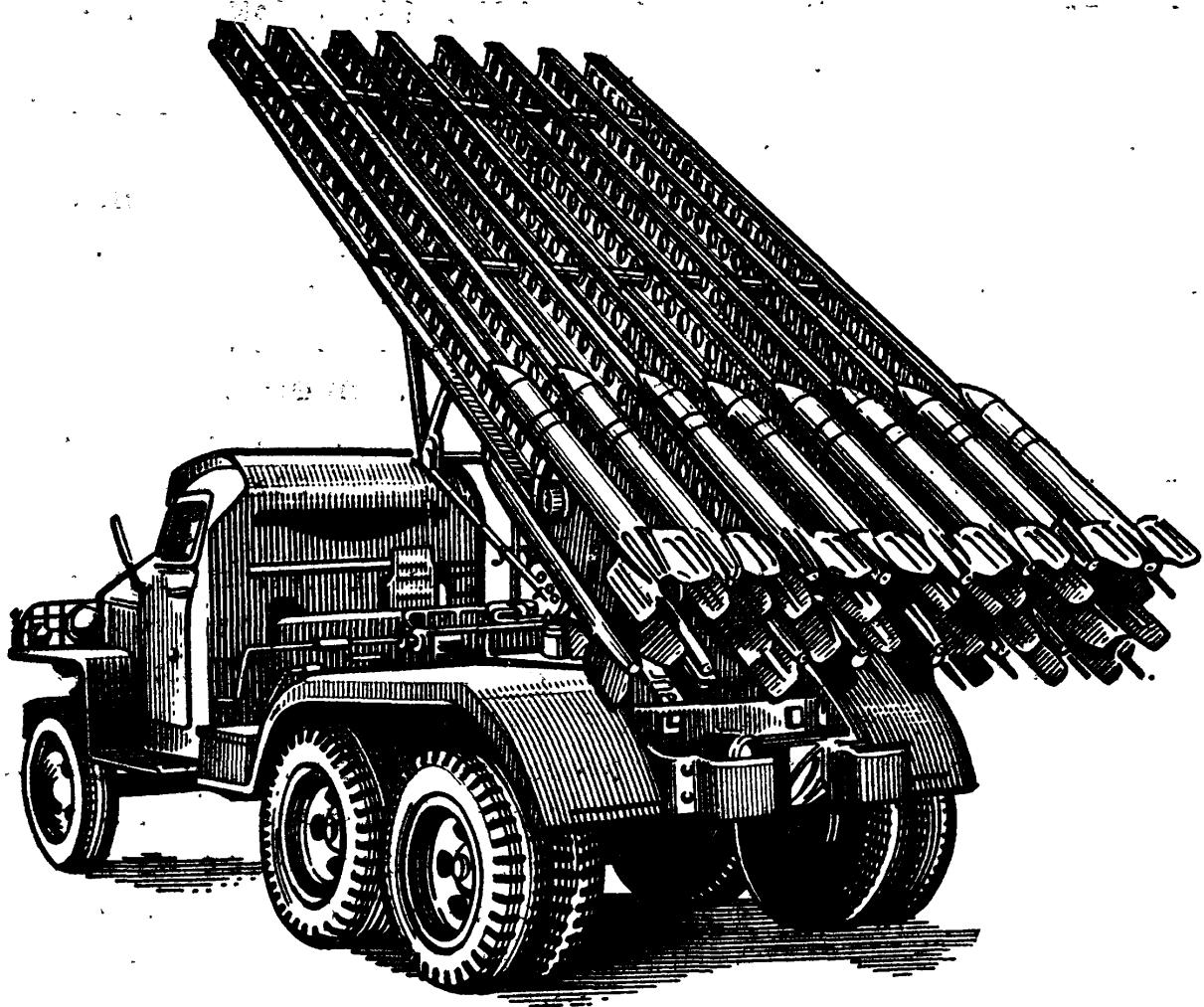


Рис. 26. Боевая машина БМ-13

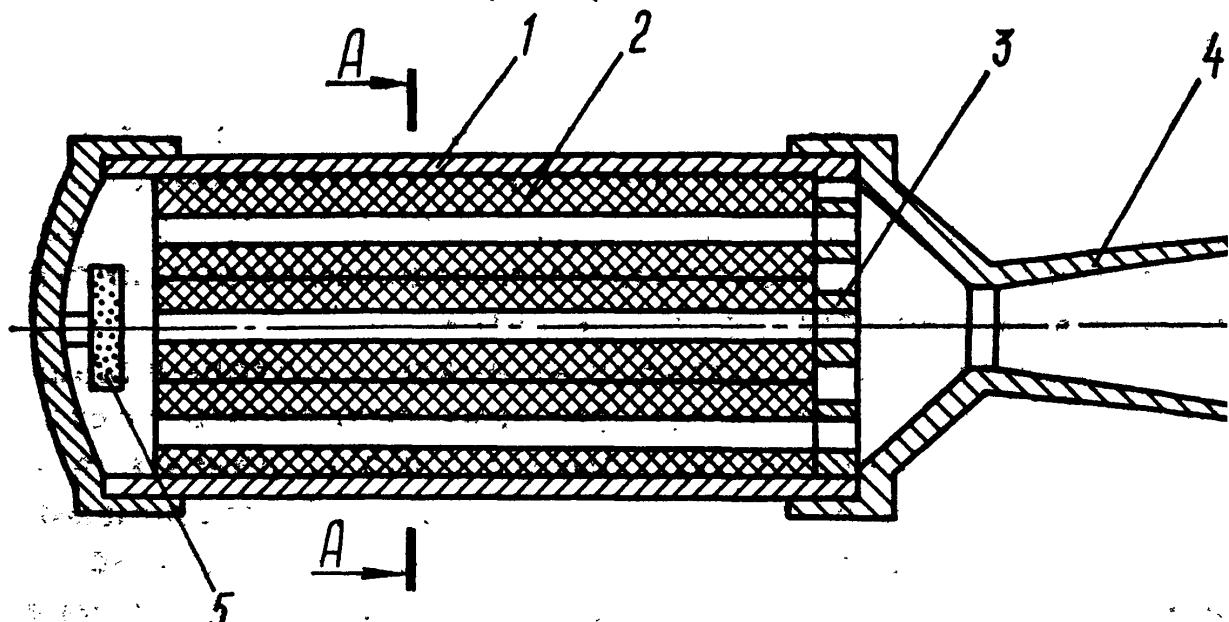
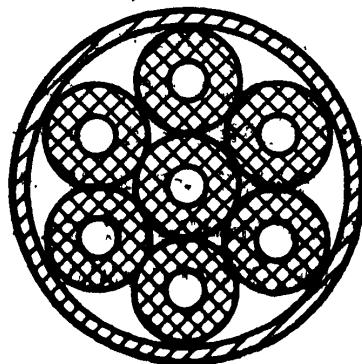


Рис. 27. Принципиальная схема устройства ракетного двигателя на бездымном порохе:

1 — ракетная камера; 2 — заряд; 3 — диафрагма; 4 — сопло; 5 — воспламенитель



К весне 1941 г. было изготовлено семь таких установок и более тысячи снарядов М-13. 17 июня 1941 г. во время смотра новых образцов вооружения на полигоне под Москвой в присутствии наркома обороны С. К. Тимошенко, наркома вооружения Д. Ф. Устинова и наркома боеприпасов Б. П. Ванникова были проведены показательные стрельбы. По их результатам 21 июня 1941 г. за несколько часов до начала войны Советским правительством было принято решение о развертывании серийного производства снаряда М-13 и пусковой установки БМ-13-16, а также о формировании ракетных войсковых частей.

Рассмотрим принципиальную схему устройства ракетного двигателя на бездымном порохе, которая легла в основу конструкции ракетных снарядов, применявшимся во вторую мировую войну (рис. 27).

В ракетной камере 1 размещается заряд из одной или нескольких пороховых шашек. Образующиеся при горении газы истекают через сопло 4, состоящее из входной сужающейся части и выходной — расширяющейся. Такое устройство сопла обеспечивает расширение газа до давления, близкого к атмосферному, и истечение его со сверхзвуковой скоростью. Перед соплом располагается диафрагма 3 — устройство типа колосников, в которую упираются шашки при горении и которая препятствует их выбросу через сопло. Запальное устройство, обычно электрического типа, при срабатывании создает луч огня, направленный в воспламенитель 5 — небольшой заряд из черного пороха или из пиротехнического состава. Образующееся пламя охватывает поверхность основного заряда и вызывает его воспламенение.

Обычно в таких двигателях применяли пороховые шашки, поверхность которых при горении оставалась постоянной, а следовательно, во время работы двигателя в нем поддерживалось постоянное давление. Постоянными оставались расход топлива, эффективная скорость истечения и тяга двигателя. Предлагались различные формы пороховых шашек, обеспечивающие постоянство поверхности при горении. Но наиболее простой и удобной оказалась цилиндрическая шашка с осевым цилиндрическим каналом. Во время горения ее поверхность уменьшается за счет роста диаметра канала. В результате поверхность горения шашки остается почти постоянной.

За счет применения бездымных порохов с высокой энергетической характеристикой RT_0 , а также благодаря использованию сверхзвукового сопла и более высоких давлений в двигателе эффективная скорость истечения газов возросла до 2000...2300 м/с. Это в 2,5...3 раза выше, чем у ракет на черном порохе!

А как при этом обстояло дело с другим показателем — коэффициентом массового совершенства двигателя α ?

В двигателе с вкладным зарядом горячие пороховые газы с температурой 2000...2800 К омывают всю внутреннюю поверхность ракетной камеры. Для того чтобы не прогорала стенка камеры из стали, имеющей температуру плавления немногим более 1000 К, необходимо, чтобы время работы двигателя было небольшим, а стенка достаточно толстой. Тогда она не успеет нагреться до температуры, близкой к температуре плавления. С этой же целью можно внутреннюю поверхность двигателя покрыть слоем теплоизоляции. Но в любом случае происходит утяжеление двигателя. Именно из-за этого для двигателей рассматриваемой конструкции коэффициент α оказался чрезмерно большим 0,85...1,50, т. е. на 1 кг топлива приходилось более 1 кг конструкции. Это, конечно, отрицательно сказалось на характеристиках ракет. Тем не менее за счет резкого увеличения эффективной скорости истечения был достигнут большой прогресс в ракетной технике. Максимальные скорости ракет на бездымном порохе при том же полезном грузе по сравнению со скоростями ракет на черном порохе возросли почти вдвое. Дальность стрельбы ракетными снарядами

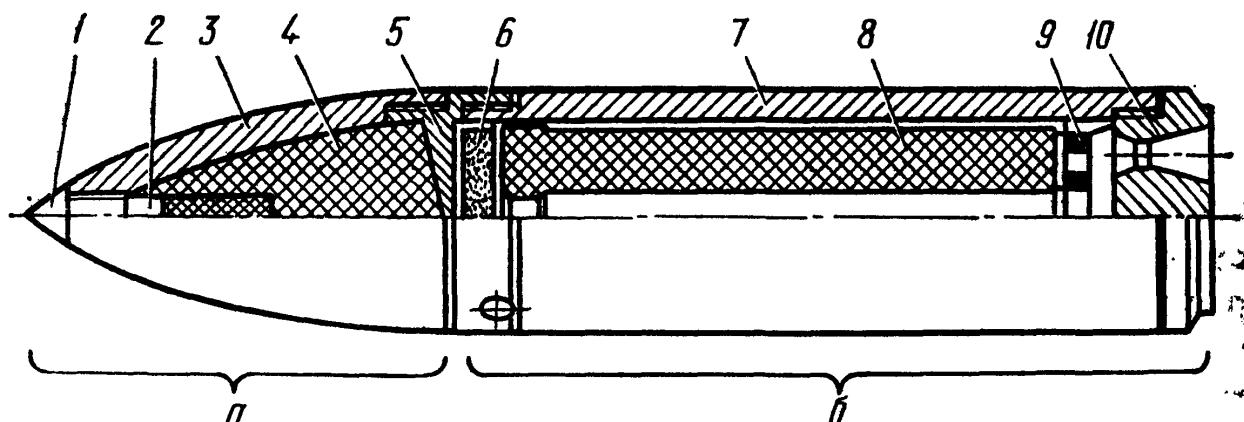


Рис. 28. Турбореактивный снаряд:

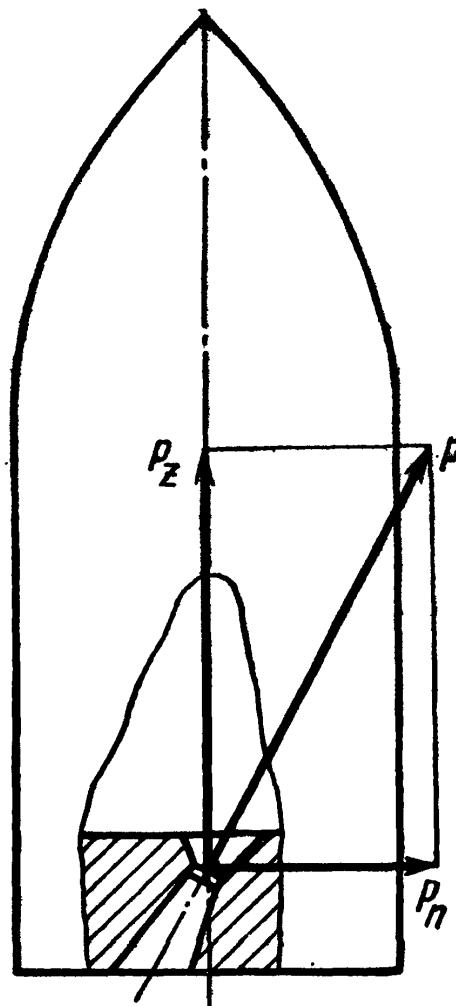
а — боевая часть; б — ракетный двигатель; 1 — взрыватель; 2 — дополнительный детонатор; 3 — корпус боевой части; 4 — разрывной заряд; 5 переходное дно; 6 — воспламенитель; 7 — корпус ракетной камеры; 8 — ракетный заряд; 9 — диафрагма; 10 — сопловой блок

Рис. 29. Возникновение силы, приводящей ТРС во вращение

среднего калибра к концу Великой Отечественной войны возросла до 12 км (см. табл. 2), т. е. до дальности гаубиц того же калибра.

Во вторую мировую войну наряду с оперенными применялись также ракетные снаряды, стабилизируемые в полете вращением, называемые турбореактивными (ТРС). В таком снаряде (рис. 28) пороховые газы истекают через наклонные сопла, расположенные по ободу заднего днища. Возникающая при этом в каждом из сопел тяга, действующая по оси сопла, может быть разложена на осевую силу, толкающую снаряд вперед, и боковую силу, приводящую его во вращение (рис. 29).

В турбореактивном снаряде эксцентриситет тяги — основная причина снижения кучности неуправляемых ракет — практически себя не проявляет, поскольку создаваемый им момент при вращении снаряда действует попаременно то в одном, то в противоположном направлении и в результате не вызывает отклонения снаряда от первоначального направления полета. Поэтому для турбореактивных снарядов можно обеспечить более высокую кучность боя, чем для оперенных. Однако стабилизировать снаряд вращением можно лишь при его относительно небольшой длине, что, конечно, ограничивает и массу ракетного заряда. Поэтому для ТРС затруднительно получить значительные скорости полета, и дальности таких снарядов при равных калибрах всегда ниже дальности оперенных РС, для которых ограничений по длине снаряда не существует.





В это же время наряду с усовершенствованием орудия и созданием ракеты на бездымном порохе происходит зарождение новых видов артиллерийской техники, которые можно назвать гибридами ракеты и орудия. По замыслу изобретателей такие гибриды должны были воплотить в себе лучшие качества и орудия и ракеты. Для того чтобы выявить все возможные комбинации такого рода, выделим наиболее существенные признаки любого метательного устройства:

I. Наличие (отсутствие) ствола, нагруженного внутренним давлением.

II. Наличие (отсутствие) отдачи при метании.

III. Наличие (отсутствие) истечения газов через сопловое устройство.

IV. Наличие (отсутствие) дополнительной пассивной массы, метаемой вместе с полезным грузом.

На схеме, представленной на рис. 30, каждому из этих признаков соответствует свой кольцевой слой. Штриховкой обозначено наличие данного признака у того или иного вида метательного устройства. В соответствии с числом возможных комбинаций весь круг разбит на 8 секторов. Сектор 1 соответствует обычному орудию, сектор 5 — обычной ракете. Остальные сектора выражают признаки различных комбинаций ракеты и орудия.

Рассмотрим основные из этих комбинаций.

1. Динамо-реактивная пушка (ДРП).

Схема устройства ДРП представлена на рис. 31, а. Снаряд в ДРП, как и в обычном артиллерийском орудии, разгоняется при движении по каналу ствола силой давления газов на его дно. При этом газы, истекающие назад, через сопло, скрепленное со стволов, создают тягу, уравновешивающую силу отдачи. Так как ходовая часть или пусковой станок орудия не будут испытывать при выстреле никакого усилия, то такие орудия и получили название безоткатных. Таким образом, ДРП сочетает положительное качество артиллерийского орудия — высокую кучность боя, поскольку снаряд приобретает скорость в стволе, с отсутствием отдачи, как у ракетной пусковой установки. Все это позволяет в таких системах использовать легкий лафет, иногда даже в виде треноги. А для систем небольшого калибра возможна даже стрельба с

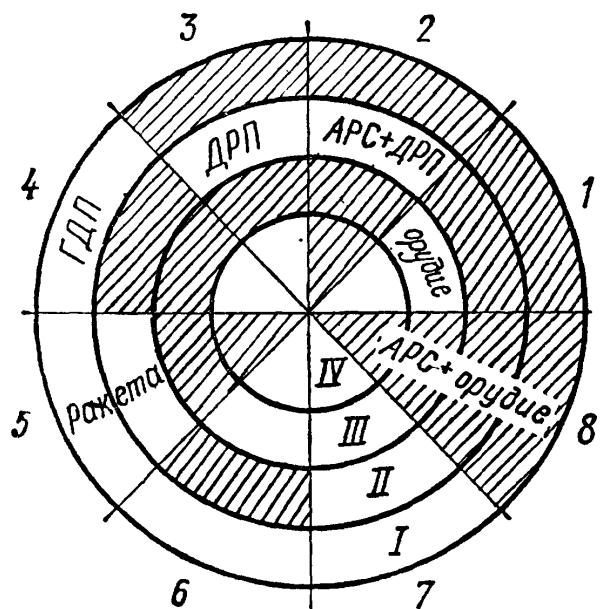


Рис. 30. Схема возможных комбинаций ракеты и орудия

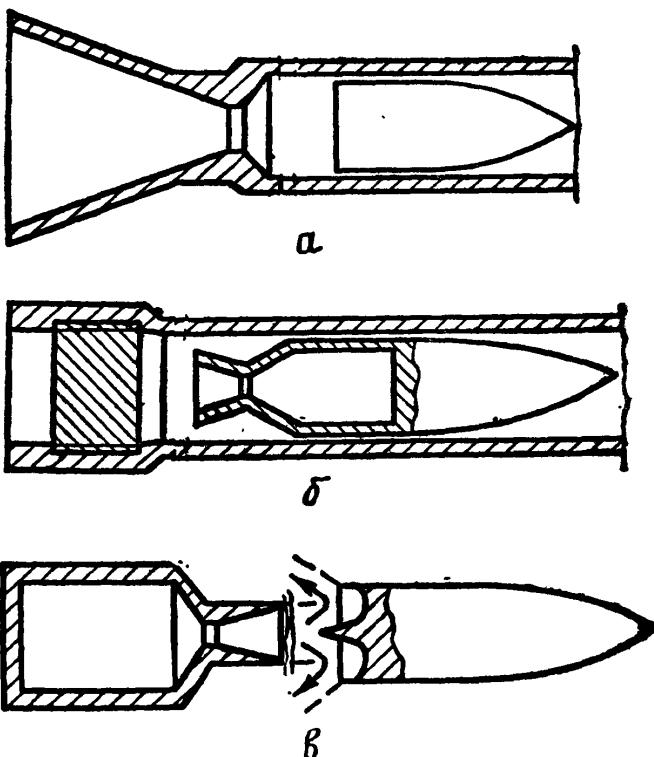


Рис. 31. Основные комбинации ракеты и орудия:

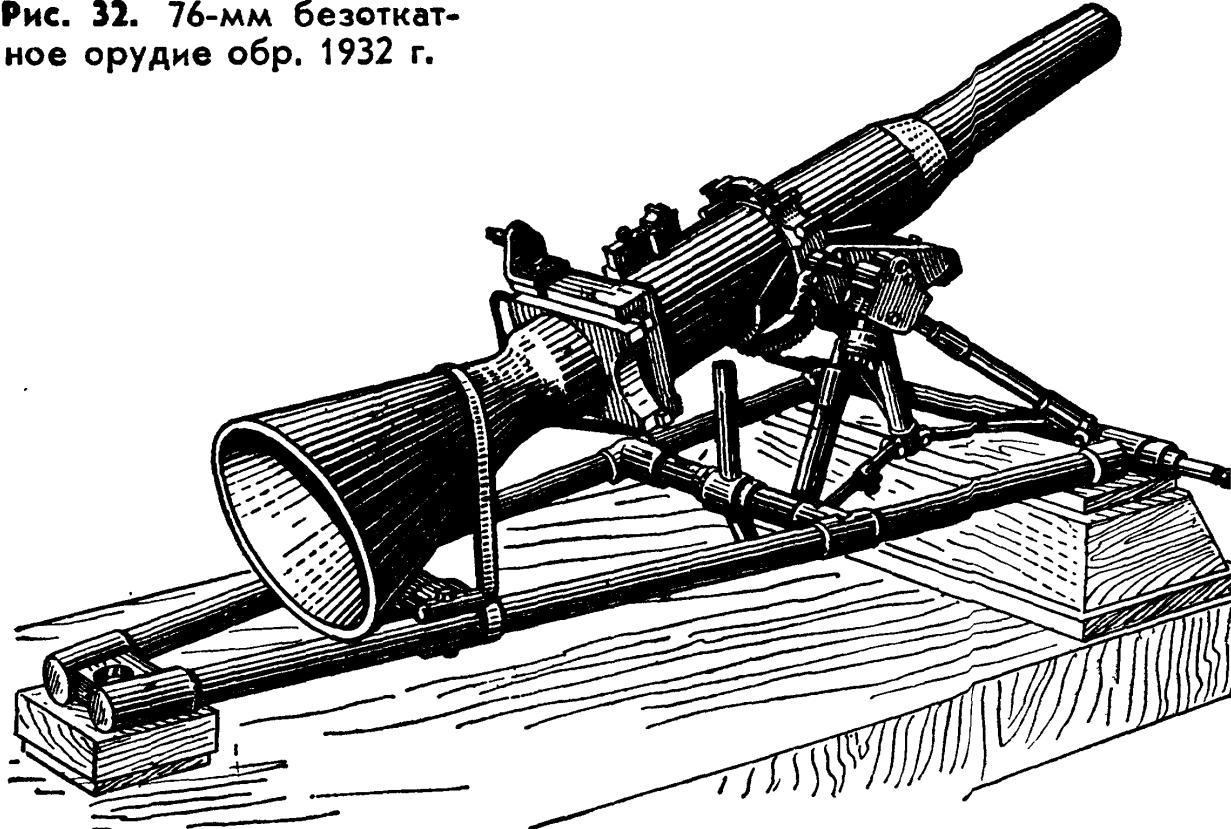
а — динамо-реактивная пушка (ДРП);
б — активно-реактивный снаряд (АРС); в — газодинамическая пушка (ГДП)

плеча. Существенный недостаток системы — мощная струя истекающих назад газов, которая поднимает облако пыли и демаскирует орудие. Струя представляет опасность и для людей, которые могут оказаться на близком расстоянии позади орудия. Недостатком является и большой расход пороха, поскольку основная масса пороховых газов используется для создания тяги, уравновешивающей силу отдачи.

Первым образцом ДРП явилось простейшее устройство, предложенное в 1916 г. русским изобретателем Рябушинским, которое представляло собой гладкую трубу, открытую с обеих сторон и укрепленную на треноге. Пороховой заряд помещался посередине трубы и воспламенялся электrozапалом, снаряд вставлялся с дула. Это устройство, получившее название трубы Рябушинского, представляет собой бессопловую ДРП.

Позднее, в 1923 г., советские инженеры Л. В. Курчевский и С. А. Изенбек предложили более совершенную конструкцию ДРП с коническим соплом в казенной части ствола. В дальнейшем разработкой ДРП занималась специальная комиссия под руководством В. М. Трофимова. К 1937 г. был принят на вооружение ряд образцов ДРП

Рис. 32. 76-мм безоткатное орудие обр. 1932 г.



для сухопутных войск, авиации и Военно-Морского Флота (рис. 32).

Уже разработка первых образцов ДРП показала, что они могут быть в 10 раз легче обычных орудий того же калибра и с успехом применяться как орудия сопровождения пехоты.

Интерес к использованию ДРП возрос с появлением кумулятивных боеприпасов (см. главу VI). Сочетание динамо-реактивного принципа метания с высокой бронепробиваемостью кумулятивного снаряда привело к созданию высокоманевренных безоткатных противотанковых орудий. В настоящее время безоткатные орудия, как принято называть ДРП в войсках, состоят на вооружении противотанковой артиллерии почти всех армий мира. Ввиду малой массы они получили широкое применение и в авиадесантных частях.

Калибры современных безоткатных орудий находятся в пределах 60...120 мм, при массе орудия 50...300 кг. И дальности прямого выстрела по танку составляют 400...800 м, при эффективной дальности стрельбы 1000...5000 м.

