

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
УСТРОЙСТВА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОГО,  
АРТИЛЛЕРИЙСКОГО И РАКЕТНОГО ОРУЖИЯ

Часть I

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
УСТРОЙСТВА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОГО И АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ОРУЖИЯ

Под редакцией  
чл.-кор. РАРАН А. А. Королева и чл.-кор. МАНПО В. Г. Кучерова

Допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие" направления подготовки дипломированных специалистов "Оружие и системы вооружения"

РПК  
"Политехник"  
Волгоград  
2002

Рецензенты:

академик РАРАН заслуженный деятель науки, д-р техн. наук *B. T. Волков*;  
д-р техн. наук *B. E. Смирнов*

**Физические** основы устройства и функционирования стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия. Часть I. Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного и артиллерийского оружия: Учебник для вузов / Под ред. чл.-кор. РАРАН А. А. Королева и чл.-кор. МАНПО В. Г. Кучерова;  
ВолгГТУ. - Волгоград, 2002.

В учебнике изложены вопросы устройства и функционирования стрелково-пушечного и артиллерийского оружия. В нем обобщены и систематизированы сведения о современном ствольном оружии. Особое внимание обращено на описание физических основ действия оружия в целом и его отдельных механизмов. Даны основы анализа механизмов с точки зрения их рациональной компоновки и обеспечения надежного функционирования. Кратко изложены принципы действия боеприпасов и приборов. В приложении к книге приводятся справочные данные о стрелково-пушечном и артиллерийском вооружении.

Книга будет полезна также инженерно-техническим работникам, занимающимся вопросами устройства и действия стрелково-пушечного и артиллерийского оружия.

*60-летию разгрома  
немецко-фашистских  
войск под Сталинградом  
авторы посвящают этот труд*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге рассмотрены физические основы устройства и действия артиллерийских орудий, пути разработки конструкций, удовлетворяющих тактико-техническим требованиям, и методы анализа типовых конструкций с учетом взаимодействия узлов и механизмов орудий при боевой и служебной эксплуатации.

Подобный учебник был создан более четверти века назад («Артиллерийское вооружение» под редакцией д-ра техн. наук проф. И. И. Жукова, М., Машиностроение, 1975) и в настоящее время является библиографической редкостью. Большие изменения в техническом уровне вооружения, особенно в автоматическом оружии, вызванные научно-техническим прогрессом за последние годы, потребовали нового обобщения и систематизации огромного опыта конструирования.

Содержание настоящего учебника соответствует требованиям Государственного образовательного стандарта подготовки дипломированных специалистов по направлению 652800 «Оружие и системы вооружения». Основной его целью является систематизация опыта конструирования, ознакомление студентов с типовыми конструктивными решениями и методами анализа и оценки принимаемых технических решений.

Основное внимание в учебнике уделено вопросам устройства и действия различных типов орудий: буксируемых, самоходных, танковых, корабельных. Подробно рассмотрены вопросы функционирования автоматического оружия. Вместе с тем авторы были вынуждены коснуться смежных вопросов: устройства прицелов, приборов наведения и боеприпасов, без знания которых невозможно грамотное конструирование орудий.

Авторы сочли необходимым привести справочный материал в виде таблиц, содержащих основные технические характеристики отечественных и зарубежных, современных и состоявших на вооружении ранее образцов вооружения. Частично данные материалы приводятся в тексте, большая часть - в приложении. Эти сведения могут быть полезны студентам при анализе существующих тенденций развития отрасли, при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Теоретические вопросы анализа физических процессов, протекающих в орудиях при выстреле, их математическое описание, а также получение инженерных зависимостей для расчета конструкций в настоящую книгу не вошли. Авторы надеются, что ведущие технические вузы России примут

## **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АРТИЛЛЕРИИ**

### **1.1. КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК. РОССИЙСКИЕ АРТИЛЛЕРИСТЫ**

Огнестрельное оружие, используемое для ведения боевых действий, появилось в Европе в конце XIII - начале XIV вв. Первое упоминание в летописях о применении огнестрельного оружия на Руси относится к 1380 году. За истекшее время российские ученые, конструкторы, технологи внесли неоценимый вклад в развитие артиллерию, часто опережая в этой области иноземцев.

Постройка и эксплуатация Пушечного двора Великого князя Ивана III в Москве (1480 г.) позволили упорядочить работу мастеров, привести ее в стройную систему, изготавливать орудия по государственному (великокняжескому) заказу.

Среди целой плеяды талантливых русских артиллерийских мастеров следует отметить Андрея Чохова, который в 1586 г. отлил ствол царь-пушки, являющейся замечательным образцом русского литейного искусства. Длина ствола царь-пушки 5м 34 см, масса 40 т, калибр 890 мм. Эта пушка была самым крупнокалиберным орудием в мире. В том виде, как она выставлена в Кремле, пушка имеет декоративный лафет и ядра. Нельзя не отметить также и то, что орудия, изготовленные Чоховым и некоторыми другими пушечными дел мастерами в середине XVI в., приобрели ту рациональную конструкцию, которая была присуща орудиям последующих столетий. Они состояли на вооружении русской артиллерию вплоть до начала XVIII в.