Простейший вариант ДРП — ручной противотанковый гранатомет. Это легкое носимое оружие допускает ведение огня с плеча или с упора на сошки, бруствер окопа

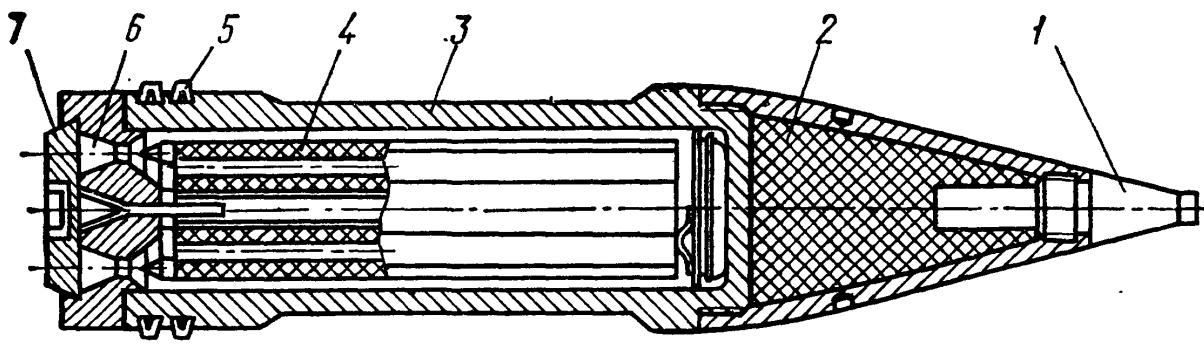


Рис. 33. Активно-реактивный снаряд:

1 — взрыватель; 2 — боевая часть; 3 — ракетная камера; 4 — ракетный заряд;
5 — ведущий поясок; 6 — сопловой блок; 7 — заглушка

и т. д. Заряжание гранатомета гранатой кумулятивного действия производится с дульной части. Ручной гранатомет предназначается для поражения танков в ближнем бою и является дополнением к противотанковым системам, начинающим борьбу с танками на дальних дистанциях.

2. Активно-реактивный снаряд (APC)

APC (рис. 31, б) представляет собой артиллерийский снаряд с реактивным двигателем, стрелять которым можно из обычного артиллерийского орудия. Во время движения APC по каналу ствола сопла ракетного двигателя закрыты заглушками, пороховые газы не могут проникнуть внутрь двигателя и воспламенить ракетный заряд. Включение ракетного двигателя происходит на траектории, после вылета APC из орудия (рис. 33).

Работа ракетного двигателя дает снаряду дополнительную скорость, что обеспечивает прирост дальности, по сравнению с той, которая достигается при стрельбе обычным снарядом. Активно-реактивные снаряды, применяющиеся во вторую мировую войну, обеспечивали прирост дальности на 15...25 %. Недостатком APC является то, что использование ракетного двигателя обычно связано с уменьшением массы полезного груза — боевого снаряжения. Однако использование APC в боевом комплекте орудия расширяет возможности артиллерийской системы, позволяя в случае необходимости обстреливать цели, находящиеся за пределами досягаемости обычных снарядов.

В настоящее время, согласно сообщениям зарубежной печати, в армиях иностранных государств разработке APC придается большое значение. Полагают, что за

счет использования АРС дальность стрельбы артиллерийских орудий можно повысить на 30 % и более. Наибольший прирост дальности достигается при использовании активно-реактивного принципа метания в минометах. Так, например, активно-реактивная мина, входящая в боекомплект французского 120-мм миномета, имеет дальность стрельбы 6550 м, что почти в два раза выше дальности стрельбы обычной мины (3600 м).

3. Газодинамическая пушка (ГДП)

В газодинамической пушке (рис. 31, в) сгорание заряда происходит в камере, напоминающей ракетный двигатель, но которая при выстреле остается неподвижной. Истекающая из сопла газовая струя, ударяя в дно снаряда, сообщает ему ускорение. Для повышения эффективности действия струи целесообразно дну снаряда придать чашеобразную форму. В газодинамической пушке тяжелый орудийный ствол оказывается ненужным: снаряд, разгоняемый газовой струей, движется по направляющей (легкая перфорированная труба, рельс). Существенный недостаток системы состоит в том, что газы, отразившиеся от дна снаряда, растекаются в стороны и назад, что демаскирует орудие и создает трудности при его обслуживании. К тому же в отличие от ДРП такая система будет испытывать силу отдачи, созданную реакцией истекающей из камеры струи.

Глава V.

ОРУДИЕ И РАКЕТА В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ

1. СОВЕТСКАЯ АРТИЛЛЕРИЯ В ГОДЫ ВОЙНЫ

На полях сражений Великой Отечественной войны советская артиллерия была главной огневой ударной силой Советской Армии. Ее по праву называли богом войны. В ходе войны начиная с ее первых дней она доказала свое превосходство над артиллерией фашистской Германии как по техническому совершенству применявшихся орудий, так и по их численности, по искусству их использования в бою.

Массированное применение артиллерии имело место и в прошлых войнах. Однако в боевых операциях Великой Отечественной войны наблюдалось такое сосредото-

чение артиллерии на направлениях главного удара, которое по своим масштабам превосходило все то, что знала история войн. Масштабы использования артиллерии в ходе войны неуклонно возрастили. Если для поддержки контрнаступления наших войск под Москвой осенью 1941 г. было привлечено около 8000 артиллерийских систем, то в Сталинградской битве их участвовало 14 200, в контрнаступлении под Курском — 34 500, а в Берлинской операции — 41 600. Плотность нашей артиллерии на 1 км фронта на участке прорыва за годы войны возросла с 30...40 орудий под Москвой до 250..300 под Берлином.

В первый период войны Советская Армия вела тяжелые бои с численно превосходящим ее противником. В особенности это превосходство оказывалось в танках, которые были главной ударной силой немецко-фашистской армии. На нашу артиллерию легла основная тяжесть борьбы с танками противника, и она с честью выдержала это тяжелое испытание. Вот примеры, которые приводит главный маршал артиллерии В. Ф. Толубко: «Под Шяуляем в 1941 году фашисты потеряли — главным образом от огня нашей артиллерии — около 300 танков. За первый месяц боев под Луцком и Новоградом-Волынским 1-я противотанковая бригада, которой командовал генерал-майор артиллерии К. С. Москаленко, и 5-я бригада под командованием полковника А. А. Гусева уничтожили свыше 400 танков противника».

Развернув наступление на Москву, в октябре 1941 г. немецкое командование бросило в сражение около 80 дивизий, в том числе 22 танковые и моторизованные. Это составляло почти половину всех сил немецко-фашистской армии, действовавших на советско-германском фронте, и две трети ее танковых войск.

Советские артиллеристы вместе с пехотинцами и танкистами стояли насмерть и проявляли массовый героизм, защищая столицу нашей Родины. В оборонительном сражении под Москвой противник понес большие потери и был измотан. Он потерял около 1500 танков, из них большую часть уничтожила артиллерия.

С 6 декабря советские войска под Москвой, окончательно вырвав инициативу у врага, перешли в контрнаступление. Хотя плотность артиллерии, как указывалось выше, была невысокой, однако в условиях неподготовленной обороны противника она обеспечивала успешное

продвижение наших войск вперед. В битве под Москвой широко применялось новое грозное оружие — ракетные системы залпового огня («катюши»), наводившие на врача панический ужас.

В ходе контрнаступления враг был отброшен от Москвы на 100...250 км. 38 немецких дивизий потерпели под Москвой тяжелое поражение. Была одержана победа над врагом, оказавшая большое влияние на весь дальнейший ход войны.

После того как в сентябре 1941 г. советские войска сорвали попытки гитлеровцев штурмом овладеть Ленинградом, противник начал систематический варварский обстрел города с целью его уничтожения. Злодейским замыслам врага благоприятствовало то, что фронт вплотную подступил к городу. От линии фронта до Кировского завода было всего 6 км, а до Дворцовой площади 14 км. Другими словами, противник мог обстреливать город не только дальнобойными орудиями, но даже орудиями средней дальности. Особенно усилился обстрел Ленинграда в январе — феврале 1942 г., когда по городу было выпущено 13 500 снарядов. Чтобы спасти Ленинград от варварского разрушения, а его население от гибели, советские артиллеристы стали проводить планомерное уничтожение вражеских батарей, последовательно обрушивая на каждую из них сосредоточенный огонь большого числа орудий. Артиллерия противника уничтожалась с методичной последовательностью батарея за батареей. В результате Ленинград, находившийся 900 дней в блокаде, был спасен от разрушения.

Наша артиллерия сыграла выдающуюся роль в прорыве вражеской обороны на флангах стalingрадской группировки противника. Недаром 19 ноября — день начала исторического контрнаступления под Сталинградом — отмечается в нашей стране как праздник, установленный Президиумом Верховного Совета СССР в ознаменование заслуг советских артиллеристов перед Родиной. Огонь тысяч орудий расчистил путь танкам и пехоте, которые, устремившись в прорыв, сомкнули кольцо вокруг стalingрадской группировки врага. Уничтожение этой группировки при самом активном содействии артиллерии стало переломным моментом в Великой Отечественной войне.

В Сталинграде, в степях под Волгой и Доном враг оставил разбитыми и брошенными в бегстве 3500 танков.

12 000 орудий и минометов, около 3000 самолетов. Людские потери врага составили более полутора миллионов человек. Великая победа под Сталинградом изменила весь ход войны с фашистской Германией в пользу Советского Союза.

5 июля 1943 г. началось оборонительное сражение под Курском. Мощная контрподготовка нашей артиллерии упредила начало наступления противника на 10 минут. Немецко-фашистские войска еще в исходном положении для атаки понесли большие потери, что ослабило силу первого удара. Столь мощная артиллерийская контрподготовка явилась беспримерной в истории второй мировой войны. В ходе оборонительного сражения артиллерия вела тяжелые бои по отражению массированных ударов танков противника. Противник бросал в бой одновременно до 800 танков. Они шли волнами по 50...100 машин, имея в первом эшелоне танки типа «тигр» с особо мощной броней. Их встречал огонь советских артиллеристов, поклявшихся умереть, но не пропустить врага. Гитлеровские войска потеряли в Курской битве свыше 3000 танков, из них около 90 % приходится на долю нашей артиллерии.

Победа наших войск в битве под Курском положила начало грандиозному летне-осеннему наступлению Советской Армии, развернувшемуся на фронте почти в 2000 км от Великих Лук до Азовского моря. Враг был отброшен на запад на 600...700 км.

К концу сентября 1943 г. наши войска вышли на широком фронте к Днепру, который по замыслу немецко-фашистского командования должен был стать непреодолимым барьером для Советской Армии. Перед наступающими частями поставили задачу форсировать Днепр с ходу, чтобы противник не смог закрепиться на его правом берегу. Большая роль возлагалась на артиллерию, которая должна была поддерживать огнем переправлявшиеся через реку войска. Тяжелые орудия вели огонь с левого берега реки, легкие орудия включались в состав десантных отрядов. Вместе с десантными отрядами на правый берег реки переправлялись передовые наблюдательные пункты артиллерии, которые, продвигаясь вместе с пехотой, корректировали огонь орудий с левого берега. Артиллеристы проявляли высокие образцы героизма. Например, лейтенант А. П. Шилин, начальник разведки дивизиона, ночью переправлялся на вражеский берег

в сопровождении радиста и разведчика. Внезапно его лодку разбил вражеский снаряд. Шилин вплавь достиг берега и вместе с пехотинцами принял участие в рукопашной схватке при захвате плацдарма. С помощью радио он поддерживал связь со своим дивизионом, корректировал огонь по контратакующему врагу. Чтобы отбить одну из атак, он вызвал огонь на себя и был контужен собственными снарядами, но помог отстоять захваченный нами плацдарм. За этот подвиг лейтенант А. П. Шилин получил первое звание Героя Советского Союза. В последующем он стал дважды Героем Советского Союза.

Мужественно сражался, удерживая плацдарм южнее Киева, майор В. С. Петров, командир истребительно-противотанкового полка. Он сам вел огонь из орудия по танкам, заменив погибший расчет. При прямом попадании снаряда в орудие ему перебило обе руки. Но он продолжал командовать полком, пока не были отбиты атаки противника. Звезда Героя Советского Союза украсила грудь Петрова. Потеряв обе руки, он остался в строю, и позже рядом с первой засияла вторая Звезда.

А всего за время войны высокое звание Героя Советского Союза было присвоено более 1800 воинам-артиллеристам.

В 1944 г. Советская Армия развернула победоносное наступление на всем фронте — от Заполярья до Черного моря. Была полностью освобождена от немецко-фашистских захватчиков временно оккупированная территория нашей Родины. Началось освобождение народов Западной Европы от фашистского ига. В 1944 г. было разгромлено 130 дивизий противника. И во всех крупнейших операциях этого периода выдающуюся роль играла артиллерия. Как отмечалось в приказе Верховного Главнокомандующего, «артиллерия была той силой, которая обеспечила Красной Армии разгром немецких войск под Сталинградом и Воронежем, под Курском и Белгородом, под Харьковом и Киевом, под Витебском и Бобруйском, под Ленинградом и Минском, под Яссами и Кишиневом».

В результате наступательных операций, проведенных Советской Армией в январе — марте 1945 г., наши войска приблизились к столице фашистской Германии — Берлину. Для проведения Берлинской операции Советское Верховное Главнокомандование сосредоточило крупные силы, в том числе столько артиллерии, сколько не было

до этого ни в одной из операций Великой Отечественной войны. В ходе операции артиллерия своим огнем обеспечила прорыв глубоко эшелонированной обороны, разгром крупных группировок врага. Она помогла войскам преодолеть промежуточные рубежи обороны, форсировать реки Одер, Нейсе и Шпрее.

Сложные задачи решала артиллерия на заключительном этапе операции с 26 апреля по 2 мая, когда происходила ликвидация берлинской группировки врага численностью около 200 тысяч человек. Эта группировка в своей обороне использовала специально построенные мощные железобетонные укрепления, а также приспособленные каменные городские постройки. Для ведения уличных боев в Берлине советское командование создало артиллерийскую группировку численностью около 14,5 тысячи орудий и минометов.

В уличных боях большую роль сыграли орудия крупного калибра. Стреляя прямой наводкой, они разрушали большие здания с засевшими в них гитлеровцами, баррикады и другие сооружения. Как вспоминает генерал-лейтенант артиллерии Г. С. Надысов: «Под прикрытием орудий более мелких калибров (они) выдвигались на расстояние 150—200 метров от многоэтажного каменного дома, где оборонялись гитлеровцы. Несколько выстрелов прямой наводкой разрушали простенки между окнами первого этажа, и здание, потеряв опору, рушилось, а под развалинами гибли десятки немецких солдат».

За время Берлинской операции только артиллерия 1-го Белорусского фронта израсходовала более 4,5 миллиона снарядов и мин, из них по Берлину выпустила около 2 миллионов. При этом было разрушено более 10 тысяч различных целей и уничтожено свыше 41 тысячи гитлеровцев.

Умелое руководство огромными массами артиллерии на полях сражений Великой Отечественной войны осуществлялось такими опытными артиллерийскими военачальниками, как главные маршалы артиллерии Н. Н. Воронов и М. И. Неделин, маршалы артиллерии В. И. Караков, П. Н. Кулешов, Н. Д. Яковлев, М. Н. Чистяков и др.

В ходе Великой Отечественной войны артиллерийское вооружение претерпело значительные изменения. В ожесточенных боях первого года войны проверялась созданная в мирное время артиллерийская техника, и она подтвердила свои высокие боевые качества. В то же время

Таблица 3

Характеристики основных противотанковых систем

Калибр и год принятия на во- оружение	Масса бронебой- ного сна- ряда, кг	Началь- ная ско- рость, м/с	Даль- ность прямого выстrelа, м	Толщина проби- ваемой брони, мм	Масса орудия, кг
45-мм (1942)	1,43	870	950	70	625
57-мм (1943)	3,14	990	1120	100	1250
76-мм (1942)	6,23	662	820	70	1150
100-мм (1944)	15,88	895	1080	160	3650
107-мм (1940)	18,80	740	950	130	4000

в связи с непрерывным усовершенствованием танкового вооружения противника выявила необходимость в создании более мощных противотанковых орудий, чем 45-мм пушка обр. 1937 г. Были разработаны и приняты на вооружение новые противотанковые орудия: 45-мм пушка обр. 1942 г., 57-мм пушка обр. 1943 г. В мае 1944 г. на вооружение поступила 100-мм пушка, которая на дальности до 500 м пробивала броню 160 мм. Она оказалась весьма эффективным средством борьбы с немецкими танками «тигр» и «пантера», обладавшими броней повышенной мощности. На вооружение поступили также 76-мм полковая пушка обр. 1943 г., 76-мм дивизионная пушка обр. 1942 г. (ЗИС-3), 152-мм гаубица обр. 1943 г. и 85-мм зенитная пушка обр. 1944 г. В табл. 3 приведены характеристики основных противотанковых систем Советской Армии в годы войны.

Великая Отечественная война поставила перед военной промышленностью сложнейшие задачи. Она должна была обеспечивать фронт во все возрастающих масштабах вооружением и боеприпасами. Одновременно она должна была заниматься разработкой новых, более эффективных образцов вооружения и в сжатые сроки осваивать их валовое производство. Понятно, что в таких условиях чрезвычайно важно было при конструировании новых артиллерийских систем предусмотреть снижение трудозатрат на их изготовление.

Весьма показательным в этом отношении примером является 76-мм дивизионная пушка ЗИС-3 (рис. 34), разработанная в КБ Героя Социалистического Труда В. Г. Гра-

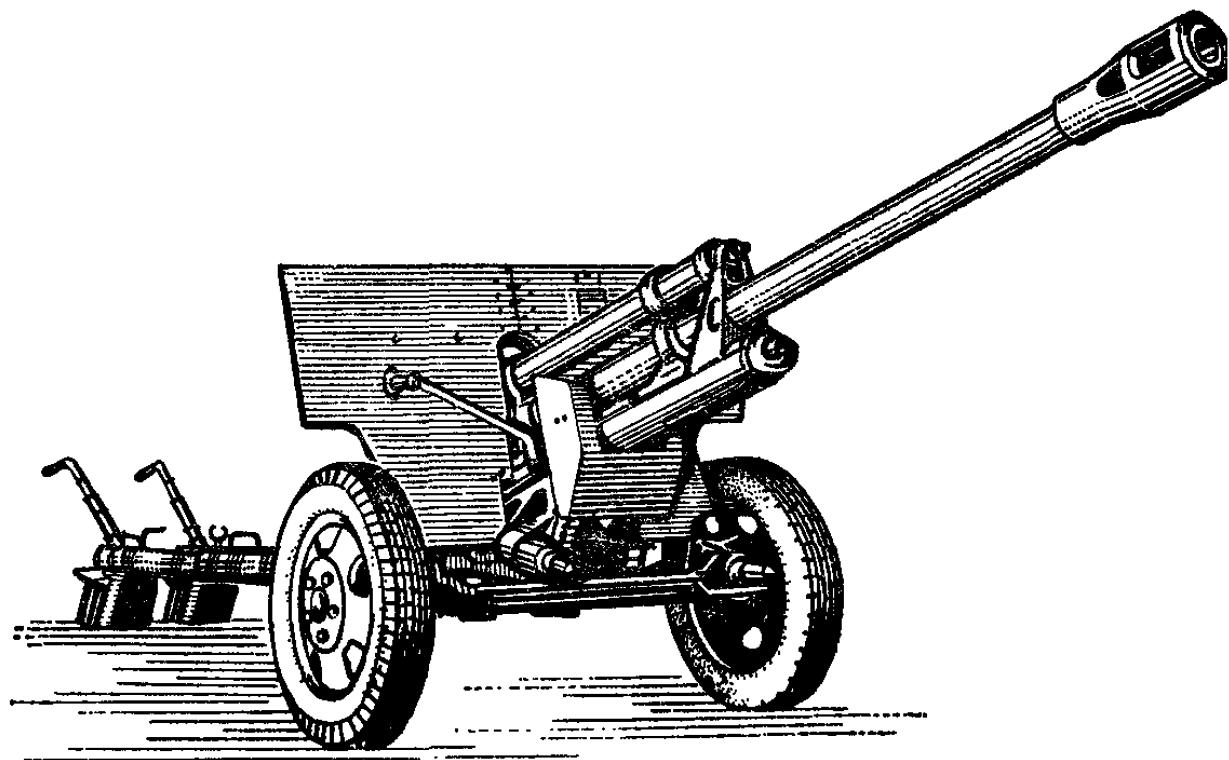


Рис. 34. 76-мм дивизионная пушка обр. 1942 г. (ЗИС-3)

бина. По сравнению с 76-мм дивизионной пушкой обр. 1936 г. новая система при сохранении прежней дальности стрельбы была проще по устройству, удобнее в обращении, обладала меньшими массой и габаритами. Наряду с улучшением боевых качеств орудия была обеспечена высокая технологичность конструкции, общее число деталей уменьшилось на 30 %. Вместо клепаных коробчатых станин были применены станины трубчатого сечения, в производстве широко использовалась сварка. В результате резко снизилось количество станко-часов на изготовление одного орудия. Если для 76-мм пушки обр. 1902 г. оно составляло 3700, а для 76-мм пушки обр. 1939 г.— 1300, то для ЗИС-3 к 1944 г. оно было доведено всего до 475 ч. Это позволило быстро наладить массовый выпуск продукции и в короткий срок удовлетворить потребности фронта в новом орудии.

С осени 1942 г. основным видом боевых действий Советской Армии стало наступление. Гитлеровская армия перешла к глубоко эшелонированной траншейной обороне, насыщенной сооружениями с дерево-земляными, бетонными перекрытиями и даже бронеколпаками, что потребовало усиления тяжелой гаубичной артиллерии. В связи с этим была разработана и принята на вооружение 152-мм корпусная гаубица обр. 1943 г.

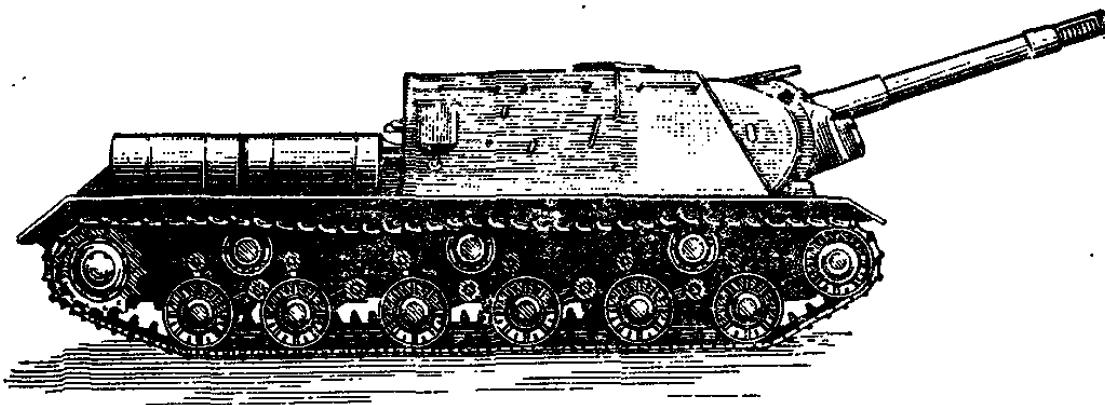


Рис. 35. 152-мм самоходная установка СУ-152

С 1943 г. быстро развивается самоходная артиллерия. Работы по созданию самоходных артиллерийских установок (САУ) были начаты задолго до Великой Отечественной войны. Однако лишь в ходе стремительных наступательных операций Советской Армии стало очевидным, что обеспечить непрерывное сопровождение танков только огнем буксируемой артиллерии невозможно, что эти задачи по плечу самоходной артиллерии, обладающей высокой, наравне с танками, проходимостью, способной оказывать им непосредственную поддержку огнем. При создании САУ использовались шасси новейших танков и наиболее мощные артиллерийские орудия. Так появились 100-мм самоходное орудие на шасси среднего танка Т-34, 122-мм и 152-мм самоходные орудия на базе тяжелого танка КВ (рис. 35). В дальнейшем на базе тяжелого танка ИС были созданы ИСУ-122 и ИСУ-152. Эти установки не уступали танкам в проходимости и скорости движения.

В 1943 г. был принят на вооружение 160-мм миномет, явившийся мощным средством разрушения всех видов полевых укрытий. В отличие от других минометов он заряжался не с дула, а с казны.

В трудных условиях войны советская промышленность, перебазированная с запада на восток, сумела обеспечить армию первоклассным артиллерийским вооружением. В годы войны ею было произведено более 482,2 тысяч орудий и более 351 тысячи минометов. В этом большая заслуга трудовых коллективов наркоматов вооружения, боеприпасов и минометного вооружения, возглавлявшихся наркомами Д. Ф. Устиновым, Б. Л. Ванниковым и П. И. Паршиным.

2. РАКЕТНАЯ ТЕХНИКА В ГОДЫ ВОЙНЫ

В самом начале войны в течение трех дней (с 28 июня по 1 июля) была сформирована отдельная артиллерийская батарея, первая в мире батарея реактивных систем залпового огня, получившая на вооружение семь из восьми изготовленных к тому времени опытных установок БМ-13 и около 3 тысяч снарядов М-13. Командиром батареи был назначен капитан И. А. Флеров. Батарея незамедлительно выступила на Западный фронт.

14 июля 1941 г. в 15 ч 15 мин батарея Флерова произвела первый залп по железнодорожному узлу г. Орши, обрушив на скопившиеся там эшелоны лавину из 112 зажигательных и осколочно-фугасных ракетных снарядов. Огненный смерч охватил железнодорожные составы с боеприпасами, горючим и боевой техникой. Оставшиеся в живых гитлеровцы в панике разбежались. Второй залп был в тот же день произведен по вражеской переправе через р. Оршица. Так впервые заявило о себе новое советское оружие — прославленные гвардейские минометы, прозванные нашими воинами «катюшами».

Советская промышленность быстро наращивала темпы производства реактивного вооружения. Уже к осени 1941 г. на фронтах действовало 45 дивизионов «катюш». А всего за годы войны с июня 1941 по декабрь 1944 г. на фронт было направлено более 10 тысяч пусковых установок и свыше 12 миллионов ракетных снарядов всех типов и калибров.

В ходе войны ракетное вооружение Советской Армии продолжало развиваться и совершенствоваться. Принятые на вооружение к началу войны снаряды М-8 и М-13 предназначались для поражения неукрытой живой силы и огневых средств противника. Они как нельзя лучше выполняли возлагаемые на них задачи, сея панику и опустошение в рядах атакующего противника, обрушаясь на скопления его войск при подготовке к атаке. Однако в ходе наступательных действий советских войск в начале 1942 г. выявила необходимость в снаряде, обладающем мощным фугасным действием для разрушения оборонительных сооружений.

Вначале для этой цели использовали ракетный двигатель снаряда М-13, к которому присоединили боевую часть в форме эллипсоида диаметром 300 мм с массой разрывного заряда около 30 кг. Для стрельбы этим фу-

гасным ракетным снарядом, получившим наименование М-30, использовался пусковой станок 2. Раме с четырьмя снарядами при установке на грунт придавался угол возышения. Существенным недостатком снаряда М-30, поступившего на вооружение летом 1942 г., была малая дальность стрельбы — 2,8 км. Поэтому был разработан новый ракетный двигатель, который при той же, что и у М-30, боевой части обеспечил максимальную дальность 4,3 км. Новый снаряд поступил на вооружение в начале 1943 г. под наименованием М-31. Вы стреливался он также, как и М-30, из пусковой рамы.

Наряду с оперенными фугасными снарядами М-30 и М-31 применялся и 280-мм фугасный турбореактивный снаряд М-28. Его разработала в осажденном Ленинграде инициативная конструкторская группа, и уже в 1942—1944 гг. он использовался на Ленинградском фронте.

Запуск тяжелых РС из станков рамного типа, которые приходилось устанавливать на переднем крае, непосредственно перед противником, создавал большие неудобства. В июне 1944 г. была принята на вооружение смонтированная на автомашине повышенной проходимости пусковая установка БМ-31-12, залп которой составляли 12 снарядов М-31. Создание такой установки резко повысило маневренность тяжелой реактивной артиллерии, ее готовность к внезапному открытию огня. Возросли масштабы использования тяжелых РС. К концу 1944 г. установки БМ-31-12 составляли уже почти треть всех установок реактивной артиллерии. Они широко применялись при прорыве хорошо оборудованной вражеской обороны, буквально перепахивая линии полевых укреплений, открывая путь для продвижения вперед нашей пехоте и танкам.

Для повышения эффективности использования снарядов М-31 и М-31 требовалось улучшить их кучность. Причиной низкой кучности неуправляемых ракет по-прежнему оставался эксцентризитет тяги ракетного двигателя, т. е. смещение направления силы тяги от центра масс ракеты. Конечно, повышение культуры производства, точности изготовления деталей ракеты привели к уменьшению эксцентризитета тяги по сравнению с ракетами прежних поколений, но не смогли устраниТЬ его полностью. А что если заставить оперенную ракету вращаться вокруг своей оси? Тогда вместе с корпусом ракеты будет вращаться и плоскость, в которой действует

Рис. 36. Обеспечение проворота РС с целью улучшения кучности:

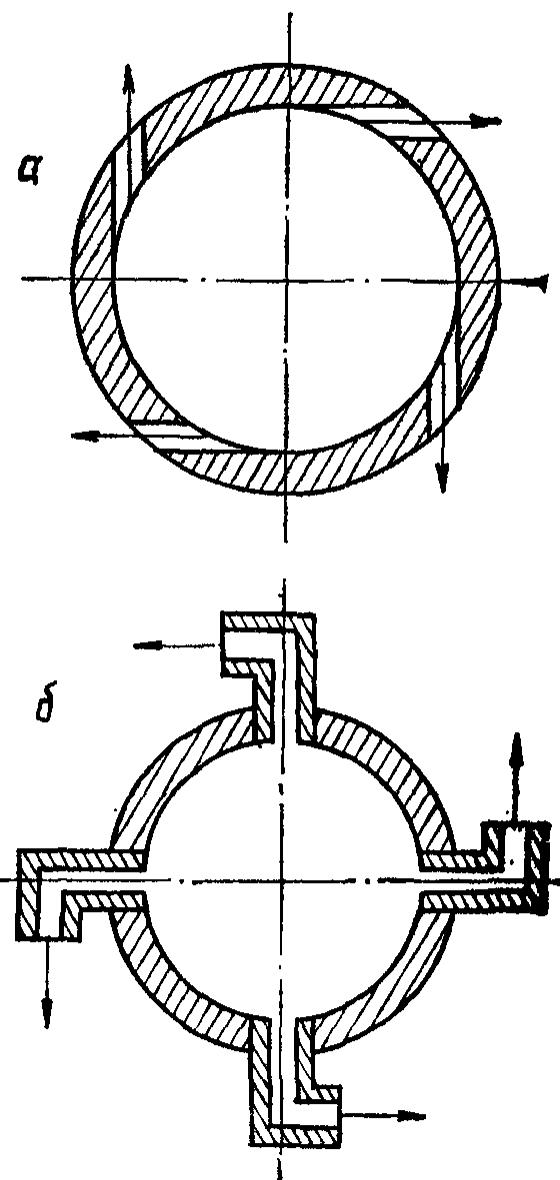
а — за счет тангенциальных отверстий в корпусе ракетной камеры; **б** — за счет штуцеров с тангенциальным выпуском газа

отклоняющий ракету момент тяги. Если, например, вначале он будет стремиться повернуть ракету вправо, то через пол-оборота он начнет отклонять ее в противоположную сторону. Другими словами, отклоняющий момент вступит в борьбу с самим собой. Это должно, в конечном счете, привести к уменьшению отклонения ракеты от заданного курса, а для большого количества выпущенных ракет — к улучшению кучности.

Вращение, придаваемое оперенной ракете с целью улучшения кучности, называют проворотом. И скорость его в 20...40 раз меньше той скорости, которая необходима для стабилизации полета ракеты посредством вращения.

Проворот, как и в ТРС, можно осуществить, выпуская небольшую часть газов из ракетной камеры через тангенциальные каналы, просверленные непосредственно в корпусе камеры (рис. 36, а) или в штуцерах (рис. 36, б). Такой способ проворота, приводящий к наименьшим изменениям конструкции снаряда, состоящего на вооружении, был использован в снарядах М-13 (вариант а) и М-31 (вариант б), которые после усовершенствования стали называться М-13УК и М-31УК (т. е. улучшенной кучности). В результате кучность снаряда М-13 возросла в 3 раза, а снаряда М-31 — в 6,5 раза.

Применение нового вида вооружения не ограничивается пусковыми установками на автомобильном шасси.



24-зарядные установки БМ-8-24 устанавливались на шасси танков Т-40 и Т-60. Для действия в горах были созданы горно-вьючные пусковые установки БМ-8-8, которые применялись на Кавказе и в Карпатах. Установки для пуска М-13 и М-8 получили применение и на флоте. Об использовании ракетных снарядов в авиации уже говорилось.

Реактивная артиллерия широко применялась в уличных боях в Берлине. Особенно эффективна была стрельба тяжелыми снарядами М-31УК. Приведем выдержку из воспоминаний генерал-лейтенанта Ф. Б. Бокова, описывавшего штурм монетного двора рейхсбанка:

«Перед бойцами открылась огромная, высотой в пятиэтажный дом, сплошная железобетонная стена. Ни ворот, ни дверей, ни окон, только бойницы... Из бойниц торчали стволы крупнокалиберных станковых и даже зенитных пулеметов. Настоящая крепость!..

Тогда решили сделать в стене проломы. Но как? Саперам не подойти, а пушкам и «катюшам» на узкой улице не развернуться. Выход нашли артиллеристы 2-го дивизиона 6-й гвардейской минометной бригады. Они предложили произвести пуск реактивных снарядов прямо из деревянных упаковок со второго этажа дома, стоящего напротив железобетонной стены. Через полчаса красноармейцы притащили стокилограммовые хвостатые снаряды М-31, которые на фронте ласково называли «ванюшами». Их установили в окнах, нацелили в одну точку стены, соединили проводом с пусковой машинкой... включили ток. Сверкнула молния, раздался пронзительный свист и почти одновременно — оглушительный взрыв. Несколько минут ничего нельзя было разглядеть: все залокло густой пылью и дымом... Когда просветело, все увидели, что стену пересекали глубокие трещины и в ней образовалась брешь...» Бойцы устремились в пролом и после короткого штурма овладели укреплением.

Во время второй мировой войны в Германии, США и Англии были разработаны ракетные снаряды и многозарядные пусковые установки для стрельбы ими. По своим боевым характеристикам они значительно уступали советским образцам. Германские пусковые установки вошли на прицепе и были менее маневренными, чем советские самоходные установки. Их залповость была невысокой: 5...6 снарядов в залпе. 158,5-мм ракетный снаряд к шестиствольному миномету, являвшийся основ-

ным образцом ракетного вооружения немецко-фашистской армии, уступал советскому образцу М-13 по могуществу действия у цели более чем в два раза, а по дальности стрельбы — на 25 %.

Серьезным недостатком образцов полевой реактивной артиллерии фашистской Германии явилось то, что они могли применяться в ограниченном температурном диапазоне: от -25°C до $+25^{\circ}\text{C}$. Для использования их в сильные морозы и в сильную жару требовалась замена обычных ракетных зарядов на другие, изготовленные из порохов специального состава.

В США начиная с 1942 г. на вооружение стали поступать ракетные снаряды калибром 114,3 и 182 мм, которые и по дальности стрельбы, и по эксплуатационным свойствам значительно уступали советским образцам.

Глава VI. РАКЕТА И ОРУДИЕ ПРОТИВ БРОНИ

1. СНАРЯД ПРОБИВАЕТ БРОНЮ СИЛОЙ УДАРА

Впервые задача борьбы снаряда с броней возникла в конце XIX в., когда у кораблей появилась броневая защита. Первые опыты, связанные с разработкой снаряда, способного пробить цементированную стальную плиту, проводились в 90-х годах адмиралом Макаровым, предложившим свою конструкцию бронебойного снаряда с наконечником из вязкой стали.

Когда в первую мировую войну на поля сражений вышли танки, задачи борьбы с броней встали перед полевой артиллерией во всей остроте. С тех пор началось состязание брони и снаряда, которое не прекращается и по сей день. С одной стороны, броня совершенствуется, повышая стойкость танков к воздействию противотанковых средств, с другой — возрастает бронепробивная способность артиллерийского оружия.

Мощи танковой брони орудие, в первую очередь, противопоставило силу удара артиллерийского снаряда. Если эта сила достаточно велика, а снаряд обладает необходимой прочностью, из брони выбивается «пробка», диаметр которой близок к калибру снаряда.

Поражение за броней (заброневое действие снаряда) осуществляется осколками брони и снаряда. Поскольку

при ударе происходит сильный разогрев и самого снаряда и брони, образующиеся осколки обладают также за jakiгательным действием. Если снаряд несет в себе заряд взрывчатого вещества, поражение за броней дополняется действием взрыва.

Толщина пробиваемой брони в основном зависит от кинетической энергии снаряда (и в первую очередь, скорости) в момент встречи с броней, формы головной части и прочности корпуса снаряда, угла встречи снаряда с броней, прочности и устройства самой брони.

Бронепробиваемость тем выше, чем ближе угол встречи снаряда с броней к 90° , поэтому конструкторы танков всегда стремятся располагать броню, в особенности лобовую, под возможно меньшим углом к горизонту. В свою очередь, конструкторы бронебойных снарядов для предотвращения соскальзывания снаряда с поверхности брони при малых углах встречи делают его головную часть притупленной. Для снижения сопротивления воздуха в полете притупление закрывают пистолетными баллистическими наконечником, который разрушается при встрече с броней и в пробивании ее не участвует.

Повысить кинетическую энергию снаряда в момент встречи с броней можно как за счет повышения его начальной скорости, так и за счет увеличения массы. Понятно, что повышение массы снаряда при одновременном повышении начальной скорости связано с увеличением калибра. В ходе Великой Отечественной войны калибр противотанковых орудий возрастал непрерывно. В начале войны основным противотанковым орудием была 45-мм пушка с массой снаряда 1,43 кг и начальной скоростью 760 м/с. В 1944 г. на вооружение была принята 100-мм пушка с массой снаряда 16,6 кг и начальной скоростью 900 м/с. Бронепробиваемость возросла с 30...40 до 160 мм, что позволило нашей противотанковой артиллерию вести успешную борьбу с немецкими танками типа «тигр» и «пантера», имеющими лобовую броню толщиной 120...160 мм. Таким образом, повышение бронепробиваемости было связано с разработкой новых артиллерийских систем.

Но ведь нужно было повышать и эффективность орудий, уже стоявших на вооружении. Заметим, что с ростом скорости снаряда бронепробиваемость возрастает быстрее, чем с ростом его массы. Но как повысить скорость снаряда, не меняя конструкции самого орудия?

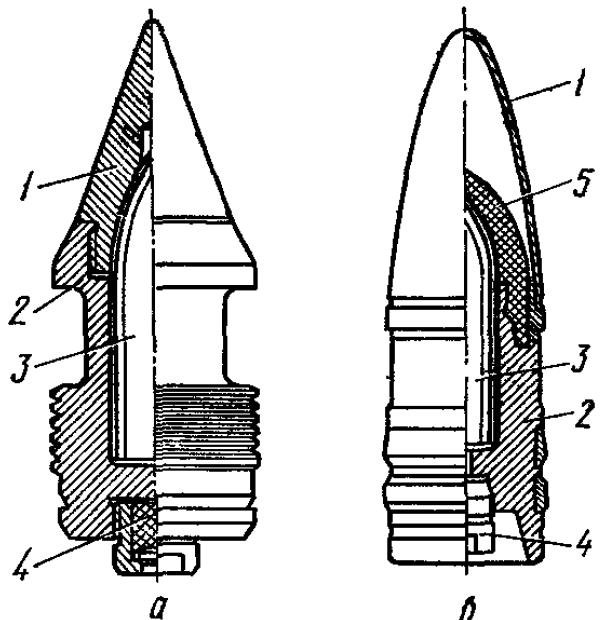


Рис. 37. Подкалиберные бронебойные снаряды:
 а — катушечной формы; б — обтекаемой формы; 1 — баллистический наконечник; 2 — поддон; 3 — бронебойный сердечник; 4 — трассер; 5 — наконечник из пластмассы

Ведь ствол рассчитан на определенное максимальное давление, превышение которого недопустимо. Ответ на этот вопрос дает формула (9). Если при том же калибре, т. е. при той же площади дна S , уменьшить массу самого снаряда, можно, не повышая p_m , получить значительно большую начальную скорость. Например, уменьшив массу снаряда в 1,8 раза, можно увеличить его начальную скорость на 32 %, что позволяет получить для полевых орудий калибра 57...76 мм начальную скорость 1100...1500 м/с. Так появился в наземной артиллерией новый тип снаряда, названный подкалиберным. Основные варианты подкалиберных бронебойных снарядов представлены на рис. 37.

Бронепробивающей частью такого снаряда является сердечник, который по диаметру примерно в три раза меньше калибра орудия. Этот сердечник изготавливается из металлокерамических сплавов карбида, вольфрама, молибдена, титана с никелем, хромом, железом, плотность которых более чем в два раза превышает плотность стали. В то же время они обладают высокой прочностью и твердостью.

Корпус или поддон из мягкой стали или алюминиевых сплавов обеспечивает ведение подкалиберного снаряда по каналу ствола орудия.

Как ведут себя элементы подкалиберного снаряда при встрече с броней? Для уяснения этого предлагаем читателю попытаться пробить тонкой швейной иглой пятикопеечную монету. Для этого вначале нужно иглу воткнуть в бутылочную пробку. Затем поставить пробку на

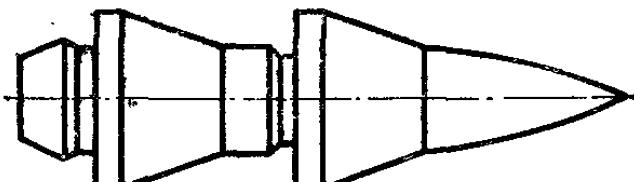
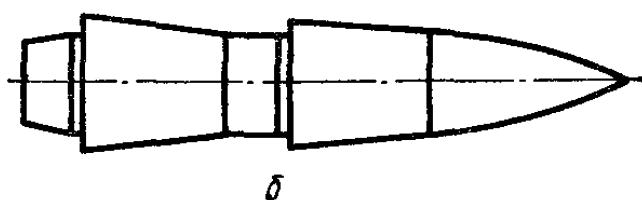


Рис. 38. Снаряд для стрельбы из орудия с коническим стволовом:
а — до выстрела; б — после выстрела



монету так, чтобы игла составляла с плоскостью монеты угол, близкий к 90° . И наконец, ударить по торцу пробки молотком. Отверстие готово. Мягкая пробка, не участвуя в пробитии монеты, сыграет роль направляющего элемента, не допускающего искривления иглы, увода ее в сторону.

Подобным же образом ведут себя при встрече с броней поддон и сердечник. Поддон из мягкого материала при ударе полностью разрушается, а сердечник, подобно игле, по инерции продвигается вперед, пробивая броню. Так как площадь сечения сердечника намного меньше площади поперечного сечения обычного снаряда, а плотность его материала намного выше, то в совокупности с высокой скоростью встречи достигается такая концентрация энергии на единицу площади сердечника которая в несколько раз выше, чем у обычного калиберного снаряда. Вот почему подкалиберный снаряд пробивает броню толщиной в 2...3 раза больше, чем его калибр. Для калиберного снаряда толщина пробиваемой брони составляет всего 1,3...1,6 калибра.

Подкалиберные снаряды обладают высоким зажигательным действием за броней, поскольку кинетическая энергия удара в значительной мере преобразуется в тепло и производит нагрев осколков сердечника до высоких температур.

Недостаток рассмотренных подкалиберных снарядов — низкая поперечная нагрузка, вследствие чего после вылета из орудия они быстро теряют скорость и сохраняют высокую бронепробиваемость на ограниченных дальностях. Этот недостаток устраняется применением поддона, отделяющегося от активной части снаряда с сердечниками после вылета из орудия. При этом активная

часть снаряда, обладая высокой поперечной нагрузкой и хорошей аэродинамической формой, сохраняет высокую скорость. Такой снаряд XM327 имеет, например, 120-мм танковая пушка армии США.

Стремление совместить в одном снаряде большую площадь поперечного сечения при движении в канале ствола и малую площадь в полете привело к идеи создания орудийного ствола с каналом конической формы и снаряда с ведущими поясами, обжимающимися во время движения по стволу (рис. 38). В этом случае калибр снаряда, покидающего орудие, оказывается в 1,3...1,4 раза меньше начального. Однако орудия с коническим стволом сложны в изготовлении и обладают малой живучестью.

2. СНАРЯД И РАКЕТА ПРОБИВАЮТ БРОНЮ КУМУЛЯТИВНЫМ ВЗРЫВОМ

Уже давно было подмечено, что заряд взрывчатого вещества с выемкой, обращенной в сторону преграды, обладает направленным действием взрыва, что вмятина, образуемая таким зарядом в преграде, в несколько раз больше, чем у заряда без выемки. Было также подмечено, что разрушающее действие такого заряда проявляется значительно сильнее, если поверхность выемки имеет металлическую облицовку. Это явление, получившее название кумулятивного эффекта, в годы войны было использовано для создания нового вида боеприпасов — кумулятивных снарядов и мин.

В чем же суть этого явления? На рис. 39 показано, как ведет себя металлическая облицовка конической кумулятивной выемки при взрыве. Рисунок сделан на основе снимков, полученных в отдельные моменты с помощью

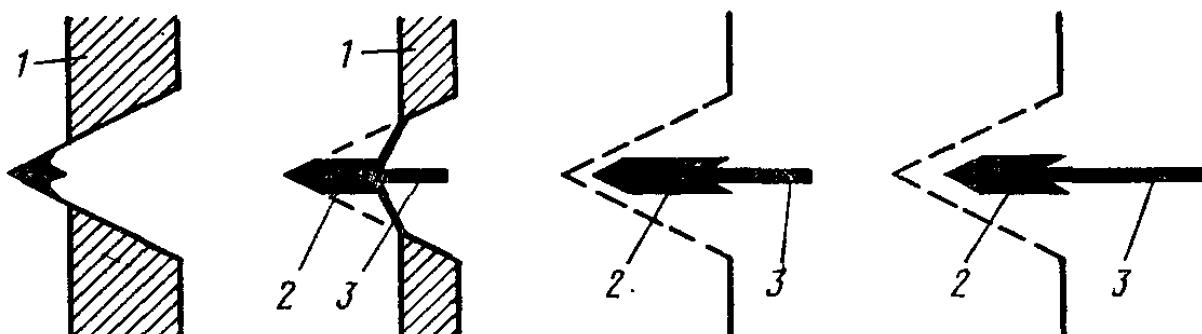


Рис. 39. Стадии формирования кумулятивной струи:

1 — положение фронта детонации; 2 — пест; 3 — струя («игла»)

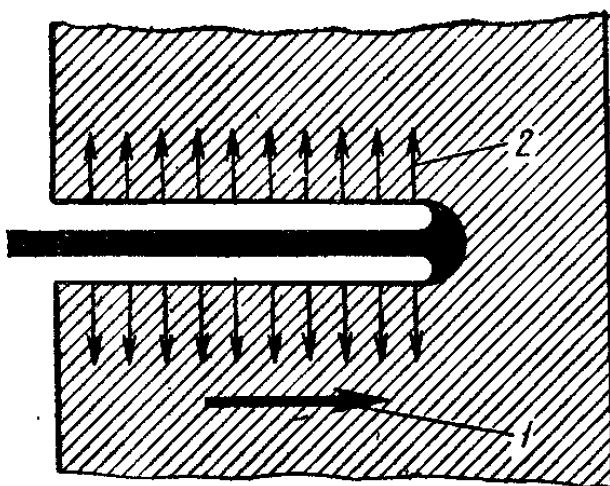
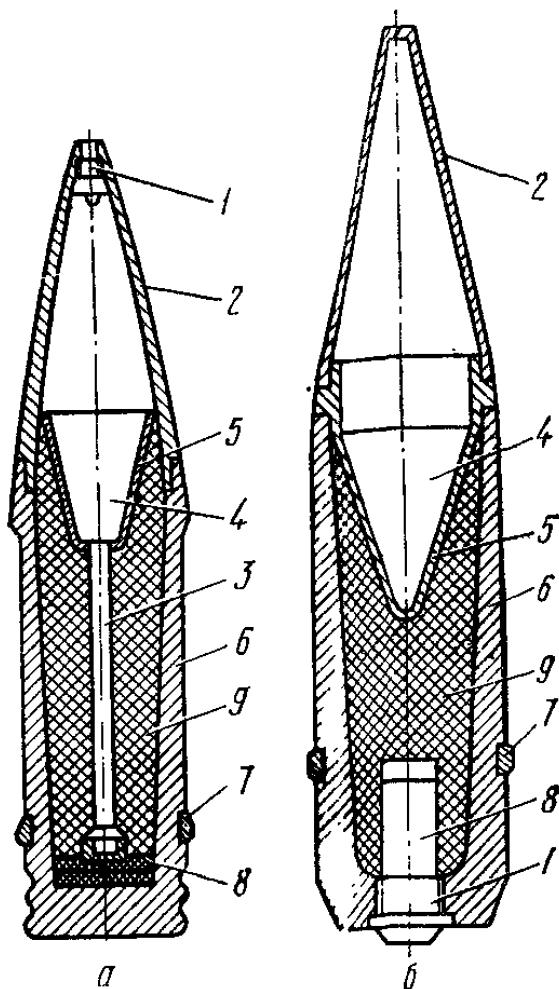


Рис. 40. Схема пробивания брони кумулятивной струей:

1 — направление движения струи;
2 — направление движения металла брони

Рис. 41. Кумулятивные снаряды:

а — с головным взрывателем; б — с донным взрывателем; 1 — взрыватель; 2 — головной колпак; 3 — центральный канал; 4 — кумулятивная выемка; 5 — металлическая облицовка; 6 — корпус снаряда; 7 — ведущий поясок; 8 — детонатор; 9 — разрывной заряд



импульсной рентгеновской съемки. Волна детонации вследствие взрывчатом веществе в данном случае распространяется слева направо. Под действием сверхвысоких давлений, возникающих в ней, материал обжимается в направлении к оси конуса. В результате из наружных слоев облицовки формируется «пест», а из внутренних слоев выдавливается «игла» — струя металла, движущегося в осевом направлении с огромной скоростью, до 15 000 м/с. Именем «игла», хотя ее масса по сравнению с массой «песта» невелика, обеспечивает пробивание брони большой толщины. При колоссальной скорости встречи и струя («игла») и броня ведут себя подобно двум жидкостям: жидкую струю внедряется в жидкую массу, расталкивая ее в стороны с большой скоростью (рис. 40). С приобретенной в радиальном направлении скоростью материал брони продолжает «расползаться» и после непосредственного воздействия кумулятивной струи. Поэтому пробоина в броне образуемая «иглой», во много раз превышает ее диаметр. Вслед за «иглой» в пробоину врывается и части материала «песта».

Первый отечественный кумулятивный снаряд, разрабо-

танный под руководством профессора К. К. Снитко, был принят на вооружение в январе 1942 г. Кумулятивные боеприпасы того времени обладали способностью пробивать броню толщиной до двух калибров снаряда. Современные же кумулятивные боеприпасы пробивают броню толщиной до четырех калибров. В отличие от бронебойных снарядов кумулятивные снаряды не нуждаются в высоких скоростях встречи с броней. Это позволило в годы войны, снабдив артиллерийские системы с невысокими начальными скоростями (300...500 м/с) кумулятивными снарядами, превратить их в эффективное оружие для борьбы с танками.

Устройство артиллерийского кумулятивного снаряда представлено на рис. 41. При встрече снаряда с броней мгновенно срабатывает головной взрыватель. От него импульс передается донному капсюлю-детонатору, взрыв которого вызывает детонацию взрывного заряда. Фронт детонационной волны направляется к головной части снаряда и производит действия, показанные на рис. 39. Заметим, что наибольшая эффективность кумулятивного взрыва обеспечивается в том случае, когда расстояние от торца заряда до брони равно так называемому фокусному расстоянию. При расстоянии больше фокусного пробивное действие кумулятивной струи за счет ее распада снижается. Поэтому для повышения сопротивляемости брони действию кумулятивного взрыва впереди нее иногда устанавливают экран — тонкую металлическую обшивку. Взрыватель снаряда срабатывает при встрече с экраном, вызывая взрыв при удалении торца кумулятивного заряда от брони больше фокусного расстояния, и действие кумулятивной струи резко ослабляется.