Для создания артиллерийских орудий, особенно стволов, был нужен высококачественный металл (железо, бронза, сталь). Русские металлурги внесли большой вклад в дело получения этих металлов. Так, например, в XVIII в. клеймо "старый сокол", ставившееся на уральском железе, хорошо знали в Глазго, Бирмингеме, Манчестере и в Лондоне. Россия в то время была важнейшим поставщиком металла на мировом рынке.

Развитию русской артиллерийской науки немало способствовала открытая в 1725 г. по указу Петра I в Петербурге Российская академия наук.

Русские ученые того времени, члены Российской академии наук М. В. Ломоносов, Л. П. Эйлер, Д. И. Бернулли, И. Г. Лейтман и другие внесли ценный теоретический вклад в артиллерийскую науку.

Большое значение для развития артиллерийской науки имели работы М. В. Ломоносова по порохам и приборам, Л. П. Эйлера по внешней баллистике и механике, Д. И. Бернулли по внутренней баллистике.

Развитию артиллерийской науки в XVIII в. способствовало учреждение Петром I двух школ для подготовки артиллеристов и других военных специалистов. Одна из этих школ была учреждена в Москве, а другая - в Петербурге. Эти школы положили начало инженерному артиллерийскому образованию в России.

В первой половине XIX в. развитие науки о проектировании артиллерийских орудий шло по линии усовершенствования гладкоствольных орудий. Все проводимые мероприятия были направлены на уменьшение массы орудия, повышение маневренности и улучшение их боевых качеств.

Бурное развитие промышленности, техники и военного дела в середине XIX в. выдвинуло перед артиллерийской наукой ряд новых научно-технических проблем:

повышение дальности, скорострельности и кучности стрельбы, решение которых потребовало применения медленно горящего бездымного пороха, перехода к нарезным каналам стволов и продолговатым снарядам. В ряде стран появились новые пороха: пироксилиновый (П. Вьель, Франция, 1884 г.); баллиститный (А. Нобель, Швеция, 1888 г.); пироколлоидный (Д. И. Менделеев, Россия, 1892 г.).

Новые бездымные пороха, создавшие при сгорании в канале ствола значительно большее давление газов, чем раньше, а также применение нарезных стволов потребовали, в свою очередь, применения для изготовления стволов высококачественных сталей.

Впервые работы по созданию высококачественных сталей проводились в Златоусте генерал-майором корпуса горных инженеров Павлом Петровичем Аносовым (1797-1851), применившим микроскоп для исследования металлов и тем самым положившим начало металлографии. В Златоусте начинал свои работы по созданию сталей Павел Матвеевич Обухов (1820-1868). Отлитый в 1860 г. на Князе-Михайловской фабрике ствол пушки из стали Обухова выдержал более 4000 выстрелов. После испытаний пушка была отправлена в Лондон на Всемирную выставку 1862 г., и ей была присуждена высшая награда - Золотая медаль.

Обухов создал сталепушечный Обуховский завод (позднее завод "Большевик") и пригласил работать на нем профессора Михайловской академии Дмитрия Константиновича Чернова (1839-1921).

В 1868 г. Д. К. Чернов выступил перед научно-техническим миром с новыми идеями, вызвавшими переворот в металлургии. Профессор Д. К. Чернов доказал, что структура стали при нагреве не остается неизменной: при определенных температурах сталь претерпевает особые превращения, изменяющие ее структуру и механические свойства. Эти критические температуры в металлургии известны под названием точек Чернова.

Широчайшей известностью в артиллерийских кругах пользовалась разработанная в 1912 г. Д.К. Черновым оригинальная теория износа и разгара каналов стальных орудийных стволов. Некоторые основные положения этой теории сохранили до известной степени свое значение и в наши дни.

Д. К. Чернов не только крупный ученый металлург, он образец ученого-патриота своей родины. На все предложения англичан переехать в 1919 г. в Лондон Д. К. Чернов - почетный вице-председатель Английского института стали и железа и почетный член-корреспондент Королевского института в Лондоне ответил, что он русский и родины покинуть не может.

Лекции по металлургии в Артиллерийской академии РККА в свое время читал лучший ученик Д. К. Чернова академик А. А. Байков, который внес большой вклад в дело создания специальных сталей.

У читателя невольно возникает вопрос: почему во введении об артиллерийских орудиях такое большое место отводится вопросам металлургии? Ответ заключается в том, что русские артиллеристы в улучшении качества орудийного металла видели один из факторов повышения прочности стволов, открывавший путь к дальнейшему повышению могущества артиллерийских орудий. Советские артиллеристы полностью восприняли эту точку зрения.

Каждый инженер-конструктор, занимающийся проектированием артиллерийских орудий, должен всесторонне знать свойства металла и способы изготовления

из него тех заготовок, из которых будет сделан спроектированный им ствол. Он должен хорошо знать, в каких условиях ствол будет работать в процессе эксплуатации и как могут меняться механические свойства металла в этих условиях. Без учета всего сказанного, даже если при проектировании ствола будет применена, казалось бы, самая точная методика расчета, ствол все же в процессе эксплуатации может оказаться непрочным и недолговечным.