В конце второй мировой войны появились ракеты с кумулятивной боевой частью, которые проявили себя как эффективное средство борьбы с танками в ближнем бою, в особенности в крупных населенных пунктах.

Отметим, что системы, предназначенные для борьбы с танками, наряду с высокой бронепробиваемостью должны обладать высокой кучностью боя. Ведь танк представляет собой цель с очень малыми размерами (длина 6...7 м, ширина 3...3,5 м, высота 2...2,5 м), а поражение его возможно лишь при прямом попадании. Для того чтобы неуправляемую ракету с кумулятивной боевой частью сделать эффективным средством борьбы с танками, ее кучность, по сравнению с РС полевой реактивной артил-

лении, потребовалось увеличить в несколько раз. Вспомним, что отклонение ракеты от направления полета, приданного ей пусковым устройством, происходит в основном на активном участке траектории. Поэтому для существенного улучшения кучности необходимо резко сократить длину активного участка, т. е. уменьшить время работы ракетного двигателя. Эту задачу можно решить тремя способами: уменьшением массы заряда, уменьшением толщины горящего свода пороха, увеличением скорости горения пороха за счет повышения давления в двигателе. К сожалению, все эти меры неизбежно приводят к снижению максимальной скорости и дальности стрельбы. Поэтому дальность прямого выстрела и эффективная дальность стрельбы такими ракетами невелика — всего 200..400 м.

Одной из первых послевоенных противотанковых ракет явилась 88,9-мм ракета армии США «Базука», способная поражать броню толщиной до 280 мм на дальности 150...200 м. Запускается она из простейшего пускового устройства — трубы с прицельным приспособлением, обслуживается расчетом из двух человек, стрельба производится с плеча или с грунта.

3. УПРАВЛЯЕМАЯ РАКЕТА ПРОТИВ ТАНКА

Проблема повышения бронепробиваемости и дальности стрельбы по танкам с одновременным обеспечением высокой точности попадания в цель была успешно решена на основе использования реактивного принципа и электроники. Появились противотанковые управляемые

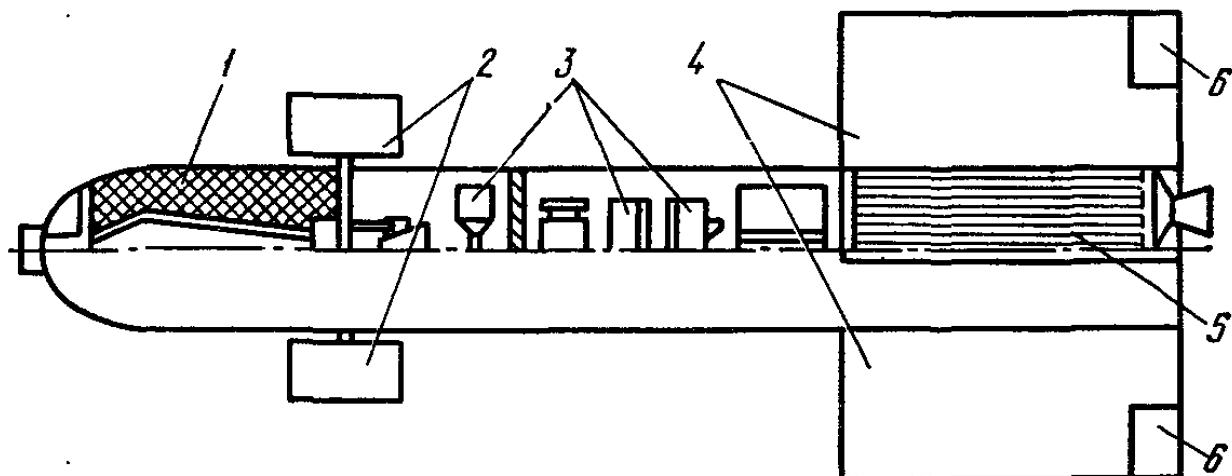


Рис. 42. Схема противотанкового управляемого снаряда:

1 — боевая часть; 2 — воздушные рули; 3 — приборы системы управления; 4 — крылья; 5 — ракетный двигатель; 6 — элероны

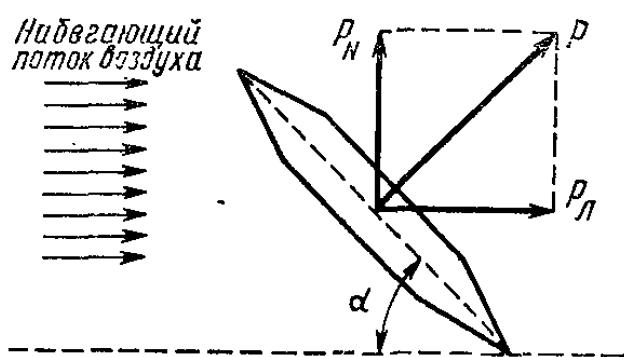


Рис. 43. Образование подъемной силы крыла и воздушного руля

реактивные снаряды (ПТУРС). Схема устройства такого снаряда представлена на рис. 42. Основными его частями являются: боевая часть кумулятивного действия 1, ракетный двигатель 5, планер с крыльями 4, приборы системы управления 3.

Возможность использования в реактивном снаряде боевой части большого диаметра с большой массой взрывчатого вещества определяет высокую бронепробиваемость. Поскольку бронепробиваемость кумулятивного заряда не связана со скоростью снаряда, от ПТУРС не требуется высоких скоростей полета. У большинства современных ПТУРС они лежат в пределах 80...200 м/с. В отличие от противотанковых орудий, у которых настичность траектории и дальность прямого выстрела обеспечиваются высокими начальными скоростями снарядов, движение ПТУРС на небольшой постоянной высоте над поверхностью земли достигается за счет подъемной силы его крыльев.

Аэродинамическая подъемная сила крыла P_N возникает, когда плоскость крыла образует с встречным потоком воздуха угол, называемый углом атаки (рис. 43). Площадь крыльев и угол их наклона подбираются так, чтобы создаваемая крылом подъемная сила уравновешивала силу тяжести снаряда. Наряду с подъемной силой возникает сила лобового сопротивления крыла P_D , которая вместе с лобовым сопротивлением фюзеляжа ПТУРС образует силу, тормозящую движение снаряда, стремящуюся погасить его скорость. Чтобы компенсировать силу лобового сопротивления и сохранить скорость ПТУРС постоянной, применяется маршевый ракетный двигатель с тягой, близкой по величине к этому сопротивлению. Особенность маршевого двигателя — большое время работы (20...30 с) при относительно небольшой тяге.

Для быстрого разгона ПТУРС до скорости маршевого

полета применяется стартовый двигатель с высокой тягой, но очень маленьким временем работы (от 0,5 до 3 с). После окончания работы этот двигатель от снаряда не отделяется. Иногда стартовый и маршевый заряды располагаются в одном двигателе, который работает последовательно в двух режимах: сначала в стартовом, а затем в маршевом.

Полетом ПТУРС управляют с помощью воздушных рулей. Поворачиваясь вокруг оси, руль создает дополнительную подъемную силу, действующую на некотором плече относительно центра масс ПТУРС. Возникает момент, поворачивающий ПТУРС в нужном направлении. Обычно в ПТУРС рули располагаются крестообразно. Отклоняя горизонтальную пару рулей вверх-вниз, управляют по высоте, а отклоняя вертикальную пару рулей вправо-влево — по курсу. Подобным же образом работают элероны, устанавливаемые на крыльях.

Управление движением снаряда на всем его пути до цели позволяет избежать ошибок, неизбежных при стрельбе из противотанкового орудия. Что же это за ошибки? Наводчик орудия при стрельбе по танку выпускает снаряд с упреждением, которое выбирается с учетом скорости и направления движения танка. При этом неизбежны ошибки, возрастающие с ростом дальности и в случае маневрирования цели. К этому следует добавить не поддающиеся учету метеорологические факторы (порывы ветра), не следует забывать и о рассеивании снарядов, которое с ростом дальности увеличивается.

Управление снарядом в полете осуществляется с помощью системы наведения, состоящей из аппаратуры, размещенной на снаряде, и аппаратуры — на командном пункте. Для управления ПТУРС чаще всего применяют метод трех точек, при котором снаряд во время полета удерживается на линии командный пункт — цель. Оператор, наблюдая с командного пункта за полетом снаряда в оптический прибор, всегда должен видеть его как бы совмещенным с целью. В случае отклонения оператор подает командные сигналы «вверх-вниз», «влево-вправо» для возвращения снаряда на линию командный пункт — цель.

Связь командного пункта со снарядом происходит либо по проводам, либо по радио. В первом случае используются стальные провода толщиной 0,2...0,3 мм, уложенные в катушки на снаряде и сматываемые по мере уда-

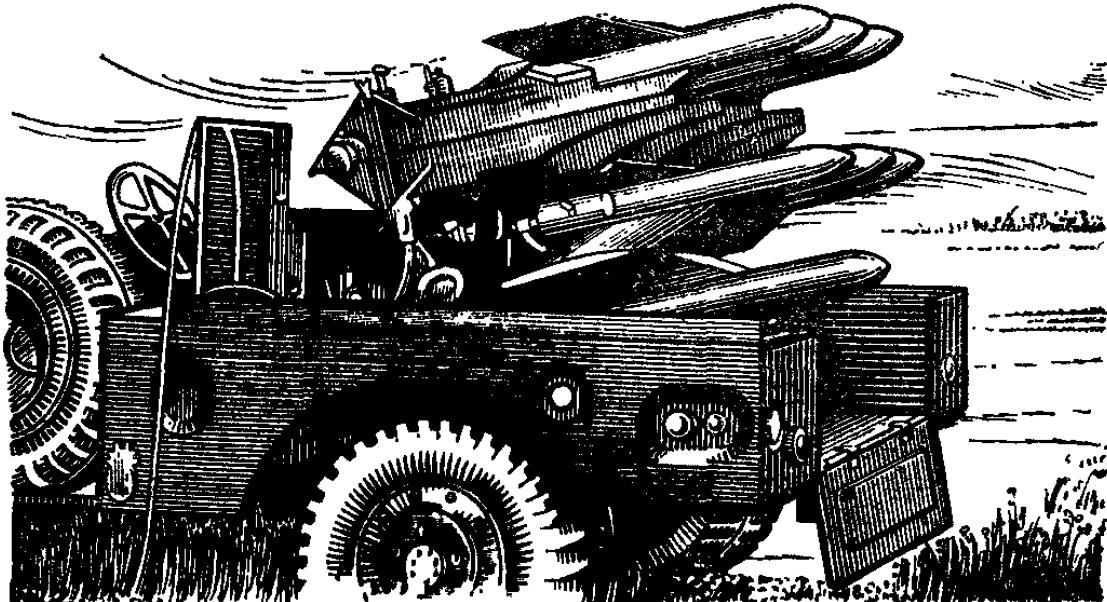


Рис. 44. ПТУРС, запускаемые с автомашины

ления ПТУРС от места старта. Когда оператор для подачи команды поворачивает рукоятку прибора, в электрическую цепь подается сигнал в виде кратковременного скачка силы тока или напряжения. Этот сигнал в приемной аппаратуре снаряда усиливается, а затем подается в виде команды на привод воздушных рулей, например, включая обмотку электромагнита. В случае управления по радио командные сигналы подаются в виде радиопульса.

Известны образцы ПТУРС с использованием системы самонаведения, которая обеспечивает оценку положения снаряда относительно цели и вырабатывает команды для направления его в цель. Действие подобных систем основано на контрастных свойствах цели. Например, при работе двигателя излучение инфракрасных лучей выделяет танк на фоне окружающей местности, делает его контрастным. Так, в США разработан образец «Hellfire» с инфракрасной самонаводящейся головкой. Вероятность попадания в танк одного управляемого снаряда составляет 80...90 %.

Применяемые в настоящее время ПТУРС можно разделить на три категории:

легкие, с массой 15 кг и дальностью стрельбы 1...1,6 км;

средние, с массой 18...20 кг и дальностью стрельбы 1,5...5 км;

тяжелые, с массой 70...140 кг и дальностью стрельбы 2...5 км.

Запуск ПТУРС может осуществляться различными способами: с земли (из укупорки или без нее), с автомашин, бронетранспортеров (рис. 44) и вертолетов. ПТУРС могут быть использованы во всех родах войск как в обороне, так и в наступлении.

С связи с такими преимуществами ПТУРС по сравнению с орудием, как очень малые масса и габариты снаряда, высокая точность стрельбы, большая дальность, возникает вопрос: не следует ли вообще отказаться от противотанковой артиллерии, заменив ее ПТУРС? Чтобы ответить на него, обратимся к недостаткам ПТУРС. Стрельба ПТУРС при командном управлении возможна только при хорошем просмотре местности на всю дистанцию стрельбы, а это не всегда выполнимо. ПТУРС не могут поражать танки при их внезапном появлении на малых расстояниях, поскольку оператор не успеет навести ПТУРС на цель.

Отсюда следует, что ПТУРС не смогут полностью заменить противотанковую артиллерию, что они должны применяться в сочетании с другими противотанковыми средствами — орудиями и системами ближнего боя.

Глава VII. ОРУДИЕ И РАКЕТА ПРОТИВ САМОЛЕТА

1. ОРУДИЕ ВСТУПАЕТ В БОРЬБУ С САМОЛЕТОМ

С появлением над полями сражений авиации перед артиллерией возникла новая задача — борьба с воздушными целями. Первоначально для ее решения приспособливали обычные полевые орудия, устанавливая их на специальные платформы, однако они оказались неэффективными. В дальнейшем разрабатываются орудия специального назначения. Так, в России в 1914 г. была принята на вооружение 3-дюймовая автомобильная противосамолетная пушка, созданная на Путиловском (ныне Кировском заводе).

Бурное развитие зенитной артиллерии начинается после первой мировой войны. В процессе развития происходит деление зенитной артиллерии (ЗА) на малокалиберную — МЗА (от 20 до 60 мм) и среднекалиберную — СЗА (от 60 до 100 мм). Впоследствии появилась и крупнокалиберная зенитная артиллерия (более 100 мм).

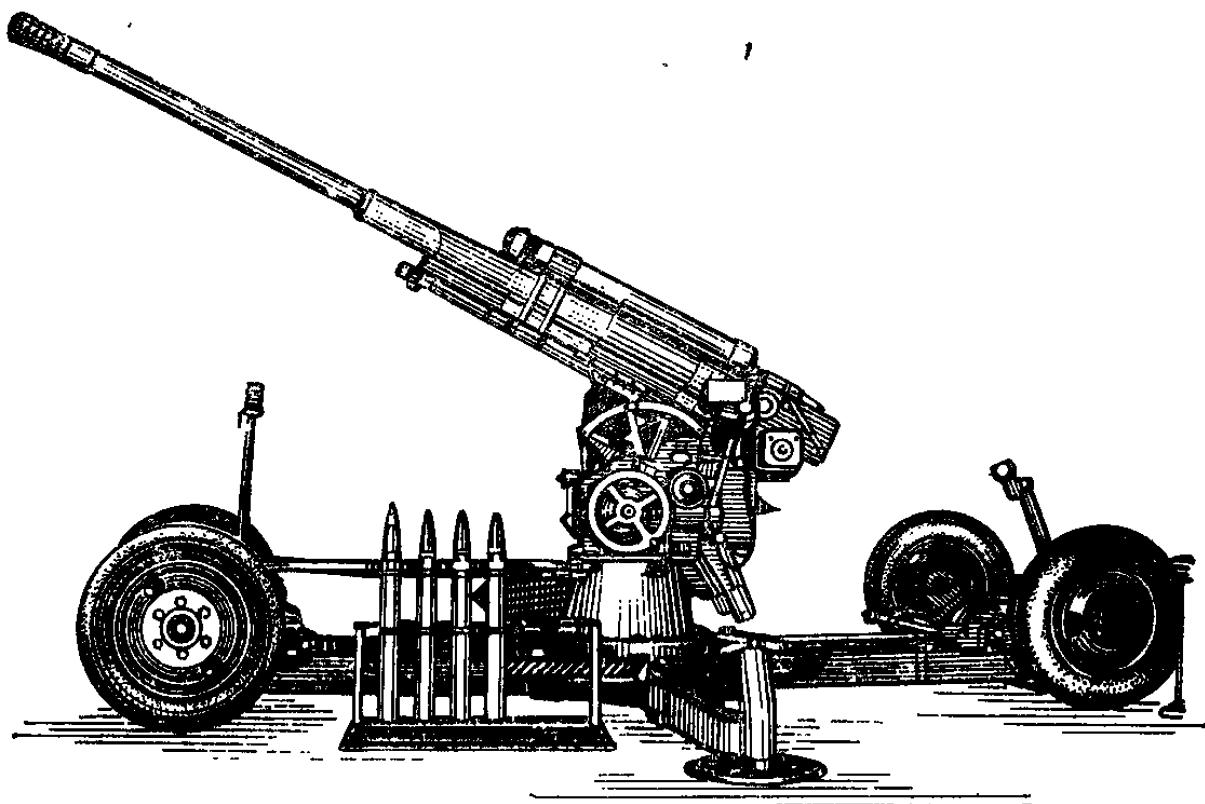


Рис. 45. 76-мм зенитная пушка обр. 1938 г.

МЗА предназначается для борьбы с низколетящими средствами воздушного нападения. К началу второй мировой войны досягаемость орудий МЗА по высоте составляла от 2 до 5 км, а скорострельность от 180 до 250 выстрелов в минуту. Для стрельбы из орудий МЗА используются осколочно-трассирующие, осколочно-зажигательно-трассирующие и бронебойно-трассирующие снаряды. Масса их невелика и в зависимости от калибра меняется от 0,1 до 1,0 кг. Осколочно-трассирующие и осколочно-зажигательно-трассирующие снаряды поражают цели главным образом осколками корпуса, образующимися при взрыве. Зажигательное действие обеспечивается шашкой зажигательного пиротехнического состава, добавляемого к разрывному заряду.

Трассирующий состав, расположенный в донной части, воспламеняется от пороховых газов при движении снаряда по каналу ствола и продолжает гореть в воздухе, обозначая траекторию и помогая тем самым корректировать стрельбу по цели. Разрыв снаряда при встрече с целью обеспечивается взрывателем ударного действия. В случае же промаха снаряд подрывается самоликвидатором, который срабатывает через определенный промежуток времени после выстрела.

Зенитные орудия среднего и крупного калибра

(рис. 45) предназначались для борьбы с воздушными целями на средних и больших высотах. К началу второй мировой войны досягаемость по высоте для орудий среднего калибра составила 10...14 км, для орудий крупного калибра — 14...17 км, а скорострельность 20...25 выстрелов в минуту.

Для стрельбы из орудий среднего и крупного калибра применяются снаряды осколочного действия с дистанционным взрывателем, обеспечивающим разрыв снаряда по истечении определенного времени после вылета из канала ствола, когда он предположительно находится в районе цели.

Важную роль сыграла зенитная артиллерия в период Великой Отечественной войны. Вместе с истребительной авиацией наши зенитчики защищали войска от налетов фашистской авиации на фронте. Огневым щитом прикрывали они жизненные центры в тылу страны.

Нельзя не вспомнить о той роли, которую сыграла зенитная артиллерия в защите столицы нашей Родины — Москвы от налетов фашистских стервятников. Из 134 масированных налетов на Москву, в которых участвовало до 9000 самолетов, лишь 243 удалось прорваться к городу. Всего под Москвой было сбито 1392 самолета противника. Противовоздушная оборона Москвы обладала самой высокой насыщенностью зенитными орудиями: 3,1...5,8 орудия на 1 км², в то время как для ПВО Лондона этот показатель составлял 0,5...0,8, а для ПВО Берлина — 0,4...0,6.

Успех боевых действий наших войск на фронте во многом зависел от их прикрытия с воздуха. На последнем этапе войны войска Советской Армии прикрывало 10 000 зенитных орудий. За период войны наземными средствами ПВО сухопутных войск было сбито 21 645 самолетов противника.

В обороне зенитная артиллерия противостояла авиационному наступлению противника, срывала действия его воздушной разведки, прикрывала штабы и армейские тылы. В наступлении ЗА прикрывала наши войска на марше, многочисленные переправы наших войск через водные рубежи. Большую роль сыграла ЗА и в переломный момент войны, воспрепятствовав снабжению окруженной сталинградской группировки немцев по воздуху.

После второй мировой войны задачи противовоздушной обороны приобрели особую важность, неизмеримо

возросли требования к ней. Если раньше, когда зенитной артиллерией удавалось сбить несколько бомбардировщиков, участвовавших в налете, действия ее считались успешными, то в новых условиях, когда любой бомбардировщик может оказаться носителем атомного оружия, задачей ПВО стало обязательное уничтожение всех средств воздушного нападения на охраняемый объект. В то же время, возросшие потолок и скорость бомбардировщиков в сильной степени затруднили решение этой задачи с использованием зенитных орудий. Зенитное орудие по командам, передаваемым прибором управления зенитным огнем (ПУАЗО), наводится в упрежденную точку по курсу движения самолета. Предполагается, что за время полета снаряда самолет не изменит свой курс, не будет маневрировать. Если полетное время невелико, такое предположение не приводит к большому промаху. Но при стрельбе на высоты больше 10 км полетное время снаряда определяется десятками секунд, а путь самолета за это время даже при дозвуковых скоростях может составить 600...900 м. Вероятность попадания резко падает. При реальной скорострельности тяжелых зенитных систем, обладающих таким потолком стрельбы, плотность обстрела самолета по курсу оказывается очень низкой (1 снаряд на 1 км курса самолета и даже ниже).

Резко возрастает и расход боеприпасов. Ведь по опыту второй мировой войны даже для поражения самолета на средних высотах необходимый расход снарядов в среднем составлял 600...700 штук, что и обусловило кризис зенитной артиллерии как средства борьбы с высоколетящими воздушными целями. В связи с этим в начале 60-х годов части зенитной ствольной артиллерии в ряде стран были расформированы. В военных кругах США и НАТО складывалось убеждение, что, повысив потолок полета до 20 км, а скорость полета за счет использования реактивных двигателей до 2...3 скоростей звука, можно сделать бомбардировочную авиацию неуязвимой от наземных средств ПВО.

2. УПРАВЛЯЕМАЯ РАКЕТА ПРОТИВ САМОЛЕТА ▶

Именно в это время появляются новые средства борьбы с самолетами — зенитные управляемые ракеты. В 1960 г. такой ракетой был сбит над территорией Советского Союза американский самолет-шпион У-2. Он летел

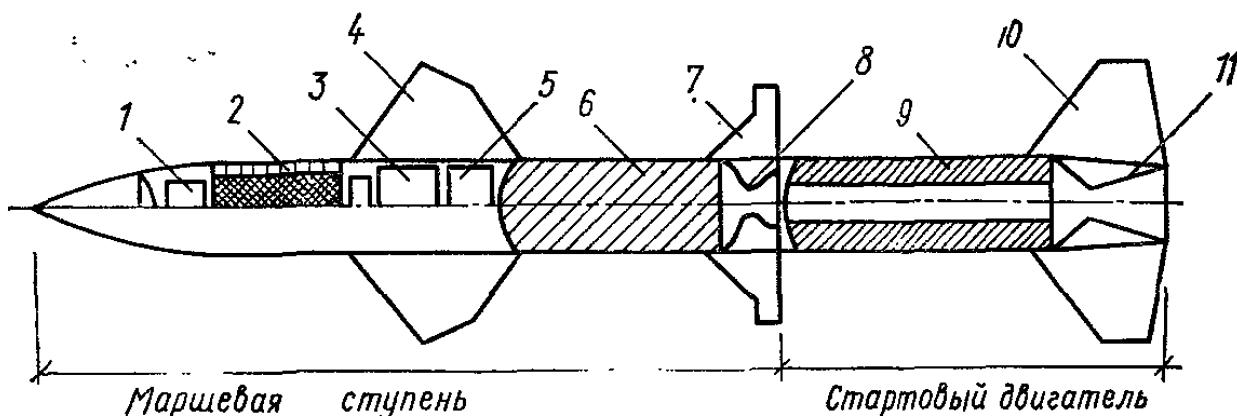


Рис. 46. Схема устройства зенитной управляемой ракеты:

1 — блок головки самонаведения; 2 — боевая часть; 3 — исполнительный механизм поворота крыла; 4 — крыло; 5 — блок системы управления; 6 — маршевый двигатель; 7 — стабилизаторы (воздушные рули) маршевой ступени; 8 — сопло маршевого двигателя; 9 — топливо стартового двигателя; 10 — стабилизаторы стартовой ступени; 11 — сопло стартового двигателя

на большой высоте, и пославшие его пентагоновские за- правили считали его неуязвимым.

Примерная схема устройства зенитной управляемой ракеты представлена на рис. 46. Основными ее элементами являются: стартовый ускоритель, маршевый двигатель 6, приборный отсек с бортовой аппаратурой управления 5, боевая часть 2, аэродинамические органы — стабилизаторы 7 и крылья 4.

Пороховой стартовый ускоритель, обладающий высокой тягой, применяется для обеспечения достаточной скорости схода ракеты с пусковой установки и быстрого, в течение нескольких секунд, набора скорости в полете. Последнее нужно для сокращения времени движения ракеты в район цели. По окончании работы стартового ускорителя он отделяется от ракеты. Время работы маршевого двигателя на жидком или твердом топливе составляет основную долю общего времени полета ракеты до цели. Тяга этого двигателя невелика, поэтому в течение его работы ракета летит с плавным набором скорости.

Изменение направления движения ракеты при ее наведении на цель осуществляется с помощью аэродинамических органов управления — воздушных рулей и крыльев. В случае применения поворотных крыльев требуемое изменение курса ракеты осуществляется подъемной силой крыла. Поворот управляющих плоскостей аэродинамических органов производится исполнительным механизмом — рулевыми машинками, работающими по команде бортовой аппаратуры управления.

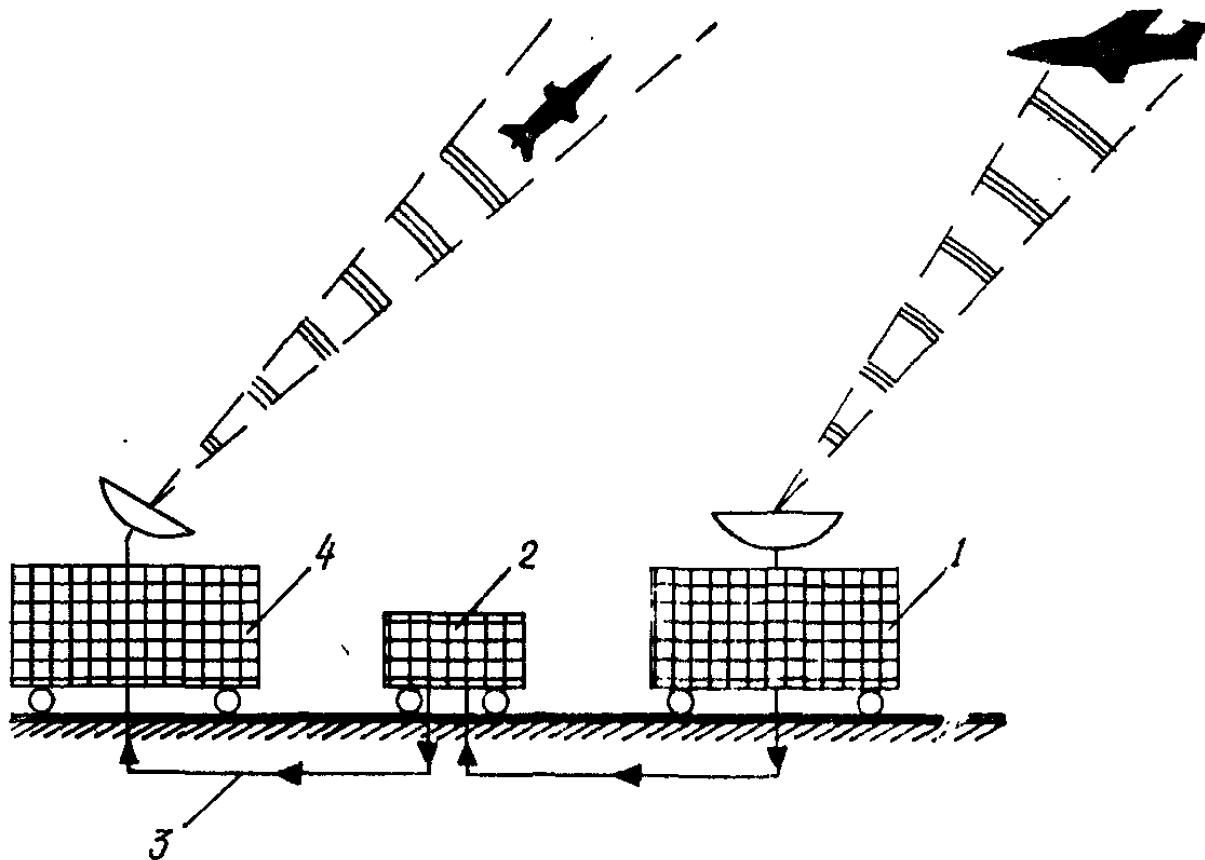


Рис. 47. Схема работы командной системы управления:

1 — радиолокатор сопровождения цели; 2 — счетно-решающее устройство; 3 — линия связи; 4 — радиолокатор управления ракетой

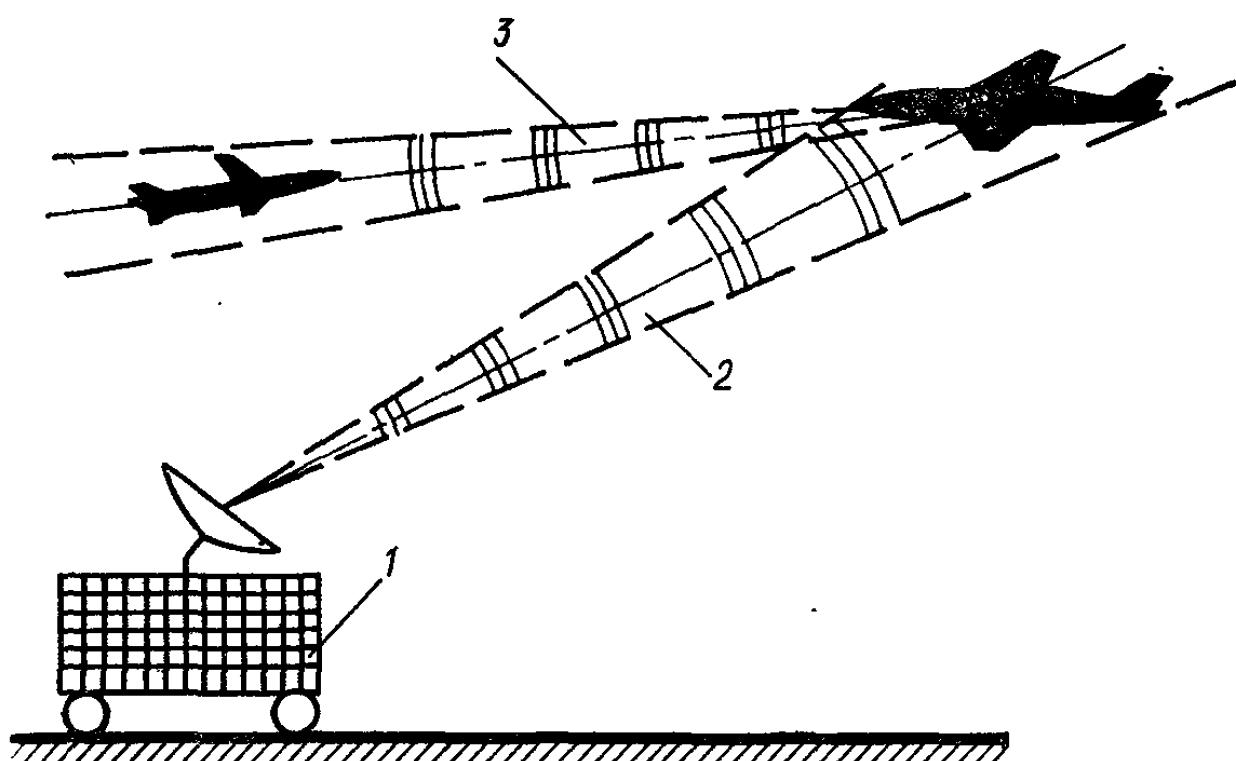


Рис. 48. Схема работы системы управления с радиолокационной головкой самонаведения:

1 — радиолокатор, облучающий цель; 2 — луч радиолокатора облучения; 3 — отраженная от цели энергия

Бортовая аппаратура ракеты — это только одно из звеньев сложной системы управления ЗУР. Известные в настоящее время системы управления ЗУР делятся на три типа:

телеуправление (управление на расстоянии) посредством командных приборов, установленных на земле (рис. 47);

самонаведение — управление посредством приборов, располагающихся на самой ракете (рис. 48);

комбинированное управление: вначале применяется телеуправление, а при сближении с целью — самонаведение.

При телеуправлении наземные радиолокационные станции следят за полетом цели и ракеты. Командные устройства сравнивают их координаты и подают на борт ракеты команды, где они преобразуются в сигналы поворота органов управления. Управление полетом ракеты продолжается до полного совпадения координат цели и ракеты, при котором происходит либо прямое попадание ракеты в цель, либо подрыв ее на расстоянии, обеспечивающем поражение цели.

Самонаведение обеспечивается устанавливаемой на ракете головкой самонаведения, которая измеряет координаты цели. По данным этих измерений бортовые счетно-решающие устройства вырабатывают и подают команды на поворот органов управления.

Головка самонаведения обычно располагается в передней части ракеты. Инфракрасная (тепловая) головка работает под воздействием теплового поля, создаваемого целью (выхлопные газы авиационного двигателя), а радиолокационная головка — под воздействием отраженных от цели радиоволн.

Наиболее эффективным является комбинированное управление, сочетающее оба указанных метода.

Обеспечить прямое попадание в воздушную цель, движущуюся с большой сверхзвуковой скоростью, крайне трудно, и применяемые в ЗУР боевые части рассчитываются на поражение цели осколками разрывающейся боевой части. Осколки сохраняют убойную силу в радиусе нескольких десятков метров, называемом радиусом поражения.

Подрыв боевой части осуществляется неконтактным взрывателем, срабатывающим при подходе ракеты к цели на расстояние, близкое к радиусу поражения.

Известные по литературным данным ЗУР иностранных государств, предназначенные для стрельбы на высоты до 23...30 км, имеют наклонную дальность 40...130 км. Масса боевых частей этих ракет при обычном снаряжении находится в пределах 40..140 кг, а стартовая масса ракеты для отдельных образцов составляет от 1,5 до 4 т.

3. РАКЕТА И ОРУДИЕ В БОРЬБЕ С НИЗКОЛЕТЯЩИМИ ЦЕЛЯМИ

Опыт показал, что управляемые ракеты, предназначенные для борьбы со скоростной авиацией на больших и средних высотах, малоэффективны при борьбе с низколетящими целями. Объясняется это тем, что радиолокационные средства обнаруживают низколетящую цель слишком поздно, а время с момента обнаружения цели до момента открытия огня оказывается больше времени пролета цели над зоной обстрела.

Естественно, что появилось стремление использовать средства воздушного нападения на малых и даже предельно малых высотах (от 50 до 90 м). Полет самолета протекает на таких высотах в режиме следования рельефу местности, который вводится в блок памяти электронной машины автоматической системы управления полетом. Радиолокационная станция на борту самолета производит текущее определение рельефа. По данным блока памяти и по замеряемому рельефу вычислительная машина вырабатывает команды на сохранение требуемой высоты полета и на маневр для обхода наземных препятствий. Использование малых высот широко планируется агрессивными кругами США и для беспилотных управляемых летательных аппаратов. Об этом свидетельствует программа производства и размещения в странах НАТО крылатых управляемых ракет типа «Томогавк».

Появление низколетящих средств воздушного нападения предъявило новые требования и к средствам ПВО. Вновь изменилось отношение к зенитной ствольной артиллерии. Ведь при борьбе с низколетящими целями стрелять приходится на малые высоты и дальности, полетное время снаряда получается очень малым, а движение самолета на малых высотах возможно только при относительно низких, дозвуковых скоростях. За время полета снаряда самолет не успеет значительно уклониться от

курса, которому он следовал в момент выстрела, и вероятность попадания получается достаточно высокой. Для повышения эффективности стрельбы необходимо использовать орудие с большой скорострельностью.

Требуемый темп стрельбы в этом случае, согласно мнению зарубежных специалистов, должен выбираться из следующих соображений. Если самолет летит со скоростью 250 м/с, то расстояние, равное длине фюзеляжа скажем, 10 м, он пролетит за 0,04 с. Следовательно, для обеспечения одного попадания в самолет за 1 с необходимо выпустить 25 снарядов, т. е. за минуту 1500 снарядов. Но такую высокую скорострельность можно обеспечить только при малом калибре. К тому же орудие малого калибра является более маневренным. Поэтому малокалиберную зенитную артиллерию за рубежом стали рассматривать как одно из самых эффективных сегодня и весьма перспективных на завтра средств борьбы с низколетящими целями. В США и странах НАТО было принято решение вновь сформировать части и подразделения зенитной ствольной артиллерии малого калибра.

Некоторое представление о малокалиберных зенитных орудиях для борьбы с низколетящими целями можно получить, рассмотрев характеристики 20-мм зенитного ствольного комплекса «Вулкан» (США). Дальность стрельбы комплекса около 5 км при боевой высоте до 2 км, масса снаряда 100 г, его начальная скорость около 1000 м/с. Для подобных систем характерны высокие давление (до 350 МПа) и температура пороховых газов (до 2500 К), что при большом темпе стрельбы приводит к сильному нагреву ствола. Поэтому в системе «Вулкан» применяется шесть стволов. В то время как из одного ствола производится выстрел, в другом происходит заряжание, в третьем — выброс стреляющей гильзы и т. д. Это обеспечивает охлаждение ствола после выстрела и позволяет поддерживать высокий темп стрельбы, составляющий 3000 выстрелов в минуту. Блок стволов при стрельбе вращается электромотором, а за счет вращения обеспечивается работа всех механизмов автомата. Понятно, что применение электродвигателя усложняет конструкцию и делает систему громоздкой, тяжелой. Более просты по конструкции системы, у которых для движения механизмов используется энергия отката ствола (энергия отдачи) или энергия пороховых газов, отводимых через

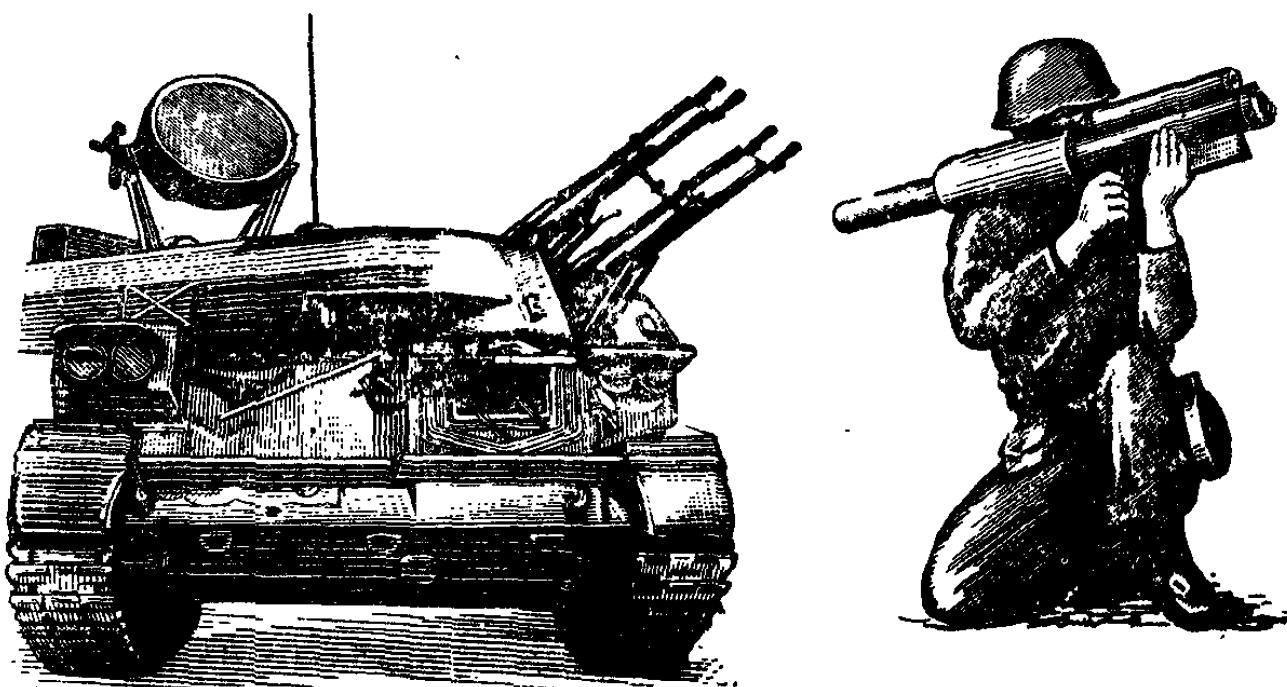


Рис. 49. Советская счетверенная зенитная самоходная установка

Рис. 50. Стрельба из переносного зенитного ракетного комплекса

отверстие в стенке ствола и воздействующих на подвижный шток с поршнем.

Советские Сухопутные войска вооружены многоствольными зенитными самоходными установками большой скорострельности с радиолокационными средствами управления (рис. 49).

Малокалиберные скорострельные зенитные орудия явились весьма эффективным средством борьбы с низколетящими целями. Так, по признанию журнала «Ньюс Уик», из 393 самолетов США, сбитых во Вьетнаме в течение одного месяца при попытке прорваться к объектам на предельно малых высотах, 374 были сбиты зенитной артиллерией.

Важным средством борьбы с низколетящими целями являются и специально разрабатываемые для этого управляемые зенитные ракеты с небольшими дальностями и высотами, но весьма мобильные и имеющие малое время подготовки к пуску. Некоторые из таких ракет переносятся и обслуживаются в бою одним человеком (рис. 50). Пуск их производится с плеча из пусковой трубы. Масса ракеты около 10 кг, боевая часть несет в себе разрывной заряд массой 0,5 кг. Ракета имеет самонаводящуюся инфракрасную головку. Стрелок-оператор при обнаружении летящей цели наводит на нее перекрестие оптического устройства. Захватив таким образом цель в

поле зрения головки самонаведения, он включает ракетный двигатель, в котором помещаются две шашки. Одна из них сгорает за время движения ракеты в пусковой трубе, а вторая обеспечивает разгон ракеты до скорости 800 м/с. Действие ракеты рассчитано на прямое попадание в цель, дальность стрельбы, по данным американского образца «Ред ай», составляет около 4 км при боевой высоте 1,5 км.

Наряду с этим для борьбы с низколетящими целями могут быть использованы зенитные ракетные комплексы на автомобильном шасси или бронетранспортере. В состав таких комплексов входит радиолокационная установка для обнаружения цели. Наведение ракеты на цель может производиться головкой самонаведения или по лучу радиолокационной станции. Согласно данным зарубежных ракетных комплексов такого типа, их дальность стрельбы не превышает 10 км при высоте 1,5...6,0 км. Применяемые в этих комплексах управляемые ракеты имеют относительно малые габариты, их стартовая масса составляет 50...100 кг.

Глава VIII.

ЗАВОЕВАНИЕ ГИПЕРЗВУКОВЫХ И КОСМИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ

У

1. ОРУДИЕ ИЛИ РАКЕТА?

Гиперзвуковыми называют скорости, более чем в 5...6 раз превышающие скорость звука в атмосфере. Другими словами, это скорости свыше 1600...1800 м/с.

Впервые проблема обеспечения сверхвысоких скоростей полета получила эффективное решение в трудах нашего гениального соотечественника К. Э. Циолковского. Такие скорости интересовали его как средство преодоления земного тяготения и выхода в космос.

В 1903 г. в своей работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами» Циолковский рассмотрел возможность достижения высоких скоростей с помощью пушки и отверг этот путь. Он писал: «Итак, допустим, что построена пушка в 300 м высоты. Пусть она расположена вдоль башни Эйфеля, которая, как известно, имеет такую же высоту, и пусть снаряд равномерным давлением газов получает при выходе из жерла скорость

достаточную для поднятия за пределы атмосферы». Рас-считанная при этом Циолковским перегрузка составила 1000. «Следовательно, тяжесть всех приборов в снаряде должна увеличиться в 1000 раз с лишком... Едва ли какой физический прибор выдержит подобное давление». Да-лее он пишет: «...Найдется много других препятствий для употребления пушек в качестве посыпвателей в небесное пространство...», указывая на громоздкость артиллерийской системы, большие затраты на ее изготовление, а так-же на большое сопротивление воздуха, которое встретит снаряд, выпущенный с огромной скоростью в нижних плотных слоях атмосферы.

В этой же работе Циолковский научно обосновал це-лесообразность использования для достижения больших скоростей ракетного двигателя. Тем не менее на практи-ке имели место попытки получить гиперзвуковую ско-рость снаряда и стрельбой из артиллерийского орудия. В первую мировую войну германские милитаристы, всег-да отличавшиеся склонностью к военным авантюрам, за-думали обстрелять Париж. Для этого они разработали специальную пушку, стрелявшую на дальность 120 км. Получилось чрезвычайно громоздкое орудие с массой 157 т и длиной ствола 36 м. Снаряд калибром 210 мм имел массу 120 кг, а пороховой заряд — 240...300 кг. На-чальная скорость снаряда составляла 1500...1600 м/с. Ка-каков же был эффект стрельбы из такого орудия? По Па-рижу за полгода из трех таких орудий было выпущено 303 снаряда. Из них 183 попало в город и 120 — в пред-местья. В среднем пришлось по одному убитому и по два раненых на каждый выстрел. Иными словами, боевой эффект использования таких орудий оказался равным ну-лю. Их живучесть вследствие разгара нарезов ствола бы-ла очень низкой: примерно после 36 выстрелов орудие становилось непригодным для стрельбы.

Во вторую мировую войну гитлеровцы собирались вести обстрел Лондона сверх дальнобойными орудиями, установленными на побережье Па-де-Кале. Две батареи по 25 орудий должны были выпускать по Лондону 600 снарядов в час. На этот раз с целью повышения жи-вучести система была гладкоствольной. Стрельба долж-на была вестись оперенными подкалиберными снарядами с начальной скоростью 1500 м/с. Система и снаряд так и не были отработаны до конца, а монтажные работы на позиции были сорваны бомбардировками англичан.

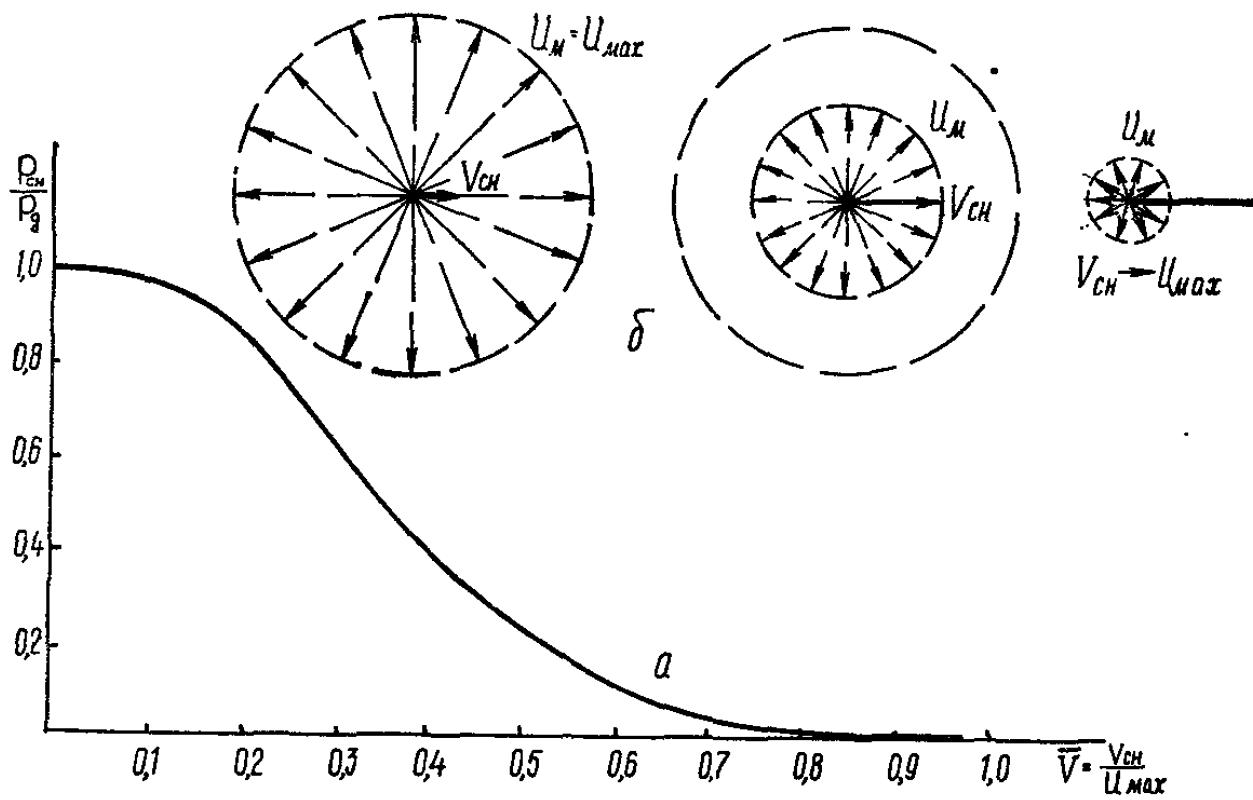


Рис. 51. К объяснению снижения коэффициента полезного действия орудия с ростом скорости снаряда:

а — изменение отношения давления на дно снаряда $P_{\text{сн}}$ к давлению на дно орудия с ростом отношения скорости снаряда $V_{\text{сн}}$ к максимальной скорости U_{max} ;
б — падение скорости хаотического движения молекул с ростом скорости направленного движения газа за снарядом

А все же, можно ли в орудии, увеличивая заряд и удлиняя ствол, не считаясь при этом с резким ростом массы, получить скорости, обеспечивающие дальности стрельбы в несколько сотен или даже тысяч километров? На первый взгляд, согласно формуле (10), безгранично увеличивая массу заряда, снаряду заданной массы можно сообщить сколь угодно большую скорость. Но при более внимательном рассмотрении выясняется, что с ростом скорости идет на убыль коэффициент полезного действия η . Почему так происходит?

Когда растет скорость снаряда, растет и скорость движущихся за ним газов. Все большая доля энергии, содержащейся в пороховом заряде, расходуется на разгон самих пороховых газов, и все меньшая — на разгон снаряда.

А что же при этом происходит с давлением газов на дно снаряда? Вспомним, что давление, действующее на стенки сосуда, является проявлением бесчисленных ударов хаотически движущихся молекул. Но по мере того, как скорость газового потока приближается к U_{max} (см. формулу 4), скорость хаотического движения молекул

газа стремится к нулю. Следовательно, к нулю будет стремиться и давление на дно снаряда. На рис. 51 показано, как с ростом относительной скорости снаряда $U_{\text{сп}}/U_{\text{max}}$ меняется отношение давления на его дно $p_{\text{сп}}$ к давлению на дно орудийного ствола $p_{\text{д}}$. Уже начиная с $U_{\text{сп}}=0,8 U_{\text{max}}$ давление на дно снаряда составляет менее 1 % давления в начале ствола. Другими словами, в стволе орудия можно создавать очень высокие давления, но дно снаряда при достижении им скоростей, близких к U_{max} , будет испытывать мизерное давление газов.

Итак, получить при стрельбе из орудия скорость снаряда, близкую к U_{max} , невозможно.

Остается другой путь повышения V_0 — увеличение самой скорости U_{max} . Для этого необходимо, как следует из формулы (4), повысить газовую постоянную R и температуру T_0 . Для пороховых газов, состоящих из химических соединений со сравнительно большой молекулярной массой (CO_2 , CO , H_2O), газовая постоянная имеет низкое значение $R=300 \text{ кДж/кг К}$. А если для метания снаряда использовать легкие газы, такие как водород или гелий? Значение R для гелия в 7 раз, а для водорода в 14 раз выше, чем для пороховых газов. Если применить более мощный источник энергии, например электрический разряд, легкий газ можно нагреть до температур 8000...10 000 К. Таким способом в лабораторных баллистических установках удалось получить начальные скорости 11...15 тысяч метров в секунду, но только для снарядов с массой 1...10 г. Однако и при этом баллистическая установка — «пушка на легком газе» получалась очень громоздкой. Поэтому достигнутые результаты представляют лишь научный интерес: они позволяют экспериментально исследовать поведение тел при сверхвысоких скоростях полета.

2. ТОЛЬКО РАКЕТА!

Выдающийся русский ученый К. Э. Циолковский научно доказал, что единственным средством достижения космических скоростей полета является ракета.

Для обоснования такого решения требовалось прежде всего проверить, существует ли для ракеты скоростной барьер наподобие того, который, как было показано выше, существует для орудия. Обратимся к формуле Циолковского. На рис. 52 приведен график зависимости скорости ракеты от отношения массы ракетного топлива

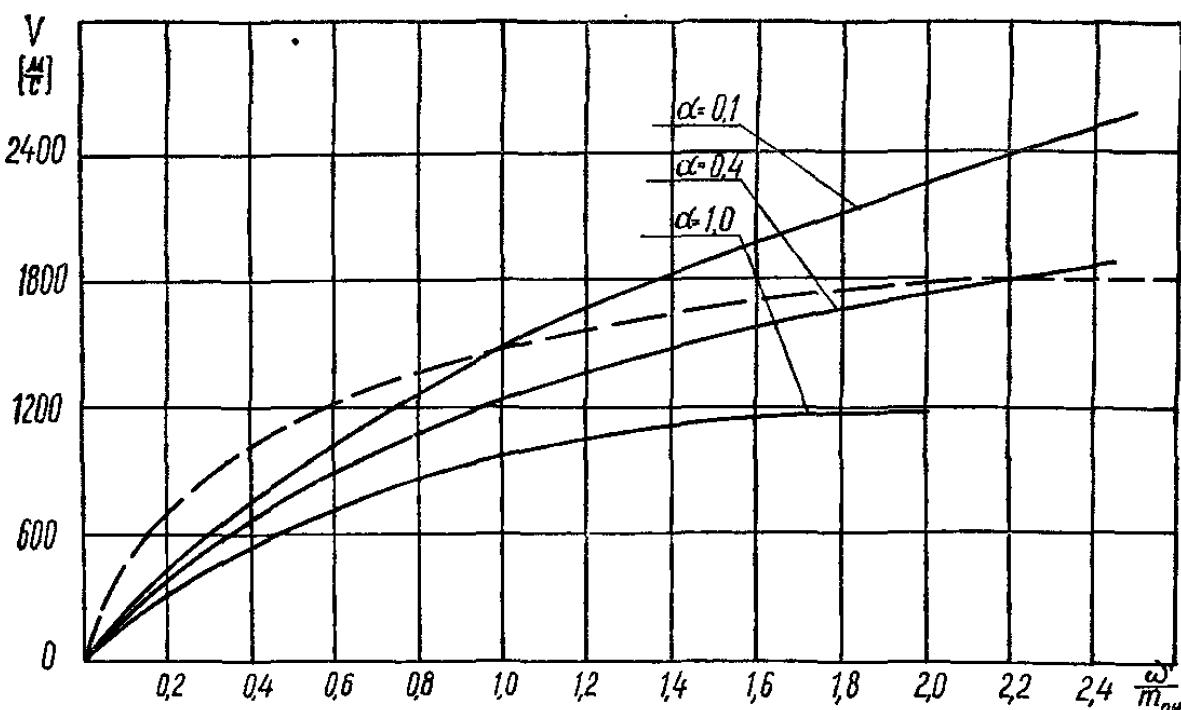


Рис. 52. Изменение скорости ракеты (сплошная линия) и снаряда (штриховая линия) с ростом отношения массы заряда ω к массе полезного груза $m_{\text{пп}}$

(ракетного заряда) ω к массе полезной нагрузки $m_{\text{пп}}$, рассчитанный по формуле (7) для разных значений α и $U_e = 3000$ м/с. Из графика видно, что с ростом массы ракетного заряда скорость ракеты возрастает не беспрепятственно. Для каждого значения α существует свой предел скорости, который достигается при бесконечно большой массе заряда. Из графика видно также, что по мере увеличения отношения $\omega/m_{\text{пп}}$ прирост скорости уменьшается, другими словами, эффективность использования заряда падает.

Итак, оказывается, для ракеты тоже существует скоростной барьер! К такому выводу пришли и сам К. Э. Циолковский и его последователи Ф. А. Цандер и Ю. В. Кондратюк. Они ясно представляли, что для одноступенчатой ракеты на химическом топливе никак нельзя достичь даже первой космической скорости (около 8000 м/с), обеспечивающей вывод полезного груза на околоземную орбиту.

Но К. Э. Циолковский указал путь преодоления скоростного барьера — в 1929 г. он выдвинул идею космического ракетного поезда. В чем суть этой идеи? По мере выгорания топлива значительная часть пассивной массы ракеты становится ненужной. В то же время на разгон этой массы затрачивается энергия. Отсюда напрашивается вывод: по мере выгорания топлива части ракеты, ставшие не-

Ракета I ступени

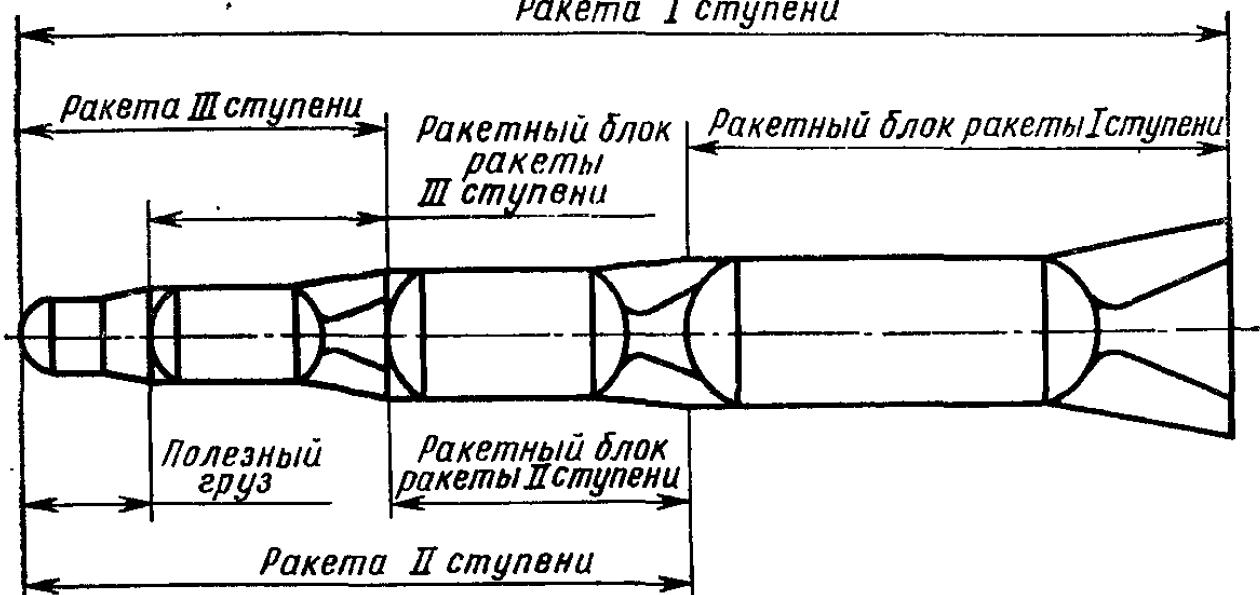


Рис. 53. Схема многоступенчатой ракеты

нужными, отбрасывать. За счет этого представляется возможным перешагнуть через скоростной барьер, существующий для одноступенчатой ракеты с неотделяющимися узлами, и получить высокие космические скорости полета.

Идея космического ракетного поезда, высказанная К. Э. Циолковским, легла в основу устройства составных ракет, нашедших в наше время широкое применение в космической и боевой ракетной технике.

Циолковским были предложены два варианта ракетных поездов. Первый вариант с последовательным соединением ступеней представлен на рис. 53. Вначале работает ракетный блок I ступени. После окончания работы (по израсходовании топлива) он отбрасывается. К этому моменту ракета приобретает скорость V_1 , которая меньше предельной скорости для одноступенчатой ракеты. Затем включается ракетный блок II ступени. Во время его работы происходит разгон значительно меньшей массы. К концу работы двигателей II ступени скорость ракеты возрастает на величину V_2 . При наличии третьей ступени происходит аналогичный процесс, и скорость ракеты достигает значения $V_m = V_1 + V_2 + V_3$. После отделения блока двигателей последней ступени головной отсек ракеты с полезным грузом совершает свободный полет.

Второй тип ракетного поезда был назван Циолковским «эскадрильей». В «эскадрилье» однотипные ракеты располагаются параллельно друг другу и скрепляются в пакет. В полете поочередно отбрасываются из пакета раке-

ты, израсходовавшие свое топливо, пока не останется последняя ракета с полезным грузом, продолжающая полет с приобретенной максимальной скоростью V_m .

Возможно также использование комбинированной схемы, сочетающей пакетное и последовательное соединение ступеней. По такой схеме была выполнена ракета-носитель, обеспечившая вывод космического корабля «Восток» с первым в мире космонавтом Юрием Алексеевичем Гагариным. Первая ступень этой ракеты состоит из четырех периферийных блоков с двигателями и топливными баками, расположенных вокруг центрального ракетного блока (второй ступени). На старте запускаются как двигатели первой, так и второй ступени. По израсходовании топлива в баках периферийных блоков они отбрасываются. Двигатель II ступени продолжает работать до полного израсходования топлива с последующим отделением. Затем двигатель III ступени доводит скорость полета космического корабля до первой космической.

На основе созданной К. Э. Циолковским теории оказалось возможным определить наивыгоднейшее распределение масс отдельных ступеней ракетного поезда, при котором достигается наибольшая скорость последней ступени $(V_m)_{max}$. Оказывается, для этого необходимо, чтобы приращения скорости от каждой ступени были одинаковыми: $V_1 = V_2 = V_3$. Тогда $(V_m)_{max} = 3V_1$. А для обеспечения такого равенства нужно, чтобы массы отдельных ступеней менялись в геометрической прогрессии. Так, если, к примеру, массу первой (стартовой) ступени принять за 100 %, то масса второй ступени составит 20...30 %, а масса третьей ступени — 4...9 %.

Как представлялся пуск космических ракет в начале нашего века? Предполагалось, что для этого потребуются огромные эстакады длиною в сотни метров, высоко возвышающиеся над землей. За время движения по такой эстакаде ракета сможет набрать достаточную начальную скорость. Ведь космическая ракета движется с малыми ускорениями, допустимыми для человеческого организма и сложной электронной аппаратуры. Но в процессе развития ракетной техники было найдено более простое решение: запускать ракету вертикально вверх! Вертикальный полет ракеты длится до тех пор, пока она не приобретет некоторой скорости, обеспечивающей устойчивость ее полета. Затем с помощью органов управления ракета разворачивается на полет по наклонной траектории. Такое

техническое решение стало возможным благодаря прогрессу в области приборной техники. Специальный автомат управления полетом обеспечивает изменение курса движения ракеты по заданной программе.

Так производится в настоящее время запуск космических ракет. Так запускаются и баллистические ракеты дальнего действия.

3. РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ И КОСМИЧЕСКИХ РАКЕТ

✓

Обеспечить гиперзвуковые и космические скорости полета можно только с помощью ракетного двигателя, обладающего высокими энергетическими характеристиками и малой массой. Идеи и предложения по устройству подобного двигателя также были высказаны К. Э. Циолковским. Они надолго определили пути развития ракетной техники и не утратили своего значения до настоящего времени.

Циолковский впервые предложил схему ракетного двигателя на жидком топливе и изложил принципы его работы, а также указал на составы топлив, обеспечивающие наибольшую скорость истечения газов из двигателя.

Работы по созданию жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) начались в нашей стране в газодинамической лаборатории (ГДЛ), о которой упоминалось выше. В 1931 г. В. П. Глушко испытал разработанные им первые отечественные жидкостные ракетные двигатели. Параллельно разработками ЖРД занималась Московская группа изучения реактивного движения (МосГИРД), где эти работы проводились под руководством Ф. А. Цандера. Запуск первой советской ракеты на жидком топливе был произведен в 1933 г. Впоследствии работы по совершенствованию ЖРД были продолжены в Реактивном научно-исследовательском институте в подразделении, руководимом В. П. Глушко. До начала Великой Отечественной войны было разработано и испытано множество образцов ЖРД, работавших на различных топливах с тягой до нескольких тысяч ньютонов.

В 1939 г. под руководством В. П. Глушко создается самостоятельное подразделение по разработке ЖРД, преобразованное в 1941 г. в ОКБ. В дальнейшем оно стало называться ГДЛ — ОКБ. С 1945 г. ГДЛ — ОКБ специализировалось в области ЖРД с большой тягой. В этом

конструкторском бюро к середине 50-х годов были созданы самые мощные для того времени ЖРД: РД-107 и РД-108. Тяга РД-107 составляла, например, 1020 кН (102 т).

4 октября 1957 г. ракетой-носителем, разработанной под руководством выдающегося советского конструктора С. П. Королева, был выведен на орбиту первый искусственный спутник Земли, возвестивший начало космической эры. В первой ступени этой ракеты стоял двигатель РД-107, во второй ступени — РД-108. 12 апреля 1961 г. с помощью тех же двигателей на орбиту вокруг Земли был выведен космический корабль «Восток», на борту которого находился первый человек, шагнувший в космос,— советский гражданин Юрий Алексеевич Гагарин.

Начиная с 1965 г. в ракете-носителе «Протон» применялся ЖРД РД-253, более совершенной конструкции, чем РД-107. В настоящее время ЖРД, разработанные в ОКБ — ГДЛ, используются в большинстве отечественных ракет-носителей.

Что же собой представляют жидкие ракетные топлива и в чем состоят их преимущества по сравнению с порохами?

Напомним, что любое ракетное топливо должно содержать в том или ином виде горючее и окислитель, которые, вступая в реакцию горения, выделяют тепло с образованием газов. В твердом топливе горючее и окислитель либо образуют механическую смесь (черный порох), либо входят в состав химического соединения (бездымные пороха). Поэтому выбор химических веществ для изготовления твердых топлив очень узок.

В жидких же топливах, применяемых в двигателях больших тяг, горючее и окислитель представляют собой отдельные, порознь хранимые компоненты. Это позволяет использовать вещества сами по себе несовместимые, но которые после смешения непосредственно в двигателе при горении выделяют большие количества тепла.

Поэтому жидкие топлива дают возможность получить такие высокие скорости истечения газа из сопла, которые недостижимы для продуктов сгорания твердого топлива. Самые эффективные окислители — это жидкие кислород и фтор, а самые эффективные горючие — жидкий водород и соединения типа керосина.

К. Э. Циолковский еще в 1903 г. указал на топливо, состоящее из кислорода и водорода, как на наиболее

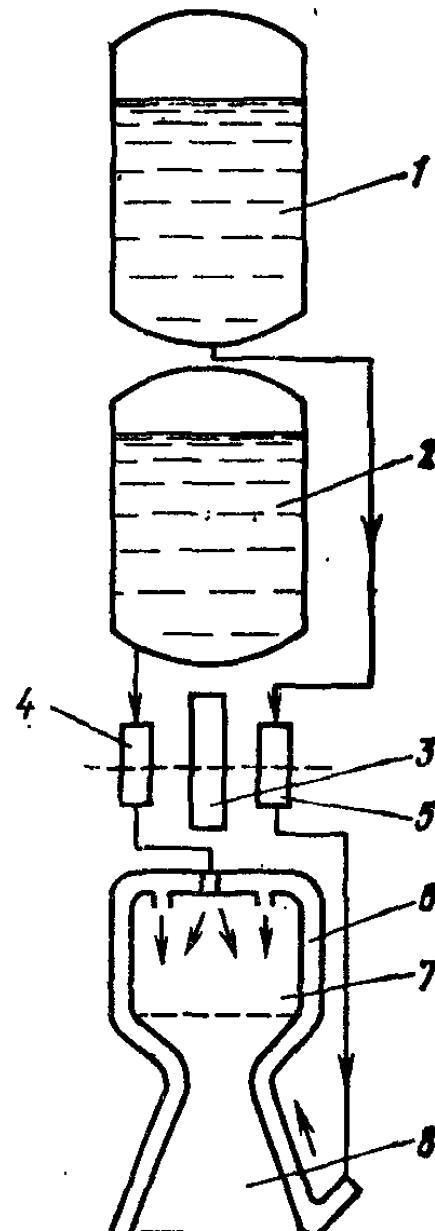
Рис. 54. Принципиальная схема жидкостного ракетного двигателя:

1 — бак с горючим; 2 — бак с окислителем; 3 — газовая турбина; 4 — насос для подачи окислителя; 5 — насос для подачи горючего; 6 — рубашка охлаждения; 7 — камера сгорания; 8 — сопло

эффективное топливо для ЖРД. В двигателях на таком топливе в настоящее время достигнута скорость истечения 4200...4800 м/с, а в двигателях на керосине — жидким кислороде получены скорости истечения более 3000 м/с. Вот почему для космических ракет ЖРД являются основными двигателями.

Принципиальная схема ЖРД представлена на рис. 54. Горючее и окислитель располагаются в топливных баках 1 и 2, откуда с помощью центробежных насосов 4 и 5 подаются через форсунки в распыленном виде в камеру сгорания 7. Здесь они вступают в химическую реакцию — реакцию горения, в результате которой образуются газы с высокой температурой, истекающие через сопло 8. Один из компонентов топлива на пути к форсункам проходит через рубашку охлаждения камеры и сопла 6, что позволяет поддерживать их температуру достаточно низкой и сохранять прочность материала. Насосы для подачи топлива работают от турбины 3, приводящейся в движение газом, образуемым в маленьком ЖРД (газогенераторе) при сгорании жидкого топлива специального состава или того же топлива, которое используется в основном двигателе. Газ, отработавший в турбине, может непосредственно выбрасываться в атмосферу через выхлопные сопла, а может поступать сначала в камеру сгорания, а затем истекать через сопло двигателя вместе с основной массой газа.

Следует отметить, что такой двигатель обладает высокой степенью массового совершенства. В отличие от РДТТ, у которого во время работы под высоким давлени-



ем находится весь объем двигателя, в ЖРД высокое давление создается только в камере сгорания. Самая объемная часть двигателя — топливные баки, из которых насосы выкачивают топливо, находятся под низким давлением, что позволяет делать баки тонкостенными, чрезвычайно легкими. Отсюда и малая масса конструкции двигательной установки.

Для выключения ЖРД при достижении требуемой скорости полета достаточно перекрыть клапан в магистралях подачи горючего и окислителя. Этими клапанами можно изменять количество подаваемого в камеру топлива и тем самым регулировать тягу двигателя. Жидкостное охлаждение камеры сгорания и сопла позволяет ЖРД длительное время работать при любой температуре в камере.

Конечно, ЖРД присущи и некоторые недостатки: сложность устройства, громоздкость оборудования, необходимого для подготовки двигателя к запуску (заправочное оборудование, контрольная аппаратура и т. д.).

А каковы же основные достоинства РДТТ? К ним, прежде всего, относятся: исключительная простота устройства и обслуживания; возможность длительного хранения в состоянии постоянной готовности к пуску; минимальное время, необходимое для производства пуска.

Все это делает желательным использование РДТТ в боевых ракетах большой дальности. Однако РДТТ на основе бездымных порохов (баллиститных топлив) с низкими энергетическими характеристиками (относительно малая скорость истечения U_e), выполненные по схеме, представленной на рис. 27, для этой цели явно не годились. Как уже отмечалось, в период второй мировой войны максимальная дальность ракет с такими двигателями составляла всего 10...12 км. В послевоенный период для большого калибра ее удалось повысить до 30 км.

В результате исследований и поисков появились так называемые смесевые топлива, представляющие собой механическую смесь, состоящую из тонкоизмельченного минерального окислителя, горючего, выполняющего одновременно роль связки, и энергоповышающих добавок. В качестве окислителей используются химические соединения, при разложении которых выделяется свободный кислород, вступающий в химическую реакцию с горючим. Горючими — связующими веществами служат различные типы каучуков.

Кроме того, в виде добавок используют в порошкообразном виде горючие металлы — магний и алюминий, способствующие повышению температуры продуктов сгорания, а следовательно, и повышению скорости их истечения. Иногда в виде энергоповышающих добавок используют некоторые взрывчатые вещества. Применяемые в настоящее время составы смесевых топлив обеспечивают эффективную скорость истечения до 2600...2700 м/с, что на 30...35 % выше, чем для баллиститных топлив. После смешения компонентов топливо имеет вид жидкой глины или пасты. Под давлением его заливают в двигатель, в который для образования в заряде канала нужного профиля вставляют стержень фигурного сечения. После заливки топлива двигатель в течение длительного времени выдерживают при температуре, необходимой для завершения процесса полимеризации связки. В результате образуется резиноподобная масса с равномерно распределенными в ней частицами окислителя и энергоповышающих добавок, плотно скрепленная с корпусом двигателя. После охлаждения двигателя до нормальной температуры стержень удаляют. Внутри заряда образуется канал, по поверхности которого и происходит при работе двигателя послойное горение топлива.

Такой способ позволяет изготавливать заряды любого диаметра и массы. Так, в настоящее время признается возможным изготовление зарядов из смесевого топлива массой до 1500 т при диаметре более 9 м.

Для ракет больших дальностей обычно требуется, чтобы тяга двигателя все время оставалась постоянной. Как уже говорилось, этого можно добиться постоянным расходом топлива, а следовательно, постоянной поверхностью, по которой происходит горение топлива. Известен ряд форм заряда, удовлетворяющих этому требованию. Одна из них с внутренним каналом в виде звездочки представлена на рис. 55. Такой заряд горит только изнутри, а внешняя поверхность заряда, скрепленная с корпусом, в горении не участвует.

В известной мере РДТТ на смесевом топливе со скрепленным с корпусом зарядом напоминает ракетный двигатель XIX в. на дымном порохе, в котором заряд горел также изнутри по поверхности канала. В течение всего времени работы двигателя стенки его корпуса защищены от нагрева толщей заряда и остаются холодными. Это

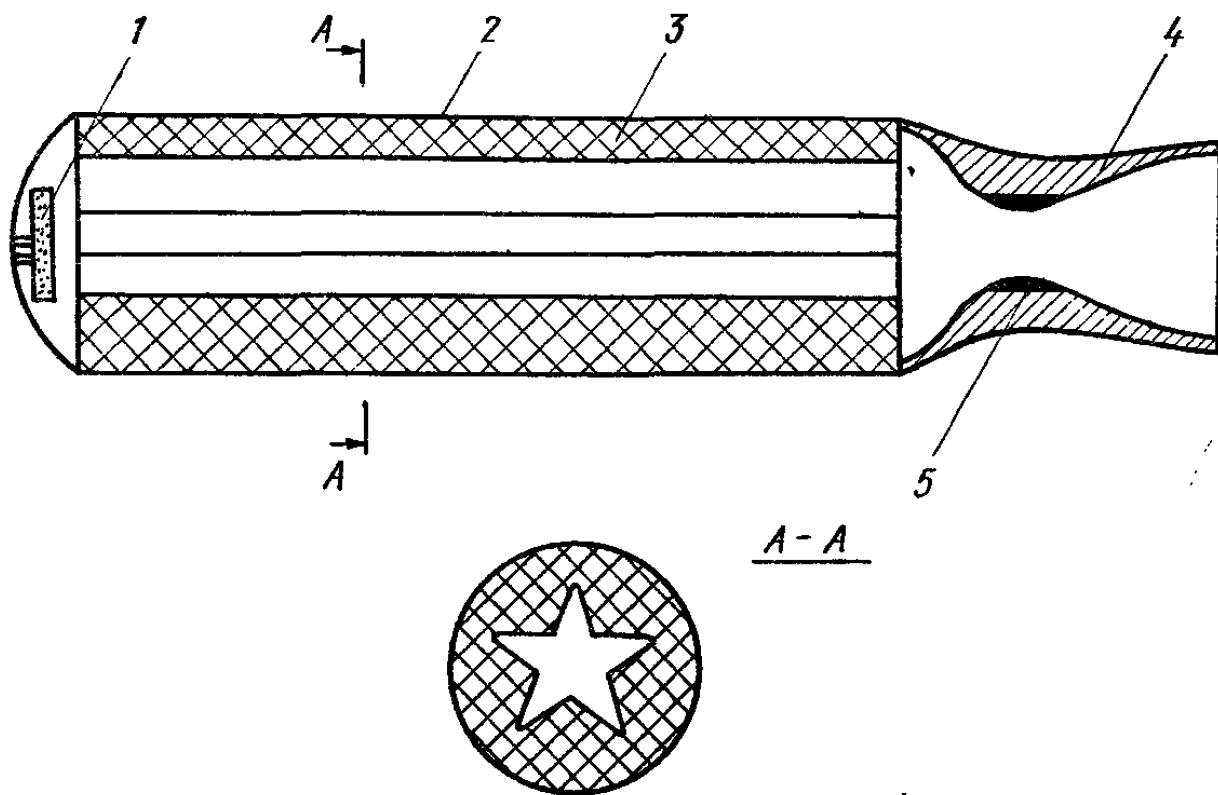


Рис. 55. Принципиальная схема ракетного двигателя на твердом смесевом топливе:

1 — воспламенитель; 2 — корпус двигателя; 3 — заряд смесевого топлива; 4 — сопло; 5 — сопловой вкладыш

позволяет изготавливать корпус двигателя из титановых сплавов, армированных пластиков или из высокопрочной стали с очень малой толщиной стенки. Понятно, что корпус такого двигателя получается очень легким, коэффициент его массового совершенства удалось снизить до 0,1 и даже до 0,05. Другими словами, на 1 кг топлива здесь приходится 100...50 г массы конструкции, что в 10...20 раз меньше, чем в двигателях на баллиститном порохе 40-х и 50-х годов.

Важная проблема при создании таких двигателей — тепловая защита сопла. Ведь топливо не защищает от нагрева сопло и сопловое днище. К тому же в РДТТ в отличие от двигателя на жидком топливе охладить сопло нечем. Для защиты этих элементов конструкции от нагрева их внутреннюю поверхность покрывают слоем специальных теплоизоляционных материалов.

В области критического сечения сопла, где наблюдается особо сильный нагрев, устанавливают сопловой вкладыш (см. рис. 55) из термостойкого материала, чаще всего из графита, который выдерживает нагрев до температур свыше 3000 К.

Глава IX.

УПРАВЛЯЕМАЯ БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ РАКЕТА

1. ОСОБЕННОСТИ ТРАЕКТОРИИ УБР ✓

С появлением атомной бомбы роль ракетного оружия резко возросла, что объясняется значительным превосходством ракеты над другими средствами доставки ядерного заряда к цели. Большая дальность стрельбы, внезапность действия, независимость использования от метеорологических условий, нечувствительность к воздействию средств ПВО — все это привело к тому, что ракета стала основным носителем ядерного заряда.

В ответ на усиление гонки ракетно-ядерного вооружения империалистическими государствами в Советском Союзе были развернуты работы по созданию баллистических ракет различной дальности. Пуск первой многоступенчатой баллистической ракеты состоялся в 1957 г. В 1960 г. на четвертой сессии Верховного Совета СССР было объявлено о создании Ракетных войск стратегического назначения. В настоящее время они являются основой оборонной мощи нашей Родины.

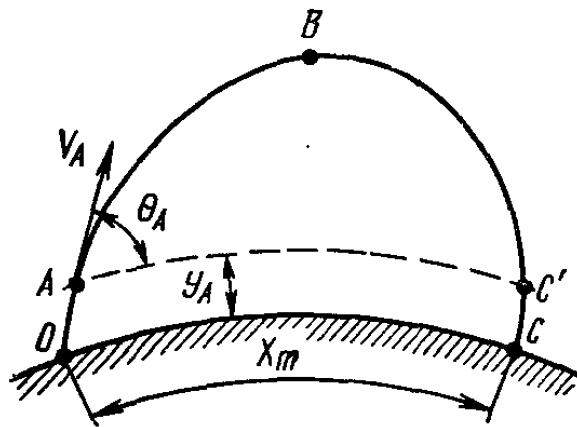
Управляемые баллистические ракеты (УБР) в соответствии с назначением и дальностью стрельбы делятся на группы:

1. Тактические с дальностью от 100 до 1000 км.
2. Средней дальности полета (БРСД) с дальностью от 1000 до 5000 км.
3. Межконтинентальные (МБР) с дальностью полета от 5000 до 13 000 км.

Типовая траектория полета управляемой баллистической ракеты представлена на рис. 56. Ее можно разделить на три участка, каждый из которых имеет свои особенности.

На первом, активном, участке OA происходит управляемое движение ракеты с работающим двигателем. Полет ракеты обычно начинается с вертикального подъема. В дальнейшем он отклоняется от вертикали с тем, чтобы в конце активного участка траектория ракеты составила с горизонтом некоторый программный угол Θ_A . К этому времени скорость ракеты достигает значения V_A (скорость в конце активного участка).

Рис. 56. Типовая траектория полета УБР



В точке A начинается участок свободного полета ракеты AC' по баллистической траектории. Поскольку высота активного участка Y_A составляет несколько десятков километров, на участке свободного полета ракета движется под действием только одной силы — силы тяжести, не испытывая сопротивления воздуха. Исключение составляют тактические ракеты с малой дальностью стрельбы, испытывающие сопротивление воздуха вдоль всей траектории.

Третий участок траектории $C'C$ — участок снижения, расположенный в плотных слоях атмосферы.

Для того чтобы выяснить, от чего зависит дальность полета УБР, обратимся к табл. 4.

В этой таблице для каждой дальности полета указаны необходимые значения скорости в конце участка V_A и углы Θ_A . Таким образом, дальность УБР зависит от параметров, подобных тем, которые определяют дальность артиллерийского снаряда в безвоздушном пространстве (см. формулу 1). Однако зависимость дальности УБР от угла Θ и скорости оказывается более сложной, чем та, которая выражается формулой (1).

Таблица 4

Основные параметры полета УБР

Параметр	Полная дальность полета, км							
	1000	2500	3500	4500	6000	8000	10 000	12 000
V_A , м/с	2810	4300	4925	5415	5990	6530	6915	7185
Θ_A , град	41	38,5	36,5	34,5	31,5	27,3	23	19
Y_A , км	70	110	130	150	170	200	225	250
$\Delta X / \Delta V_A$, %	1,89	2,13	2,34	2,53	2,80	3,27	3,79	4,50
t , мин	8,5	13,5	16	19	23	28	32	35

Согласно формуле (1) углом максимальной дальности при любой скорости V_0 является $\Theta_{0\max} = 45^\circ$. При стрельбе на большие дальности каждой скорости V_A соответствует свой угол максимальной дальности. С ростом скорости V_A дальность возрастает, а потребная величина угла максимальной дальности $\Theta_{A\max}$ уменьшается. В диапазоне дальностей от 1000 до 12 000 км угол Θ_A уменьшается с 41° до 19° . Такие отклонения от формулы (1) обусловлены тем, что при больших дальностях полета оказывается шарообразность Земли, которая формулой (1) не учитывалась. Сказывается также неучтенная формулой (1) направленность сил притяжения к центру Земли, а также изменение этих сил с высотой полета.

То, что на основном участке траектории AC' полет УБР происходит при отсутствии всяких возмущающих воздействий, является залогом обеспечения высокой точности стрельбы. Но для этого нужно, чтобы ракета вышла на пассивный участок траектории с точно выдержаным курсом полета (углом Θ_A) и скоростью V_A , в точности соответствующей заданной дальности стрельбы. В табл. 4 приведены значения $\Delta X / \Delta V_A \%$. Это отношение выражает отклонение дальности стрельбы в процентах на один процент изменения скорости V_A и с ростом дальности возрастает. Если при дальности 1000...2000 км изменение V_A на 1 % вызывает изменение дальности на 2 %, т. е. на 20...50 км, то при дальности 10 000—12 000 км изменению V_A на 1 % соответствует изменение дальности на 4...4,5 %, т. е. на 400...500 км. Отсюда видно, с какой высокой точностью должна быть соблюдена требуемая величина скорости V_A при стрельбе на заданную дальность. В значительной степени это относится и к углу Θ_A . В этой же таблице показано полное время полета ракеты.

Для каждого типа УБР наряду с максимальной дальностью стрельбы X_{max} предусматривается и минимальная дальность X_{min} . Другими словами, ракета данного типа должна обеспечить поражение целей в диапазоне $X_{min} \leq X \leq X_{max}$.

Поскольку главными параметрами, определяющими дальность УБР, являются V_A и Θ_A , возможны два основных способа управления дальностью полета:

за счет изменения максимальной скорости V_A посредством выключения двигателя по достижении ею значения, соответствующего заданной дальности стрельбы (рис. 57, а). В этом случае форма траектории на активном

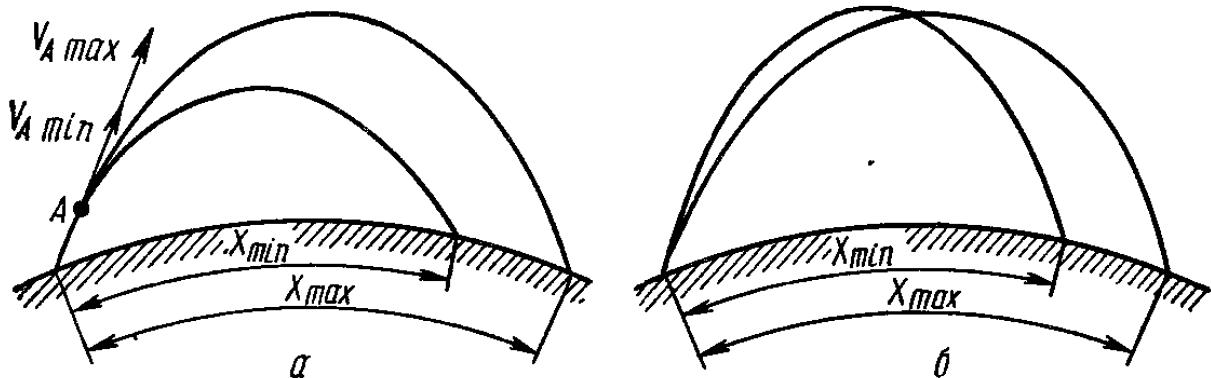


Рис. 57. Способы управления дальностью полета УБР:
а — за счет изменения скорости V_A ; б — за счет изменения угла Θ_A

участке, а следовательно, и программа управления движением ракеты для всех пусков остается неизменной;

за счет изменения угла Θ_A при постоянном значении скорости V_A , т. е. изменением программы движения УБР на активном участке (рис. 57, б).

Как же во время полета УБР меняются ее скорость и сопротивление воздуха? На активном участке скорость возрастает. Сила сопротивления воздуха меняется пропорционально произведению qV^2 , где q — плотность воздуха на высоте полета. Поскольку ракета, плавно разгоняясь, проходит нижние плотные слои атмосферы со сравнительно малыми скоростями, потери энергии на преодоление сил сопротивления воздуха на активном участке траектории относительно невелики. Больших скоростей полета ракета достигает в верхних слоях атмосферы, где плотность воздуха незначительна. Поэтому сила сопротивления вначале возрастает за счет роста скорости ракеты, а затем, с выходом ракеты в верхние слои атмосферы, за счет резкого снижения плотности воздуха падает. В конце активного участка она практически становится равной нулю. На пассивном участке траектории AC до его вершины скорость убывает благодаря действию сил притяжения Земли. После прохождения вершины под действием тех же сил скорость нарастает и на высоте полета, равной высоте активного участка, достигает значения V_A . На участке $C'C$ по мере уменьшения высоты полета плотность воздуха резко нарастает. Поскольку при этом скорость полета сохраняется высокой, сила сопротивления воздуха достигает большой величины. Расчеты показывают, что при дальности 8000...10 000 км максимальная сила сопротивления воздуха на конечном участке траектории $C'C$ примерно в 30 раз больше ее максимального значения на активном участке.

2. КАК УСТРОЕНА УБР? 7

При всем разнообразии известных в настоящее время управляемых баллистических ракет любая из них состоит из одних и тех же основных элементов: головной части, двигательной установки, бортовой аппаратуры системы управления и исполнительных органов управления.

УБР, предназначенные для стрельбы на средние и большие дальности, выполняются многоступенчатыми, с числом ступеней, зависящим от дальности и типа ракетного двигателя. Так, межконтинентальные ракеты на жидком топливе обычно имеют две ступени, а твердотопливные — три.

Согласно установленным К. Э. Циолковским двум типам ракетных поездов ступени УБР могут соединяться последовательно и параллельно. Поскольку ракеты с параллельным соединением ступеней имеют большие поперечные размеры, их трудно транспортировать. Оборудование для их пуска отличается сложностью и громоздкостью. Поэтому в УБР чаще применяется последовательное соединение ступеней.

Основные тактико-технические характеристики некоторых зарубежных УБР приведены в табл. 5, из которой видно, что в настоящее время применяются УБР как на жидком, так и на твердом топливах.

Рассмотрим особенности устройства УБР на жидком топливе. В главе VIII указывалось, что наиболее высокими энергетическими характеристиками обладают топлива, в которых в качестве окислителя используются жидкие кислород и фтор, а в качестве горючего — жидкий водород. Однако боевая ракета, заправленная такими топливами, не сможет сколько-нибудь продолжительное время находиться на боевом дежурстве, поскольку в обычных температурных условиях топливные компоненты быстро испаряются (температура кипения жидкого кислорода — -183°C , жидкого водорода — -253°C). Эти топлива пригодны только для ракет-носителей космических аппаратов, заправка которых производится непосредственно перед пуском.

Жидкостные ракеты военного назначения за рубежом проектируются только на «высококипящих» компонентах топлива, которые допускают длительное хранение ракеты в заправленном состоянии. В качестве окислителя используются азотная кислота (HNO_3), содержащая в своем

Таблица 5

Основные тактико-технические характеристики некоторых зарубежных УБР

		Ракеты				«Ледокол-1»				«Ледокол-2»				ХВ	
		SSBS		MSBS		«Минитмен-1»		«Минитмен-2»		«Локенголь»		«Ледокол-1»		«Ледокол-2»	
Тип двигателя	Тип системы управления	Максимальная дальность полета, км	ЖРД	Максимальная дальность полета, км	РДТТ										
Число ступеней	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Мощность ядерного боевого заряда, Мт	10	1	0,17	0,04	0,5	0,5	0,04	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6
Число боевых частей в составе головной части	10	1	3	10	1	3	10	1	1	1	1	1	1	1	10
Стартовая масса, т	150	33	35,4	29,5	18	32	4,6	32	4,6	32	4,6	32	4,6	7,2	86,5

составе 64 % кислорода, азотный тетраксид (N_2O_4), содержащий 70 % кислорода. Горючим служат гидразин и аэрозин. Такие топлива обеспечивают эффективную скорость истечения 2800..3200 м/с. Примером УБР на жидкоком топливе является ракета «Титан-II», самая мощная в стратегическом ядерном арсенале США (см. табл. 5).

Поскольку корпуса топливных баков являются также и корпусом ракеты, они воспринимают в полете осевые нагрузки: инерционные усилия от расположенных выше частей ракеты, силу сопротивления воздуха. Как известно, тонкостенные сосуды очень плохо работают на осевое сжатие, хотя хорошо выдерживают большие растягивающие усилия. Поэтому в баках непосредственно перед пуском создается и поддерживается в полете на активном участке некоторое избыточное давление, которое, растягивая баки, компенсирует воздействия сжимающих осевых нагрузок. Это необходимо и для улучшения условий работы топливоподающих насосов.

Остановка двигателя последней ступени при достижении требуемой скорости V_A достигается прекращением подачи топлива в камеру сгорания ЖРД. Для этого достаточно перекрыть клапаны в топливных магистралях.

Рассмотренные преимущества твердого топлива обусловили широкое использование РДТТ в качестве силовой установки УБР, и основу стратегических ракетных сил США составили твердотопливные МРБ «Минитмен», MX и БРСД «Посейдон» и «Першинг» (см. табл. 5).

В отличие от ЖРД, где отсечка тяги осуществляется весьма просто, выключение РДТТ по достижении заданной скорости полета представляет собой сложную техническую задачу. Для этого применяется специальное устройство — узел отсечки тяги, которое попутно обеспечивает и отделение головной части от последней ступени. Основной элемент узла отсечки тяги — сопла противотяги, направленные вперед по движению ракеты. Во время работы двигателя они закрыты, а при открытии в нужный момент они создают противотягу, равную или даже превышающую тягу основных рабочих сопел. На рис. 58 приведена конструкция одного из сопел узла отсечки тяги на переднем днище двигателя. Во время работы двигателя сопло противотяги 1 закрыто крышкой 2. В кольцевой канавке, ослабляющей ее сечение, помещен заряд взрывчатого вещества 3. По команде системы управления электродetonатор 5 подрывает заряд. Крышка разрывается

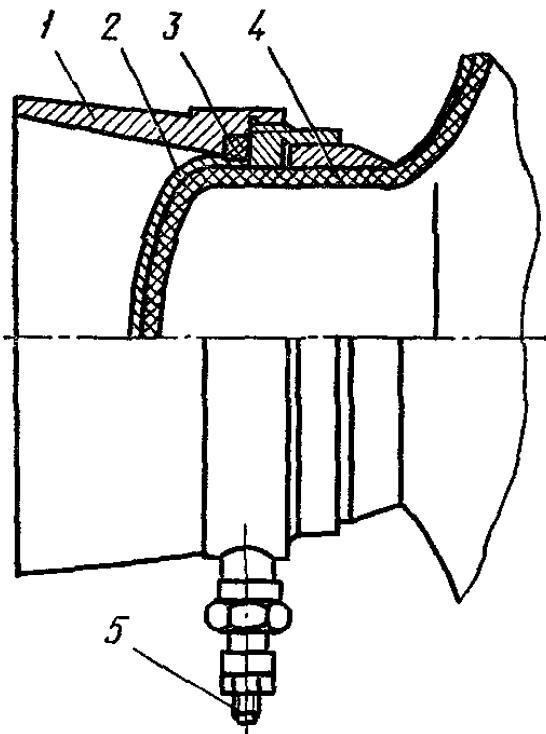


Рис. 58. Узел отсечки тяги:
 1 — сопло противотяга; 2 — крышка;
 3 — разрывной заряд; 4 — теплоизо-
 ляция; 5 — электродетонатор

по ослабленному сечению и давлением газов в камере РДТТ выбрасывается из сопла. При истечении газов из этого и других сопел узла отсечки создается противотяга, которая тормозит корпус последней ступени и обеспечивает отделение головной части.

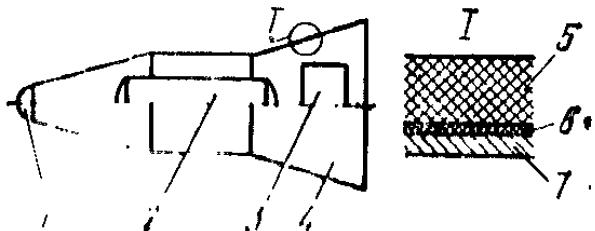
Полезным грузом в УБР является головная часть ракеты, в которой размещается боевой заряд и аппаратура для подрыва его у цели. После окончания работы двигательной установки головная часть от нее отделяется и далее совершает полет самостоятельно.

Зачем это нужно?

Как отмечалось ранее, на конечном участке траектории возникают большие аэродинамические нагрузки. Кроме того, у поверхности летящего тела за счет перехода кинетической энергии набегающего воздуха в тепло температура его повышается до нескольких тысяч градусов, что значительно выше температуры плавления любых известных конструкционных материалов. Возникает опасность разрушения корпуса ракеты от нагрева и от сил сопротивления воздуха. Этого можно избежать, изготовив корпус ракеты более прочным, т. е. более массивным, и снабдив его теплозащитным покрытием. Но при этом резко возросла бы масса конструкции ракеты ($m_{к.дв}$), что согласно формуле (7) привело бы к снижению максимальной скорости, а следовательно, и дальности полета. При использовании отделяющейся боевой части можно не беспокоиться о судьбе самой ракеты или ее последней

Рис. 59. Схема неуправляемой моноблочной ГЧ:

1 — наконечник; 2 — боевой заряд;
3 — аппаратура подрыва заряда; 4 —
корпус; 5 — аблирующее теплоиз-
щитное покрытие; 6 — киевки спой-
7 — силовая конструкция



ступени. Достаточно, чтобы они выдержали небольшие нагрузки, действующие на активном участке. В этом случае конструкция ракеты и отдельных ее ступеней получается легкой.

Иное дело головная часть. Корпус ее делают высокопрочным, чтобы он был способен противостоять нагрузкам на конечном участке траектории. Для предохранения боевой части от аэродинамического нагрева на ее корпус наносится специальное теплозащитное покрытие.

По данным иностранной печати, для защиты боевых частей чаще всего используются покрытия с уносом материала, называемые аблирующими. При нагреве материалов аблирующего покрытия одни из них плавятся и затем испаряются, другие химически разлагаются. Эти превращения сопровождаются поглощением значительных количеств тепла, подобно тому, как поглощается тепло при кипении воды или плавлении льда. На это расходуется значительная часть тепла, подводимого к поверхности покрытия от обтекающего ее потока нагретого воздуха. Продукты испарения или химического распада аблирующего материала создают возле поверхности непрерывно уносимую и вновь восстанавливаемую газовую пленку, которая снижает приток тепла к поверхности, а следовательно, и в глубь покрытия. Согласно данным зарубежной печати, глубина уноса материала на боковой поверхности для МБР составляет 5..6 мм. Материал такого покрытия в исходном состоянии обладает очень низкой теплопроводностью. Поэтому, хотя на поверхности покрытия происходит плавление и разложение материала, в глубине его и на поверхности самого корпуса боевой части до конца полета сохраняется низкая температура.

Известные в настоящее время, по данным зарубежной печати, конструкции головных частей УБР можно разделить на три типа: неуправляемая моноблочная, управляемая моноблочная, разделяющаяся.

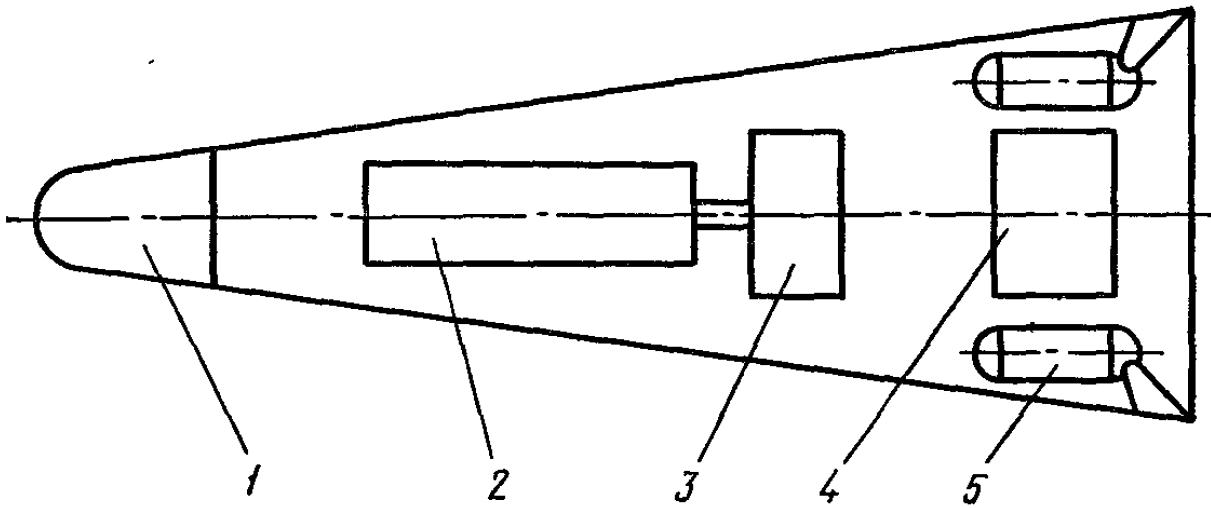


Рис. 60. Схема управляемой моноблочной ГЧ:

1 — наконечник; 2 — боевой заряд; 3 — аппаратура подрыва; 4 — система управления ГЧ; 5 — управляемые двигатели

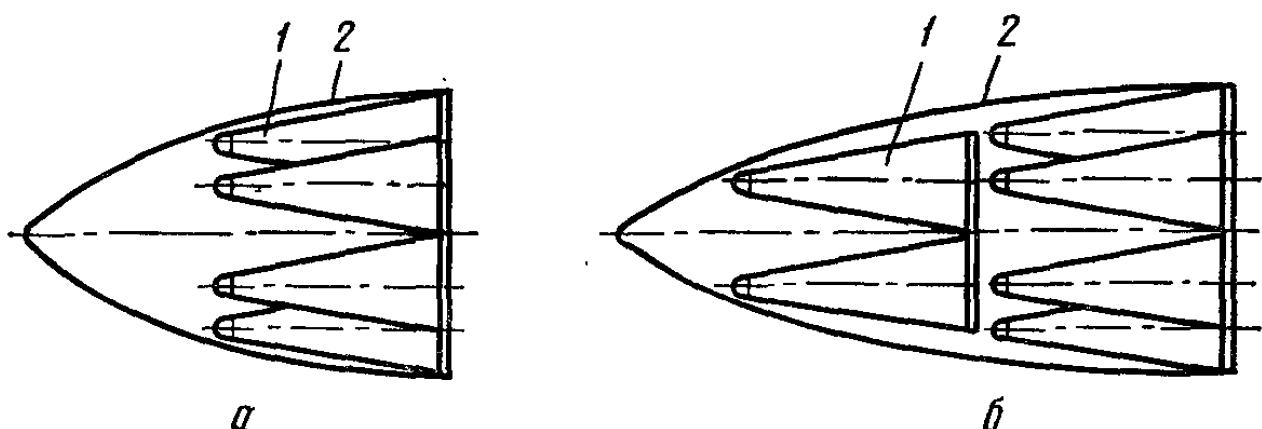


Рис. 61. Расположение боевых частей в разделяющейся ГЧ:

а — одноярусная; б — многоярусная; 1 — боевая часть; 2 — обтекатель

Устройство первой по времени появления неуправляемой моноблочной головной части (ГЧ) представлено на рис. 59. Корпус ГЧ представляет собой металлическую оболочку, подкрепленную изнутри шпангоутами и покрытую снаружи теплозащитным материалом. Внутри нее устанавливается боевой заряд и аппаратура для его подрыва. Корпус крепится к ракете посредством разъемов, обеспечивающих быстрое его отделение в конце активного участка.

С появлением противоракетной обороны (ПРО) для снижения эффективности поражения боевой части УБР оказалось необходимым прибегнуть к различным средствам, связанным с изменением конструкции головной части. К таким средствам могут относиться:

уменьшение радиолокационной отражательной способности наружной поверхности ГЧ с целью затруднения ее обнаружения в полете;

применение ложных целей в виде выбрасываемых из корпуса ГЧ на пассивном участке траектории различных элементов.

С этой же целью могут разрабатываться управляемые моноблочные ГЧ (рис. 60) со своей системой управления и управляющими двигателями. Такая головная часть может осуществить маневр при подлете к цели. Поскольку использование системы ПРО основано на предположении, что головная часть движется по баллистической траектории, любой маневр ГЧ в зоне действия ПРО уменьшает вероятность ее поражения.

Дальнейшим шагом повышения вероятности прорыва боевой частью противоракетной обороны противника явилось создание разделяющихся головных частей (рис. 61). Такая ГЧ содержит несколько неуправляемых или управляемых боевых частей, подобных моноблочным головным частям. Боевые части разделяющейся ГЧ крепятся внутри нее на раме в один или несколько ярусов. Обтекатель, применяющийся для уменьшения сопротивления воздуха на активном участке, после отделения ГЧ сбрасывается, а затем боевые части разводятся на цели.

Старт управляемой баллистической ракеты может быть открытый или закрытый. Открытый старт производится со стационарных или подвижных наземных пусковых установок.

Подвижные пусковые установки могут быть на колесном или гусеничном ходу. Для производства старта пусковая установка развертывается из походного положения в боевое. Возможности использования такого вида старта ограничиваются грузоподъемностью и допустимыми габаритами подвижной пусковой установки. Примером такой установки может служить американская баллистическая ракета «Першинг-1».

Все зарубежные межконтинентальные ракеты имеют закрытый старт. В этом случае запуск ракет производится из подземных шахтных сооружений или из пусковых труб подводных лодок. Осуществление закрытого старта связано с большими затратами на оборудование стартового сооружения, но зато достигается более высокая степень защищенности стартовой позиции. Под защищенностью стартовой позиции понимается величина избыточного давления на фронте ударной волны от взрыва бомбы противника, не причиняющая повреждения ракете, находящейся на старте.

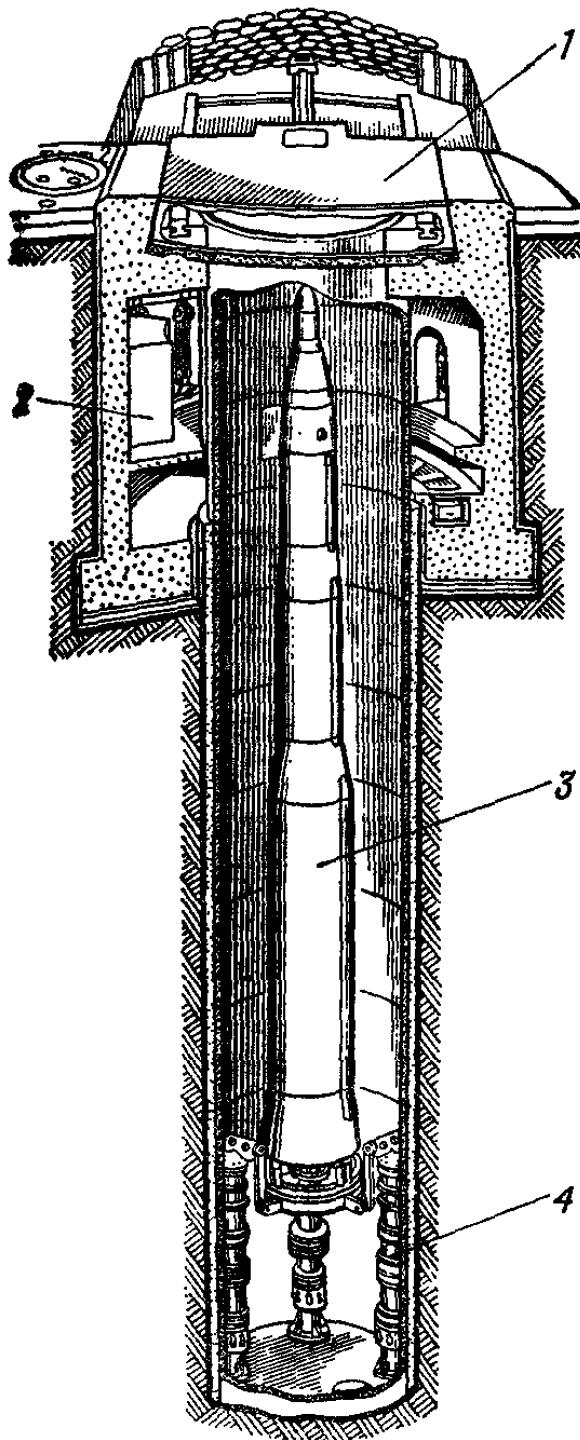


Рис. 62. Шахта для запуска МБР:

1 — сдвигающаяся крышка; 2 — аппаратура пуска ракеты; 3 — ракета; 4 — амортизаторы;

На рис. 62 представлено шахтное устройство для запуска УБР. Сверху шахта закрывается массивной бронеплитой, которая сдвигается в сторону непосредственно перед пуском. Диаметр шахты примерно в два раза превышает диаметр ракеты, что обеспечивает свободный выход газов при пуске.

3. КАК УПРАВЛЯЕТСЯ БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ РАКЕТА?

Для того чтобы УБР попала в цель, необходимо обеспечить ее выход на пассивный (баллистический) участок траектории со скоростью V_A под углом Θ_A , в точности соответствующей заданной дальности, а также при строго установленном курсе полета.

УБР перед пуском устанавливается на стартовом столе вертикально и точно ориентируется относительно сторон света. Одна из поперечных осей совмещается с плоскостью стрельбы. Первоначальное направление вертикальной плоскости, в которой происходит полет ракеты, несколько отличается от направления на цель и выбирается так, чтобы исключить влияние вращения Земли.

Движение ракеты в вертикальной плоскости совершается по определенному закону с разворотом движения ее центра масс от вертикали до направления, составляющего с местным положением плоскости горизонта угол Θ_A .

Когда управление дальностью полета осуществляется изменением конечной скорости V_A (см. рис. 57), система управления ведет ракету на активном участке по «жесткой» траектории. Фактическое изменение параметров полета, замеряемое бортовой аппаратурой, сравнивается с заранее рассчитанными, заданными в программное устройство перед пуском. В случае расхождения фактических значений с программным в системе управления вырабатывается командный сигнал, который, поступая на исполнительные органы, ликвидирует это расхождение.

По сведениям зарубежной печати, наиболее широкое применение в УБР получила автономная система управления, вырабатывающая сигналы с помощью аппаратуры, размещенной только на борту ракеты. В основе определения положения ракеты в полете и ее скорости лежит измерение осевых и боковых ускорений с помощью специальных устройств — акселерометров, работающих от инерционных сил. Исходя из этого, такая система и получила название инерциальной. Простейшая модель акселерометра — инерционное тело-груз, укрепленное на пружине и имеющее возможность перемещаться вдоль направляющей.

Представим, что такое устройство помещено в ракете. При ее движении на активном участке с набором скорости отклонение груза от начального положения будет пропорционально величине ускорения, действующего вдоль направляющей. Это отклонение может быть измерено и обращено в электрический сигнал с помощью потенциометра. Зная величины ускорений в каждый момент времени, можно, суммируя их, получить текущее значение скорости полета, а суммируя значения скорости, получить длину пути, т. е. текущее значение координат ракеты. Моделью такого суммирующего устройства может служить счетчик пути автомобиля. Колесо счетчика вращается со скоростью, пропорциональной скорости движения автомобиля, и хотя эта скорость меняется, итог пройденного пути определяется безупречно. Разумеется, эти примеры дают лишь общее представление о принципах работы приспособлений для замера ускорений УБР и их интегрирования.

Когда значение скорости, полученное в процессе суммирования ускорений ракеты, достигает программного значения V_A , автомат управления дальностью подает команду на выключение двигателя.

Если управление дальностью производится изменением угла Θ (см. рис. 57, б), то выключение двигателя производится сигналом бортовой ЭВМ по рассчитанному ею необходимому сочетанию угла Θ_A и скорости V_A .

Для нормальной работы системы управления УБР необходимо, чтобы оси ракеты сохраняли требуемую ориентацию в пространстве, т. е. чтобы ракета не поворачивалась вокруг своей продольной оси и не раскачивалась вокруг поперечных. Эта задача решается системой стабилизации. Основа такой системы — автомат стабилизации, чувствительным элементом которого служит гироскоп, работающий по принципу волчка. Основное свойство волчка — стремление сохранять неизменным положение своей оси вращения в пространстве и используется в трехступенчатом гироскопическом устройстве (рис. 63). Ротор гироскопа вращается с большой частотой в специальном карданном подвесе во внутренней рамке вокруг оси OX . Сама внутренняя рамка свободно вращается во внешней рамке вокруг оси OY , и, наконец, внешняя рамка может свободно поворачиваться относительно корпуса ракеты. Подобное устройство позволяет ротору гироскопа сохранять положение своей оси в пространстве неизменным при любых поворотах ракеты.

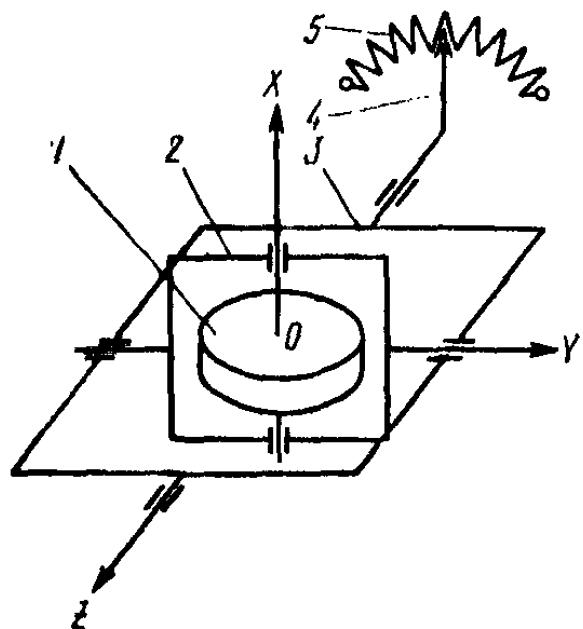
Если ракета повернется относительно оси OZ , то внешняя рамка вместе с осью ротора останется неподвижной относительно этой оси, а потенциометр 5, жестко связанный с корпусом ракеты, сместится относительно движка 4, связанного с рамкой 3. При этом величина напряжения U , снимаемого с потенциометра, изменится пропорционально угловому отклонению ракеты. Подобным же образом можно измерить и поворот ракеты относительно оси OY . Снимаемые с потенциометров напряжения преобразуются в команду, подаваемую на исполнительные органы, возвращающие оси ракеты в исходное положение.

Коротко об исполнительных органах управления УБР.

Понятно, что при полете в верхних разреженных слоях атмосферы ракетой нельзя управлять с помощью аэродинамических органов — воздушных рулей и поворотных крыльев. Поэтому-то разработка органов управления ракетой в вакууме стала одной из важнейших проблем реактивного движения и космонавтики. К. Э. Циolkовский впервые выдвинул идею рулей, размещенных «поблизости выходного расширенного отверстия взрывной

Рис. 63. Схема трехстепенного гироскопа:

1 — ротор; 2 — внутренняя рамка подвески; 3 — внешняя рамка; 4 — измерительная ось с движком; 5 — измерительный потенциометр



трубы», т. е. сопла. «Уклонение руля,— писал он,— вызывает на него давление потока (продуктов горения) и соответствующее уклонение снаряда».

Это предложение Циолковского реализовано в наше время в виде графитовых газовых рулей. Механизм создания боковой силы с помощью газового руля ничем не отличается от механизма возникновения подъемной силы воздушного руля, рассмотренного в главе VII.

У односоплового двигателя в выходном сечении сопла помещаются две пары рулей. Одна из них служит для управления полетом ракеты в вертикальной плоскости (плоскости стрельбы), т. е. для изменения по заданной программе угла Θ и устранения отклонений Θ от программного значения. Пара рулей, размещенных в другой плоскости, управляет полетом ракеты по курсу. При отклонении одной пары рулей в разные стороны создается силовой момент относительно продольной оси ракеты, что предотвращает поворот ракеты вокруг этой оси. Силовые приводы, вращающие рули и подшипники, в которых они вращаются, находятся за пределами газовой струи и от воздействия горячих газов предохраняются защитными дисками.

Газовые рули обеспечивают эффективное управление ракетой. Однако они имеют существенный недостаток: независимо от того, работает ли руль или находится в нейтральном положении, он, оставаясь в потоке газов, создает лобовое сопротивление, съедающее некоторую долю тяги ракетного двигателя.

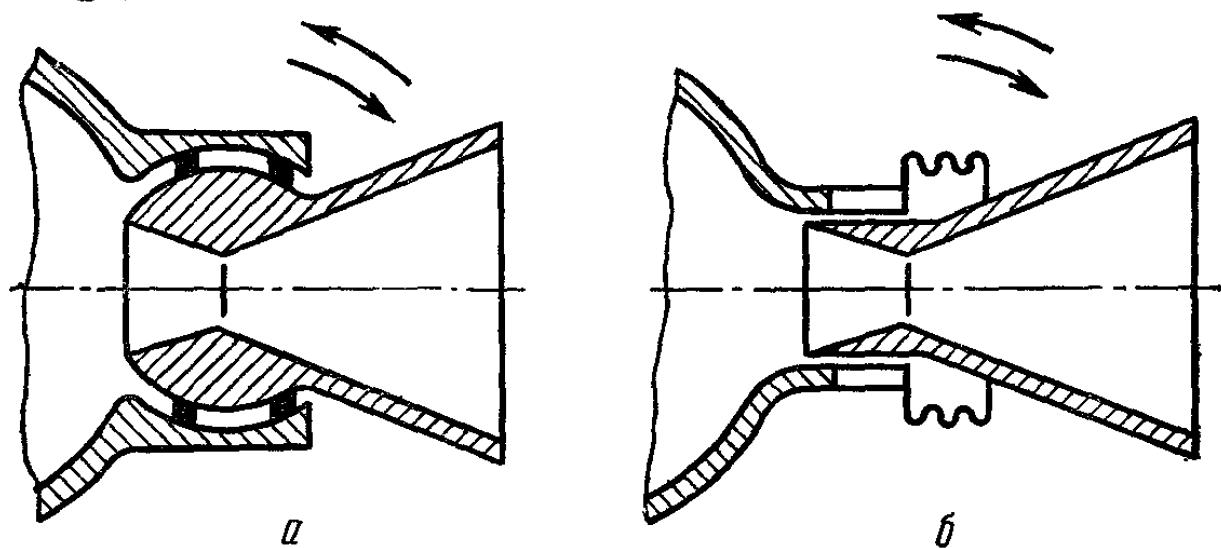


Рис. 64. Поворотные сопла:

а — с сальниковым уплотнением; б — с сильфонным уплотнением

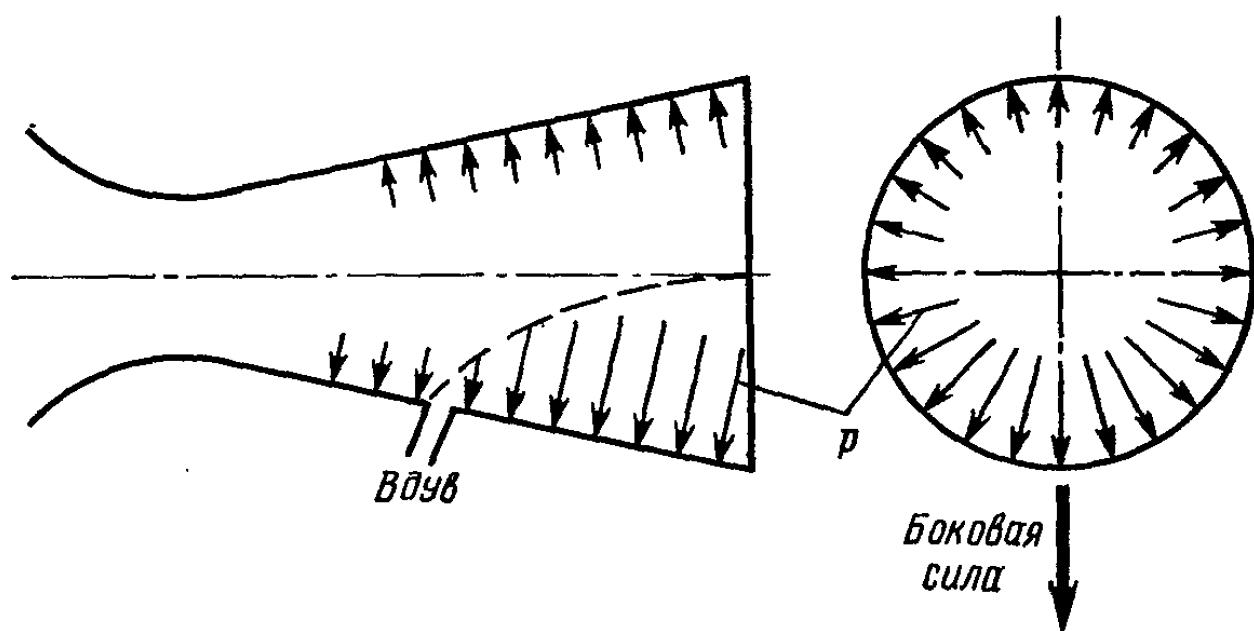


Рис. 65. Создание боковой силы вдувом газа в сопло

Потери тяги при управлении можно свести к минимуму, применив поворотные сопла, предложенные впервые также К. Э. Циолковским. Варианты поворотных сопел показаны на рис. 64. Управляющее усилие возникает при повороте всего сопла вследствие изменения направления создаваемой тяги. Основная трудность создания такого сопла — обеспечение герметичности шарнирного соединения. В варианте а герметичность обеспечивается сальниковым уплотнением, в варианте б — гибким металлическим сильфоном, во внутреннюю полость которого подается охлаждающая жидкость.

Можно управлять ракетой и посредством вдува газа или впрыска жидкости в сверхзвуковую часть сопла.

В этом случае вводимое в поток вещество выполняет роль преграды, тормозящей этот поток. На участке сопла ниже места ввода дополнительной массы образуется область повышенного давления (рис. 65). Вследствие различия давлений на диаметрально противоположные участки сопла появляется управляющая боковая сила. В качестве впрыскиваемой жидкости могут использоваться фреон, азотная кислота и др., а в качестве вдуваемого газа — газ, отбираемый из камеры сгорания и перепускаемый по газопроводу с клапаном в сопло.

Наконец, для управления ракетой можно использовать и небольшие вспомогательные двигатели, вращающиеся в шарнирных подвесах.

Совершенство аппаратуры системы управления УБР, безотказность и быстродействие ее исполнительных органов, а также то, что полет головной части на пассивном участке происходит в безвоздушном пространстве при отсутствии возмущений, определяют высокую точность попадания в цель. Для образцов, указанных в табл. 5, она составляет около 1 км.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях современной научно-технической революции результаты научных исследований и новые технические идеи немедленно используются в военной технике, обеспечивая быстрый прогресс в развитии всех видов вооружения.

В настоящее время баллистические ракеты стратегического назначения являются воплощением самых передовых технических идей в области ракетной техники. Однако и они постоянно развиваются и совершенствуются: модернизируется система наведения, повышаются мобильность и защищенность. Одно из направлений развития баллистических ракет — применение разделяющихся головных частей, каждая из которых нацеливается на свой объект.

Все большее внимание уделяется крылатым ракетам, которые при малых высотах полета и малых габаритах трудно обнаруживаются. Отметим, что в ответ на вызов агрессивных кругов США Советский Союз провел испытания своих крылатых ракет дальнего действия.

Согласно иностранным информационным данным одним из направлений совершенствования управляемых ракет является использование в них двигателей новых типов, например прямоточных воздушно-реактивных (ПВРД). Установка такого двигателя в ракетах класса «воздух — земля» позволяет снизить стартовую массу ракеты почти вдвое при одновременном уменьшении ее габаритов.

Военно-технический прогресс распространился также и на неуправляемое ракетное оружие, и на ствольную артиллерию, резко повысив их боевые возможности.

Бурное развитие электроники преобразило приборное оснащение этого рода войск. Для разведки целей на поле боя используется радиолокационная аппаратура, позволяющая обнаружить движение людей на дальности 6...8 км, автомашин — на дальности 10 км. С помощью радиолокационных станций можно засекать огневые позиции минометов и орудий с навесной траекторией. Это делается посредством засечки двух положений мины или снаряда в полете с последующим определением всей траектории полета на счетно-решающем приборе.

Широкое применение получают приборы ночного видения на основе инфракрасной техники, в том числе приспособления для прицельной стрельбы по танкам ночью.

В артиллерию начинают внедряться лазеры, используемые в первую очередь в качестве дальномеров, позволяющие быстро и точно определять расстояние до цели.

Все большую роль начинают играть ЭВМ. Их применение упрощает и убывает обработку данных разведки, метео- и топоданных, позволяет быстро и более точно вычислять установки для стрельбы, а также обеспечивает корректирование стрельбы.

Все указанное значительно повышает возможности артиллерии и РС как высокоманевренного и эффективного вида вооружения сухопутных войск.

Большие изменения произошли в области боеприпасов для орудий и РС.

По данным иностранной печати важным направлением в области боеприпасов для РС явилось создание кассетных боевых частей, содержащих боевые элементы различных типов (фугасные, осколочные и т. д.), которые при раскрытии корпуса боевой части в полете рассеиваются на большой площади. При использовании парашютных устройств такие элементы могут быть использованы для

создания в течение кратчайшего времени минных полей на нужном направлении. Так, залп одной боевой машины позволяет установить минное поле размером 400×300 м на дальности до 14 км.

Одновременно ведутся работы по усовершенствованию старых типов боеприпасов, по повышению бронепробиваемости подкалиберных и кумулятивных снарядов. Продолжаются исследования возможности повышения начальной скорости артиллерийских орудий за счет использования легких газов (см. главу VIII), а также за счет применения новых источников энергии. С целью повышения скорострельности орудий и удобств их использования разработаны сгорающие при выстреле гильзы.

По-прежнему остается актуальной проблема повышения подвижности и проходимости артиллерийских систем. Применение легких высокопрочных материалов позволяет снизить массу орудия и пусковой установки. Продолжаются разработки самодвижущихся орудий, снабженных агрегатами типа мотоциклетного двигателя. Такое орудие на поле боя перемещается стволом вперед со скоростью 5...6 км/ч и всегда готово к немедленному открытию огня.

В условиях возможного использования атомного оружия особую роль приобретает самоходная артиллерия, которая не только осуществляет непосредственную поддержку частей и соединений в бою, но и обеспечивает высокую защищенность орудийных расчетов от воздействия атомного взрыва.

Благодаря неустанным заботам Коммунистической партии и Советского правительства наши Вооруженные Силы располагают первоклассным ракетным и артиллерийским вооружением, созданным на основе новейших достижений отечественной науки и техники. Это вооружение находится в надежных руках опытных и преданных Родине воинов Советской Армии. Бдительно стоят они на страже мирного созидательного труда советского народа, готовые выполнить свой патриотический и интернациональный долг по защите великих завоеваний социализма.

ЛИТЕРАТУРА

- Андерсон Ю. П., Дрожжин А. И., Лозик П. М.** Противовоздушная оборона сухопутных войск.— М.: Воениздат, 1979.
- Бог войны. Сборник статей.**— М.: Молодая гвардия, 1979.
- Волков Е. Б.** Ракетные двигатели.— М.: Воениздат, 1969.
- Глушко В. П.** Ракетные двигатели ГДЛ — ОКБ.— М.: Изд-во АПН, 1975.
- Евдокимов Б. И.** Противотанковое реактивное оружие.— М.: Воениздат, 1964.
- Кузнецов Г. М., Победоносцев Ю. А.** Первые старты.— М.; ДОСААФ, 1972.
- Латухин А. Н.** Современная артиллерия.— М.: Воениздат, 1970.
- Пересада С. А., Филиппов А. И., Демидов Л. И.** Борьба с низколетящими средствами воздушного нападения.— М.: Воениздат, 1971.
- Сокольский В. Н.** Ракеты на твердом топливе в России.— М.: Изд-во АН СССР, 1963.

О ГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Общие сведения о ракете и орудии	8
1. От чего зависит дальность стрельбы?	8
2. Принцип работы ракетного двигателя	13
3. Что происходит в орудии при выстреле?	18
Глава II. Эра черного пороха	22
1. Орудие на черном порохе	22
2. Ракета на черном порохе	28
3. Расцвет ракетного вооружения в первой половине XIX в.	34
Глава III. Бездымный порох и технический переворот в артиллерию	38
1. Нарезное орудие на бездымном порохе	38
2. Ракетное вооружение приходит в упадок	45
3. Орудие в первой мировой войне	47
Глава IV. Орудие и ракета служат Советскому Союзу	49
1. Создание советской артиллерии	49
2. Разработка ракеты на бездымном порохе	55
3. Гибриды ракеты и орудия	64
Глава V. Орудие и ракета в Великой Отечественной войне	68
1. Советская артиллерия в годы войны	68
2. Ракетная техника в годы войны	77
Глава VI. Ракета и орудие против брони	81
1. Снаряд пробивает броню силой удара	81
2. Снаряд и ракета пробивают броню кумулятивным взрывом	85
3. Управляемая ракета против танка	88

Глава VII. Орудие и ракета против самолета	92
1. Орудие вступает в борьбу с самолетом	92
2. Управляемая ракета против самолета	95
3. Ракета и орудие в борьбе с низколетящими целями	99
Глава VIII. Завоевание гиперзвуковых и космических скоростей	102
1. Орудие или ракета?	102
2. Только ракета!	105
3. Ракетные двигатели для баллистических и космических ракет	109
Глава IX. Управляемая баллистическая ракета	115
1. Особенности траектории УБР	115
2. Как устроена УБР?	119
3. Как управляетя баллистическая ракета?	126
Заключение	131
Литература	134

Научно-популярное издание

Георгий Юрьевич Мазинг

РАКЕТА И ОРУДИЕ

Заведующий редакцией А. В. Куценко

Редактор Л. И. Карнозов

Художник В. А. Купленский

Художественный редактор Т. А. Хитрова

Технический редактор З. И. Сарвина

Корректор И. С. Судзиловская

ИБ № 1923.

Сдано в набор 27.01.86. Подписано в печать 19.12.86. Г-94150. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага для глубокой печати. Гарнитура журнальная рубленая. Печать высокая. Усл. п. л. 7,14. Усл. кр.-отт. 7,46. Уч.-изд. л. 7,08. Тираж 85 000 экз. Заказ 294. Цена 30 к. Изд. № 2/п-362.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР.

129110, Москва, Олимпийский просп., 22.

Белоцерковская книжная фабрика. 256400, г. Белая Церковь, ул. Карла Маркса, 4.