Из отечественных ученых-артиллеристов, сыгравших большую роль в развитии отечественной металлургии, необходимо отметить А. С. Лаврова и Н. В. Калакуцкого.

Заслуга Н. В. Калакуцкого (1831-1886) заключается в том, что он впервые привлек внимание артиллерийских технических кругов к вопросу о влиянии внутренних напряжений, остающихся в изделиях после термической обработки, на прочность орудийных стволов и снарядов.

А. С. Лавров (1838-1904) исследовал причины образования пустот в специальных слитках и разработал методы борьбы с ними. Он много работал над решением проблемы повышения прочности орудийных стволов, изготавляемых из бронзы. В 1873 г. он впервые осуществил на практике идею самоскрепления (автофrettаж) орудийных стволов путем протяжки стальных пуансонов через канал ствола, изготовленного из бронзы. Подвергнутые такой обработке бронзовые стволы по своим прочностным характеристикам стали близки к стальным, вследствие чего такие стволы тогда стали называть сталебронзовыми.

Помимо выработки высокопрочной стали, в России работали и над изысканием искусственных способов повышения прочности орудийных стволов.

Так, еще в 1799 г. полковник И. И. Дибич создал первое артиллерийское орудие, ствол которого для повышения прочности был обвит проволокой. В начале 1859 г. лейб-гвардии полковник В. И. Семашко тоже проводил опыты по повышению прочности стволов, изготовленных из чугуна, обивая стволы прутковым железом.

За рубежом также приступили к подобного рода работам. Так, например, в 1860 г. англичанин Лонгридж разработал конструкцию ствола, скрепленного проволокой.

Весьма важное значение для повышения прочности орудийных стволов имели работы нашего отечественного ученого артиллериста, заслуженного профессора Михайловской артиллерийской академии экстра-ординаторного академика, генерала от артиллерии А. В. Гадолина (1828-1892), который в опубликованных в 1858-1861 гг. работах дал весьма простой вывод формулы профессора Петербургского института путей сообщения Лямэ и исследовал деформации и напряжения, возникающие в стенках орудийного ствола во время выстрела. Кроме того, в этих работах предлагалась и теоретически обосновывалась возможность еще до выстрела в стенках орудийного ствола создавать напряжения, повышающие его прочность. С этой целью А. В. Гадолин предложил делать стволы, состоящие из нескольких слоев (скрепленные стволы).

В 1863 г. работы А. В. Гадолина были опубликованы в "Revue de Technologie Militair". Его исследования были положены в основу содержания учебников по проектированию орудийных стволов, написанных за рубежом. Способ вывода предела прочного сопротивления, предложенный А. В. Гадолиным, был впоследствии при-

менен Клебшем для вывода общих уравнений равновесия твердых тел.

Как известно, во второй половине XIX в. совершался переход к нарезному оружию, в том числе и к артиллерийским орудиям, у которых на поверхности канала ствола имеются винтовые нарезы, что дало возможность существенно повысить как дальность стрельбы, так и кучность боя этих орудий.

Как в России, так и за рубежом до этого имелись отдельные образцы различного вида нарезного оружия. Однако часто устройство нарезов в канале ствола служило не для повышения баллистических свойств оружия, а лишь для облегчения заряжания или сбора порохового нагара в стволе оружия. Только в 1728 г. академик Петербургской академии наук И. Г. Лейтман опубликовал работы, излагавшие вопрос о значении нарезов и увеличении дальнобойности при стрельбе продолговатыми снарядами из нарезных орудий.

Ведущая роль в создании нарезных орудий принадлежит профессору Артиллерийской академии Н. В. Майевскому (1823-1892). Он по праву является основоположником внешней баллистики вращающихся продолговатых снарядов. Его теоретические положения в этой области не потеряли своего значения и теперь, а формула о необходимой крутизне нарезки у дула с незначительными изменениями находит применение и в настоящее время.

Н. В. Майевский был не только ученым-теоретиком, он был конструктором. Непосредственно им и под его руководством были для отечественной артиллерии спроектированы и изготовлены первые нарезные орудия, которые известны под называнием "системы обр. 1860 года". Отечественная артиллерийская техника перешагнула тот рубеж, о котором сказано, что здесь кончается история гладкоствольных орудий и начинается новый период, характеризуемый переходом всех государств к системе нарезных, заряжаемых с казенной части пушек.

В первых нарезных орудиях применялся прежний мелкозернистый, быстрогорящий порох. Для того чтобы не вызвать резкого повышения максимального давления пороховых газов в канале ствола, переделанного из прежнего гладкоствольного орудия под нарезное, при применении более тяжелого продолговатого снаряда массу боевого заряда приходилось уменьшать, что приводило к уменьшению начальной скорости. В связи с этим в 1862 году А. В. Гадолин и Н. В. Майевский предложили более медленно горящий порох, зерна которого имели форму правильных шестиугольных призм с семью каналами. Вскоре этот порох получил распространение в Австрии, Англии и других странах.

Весьма важное значение имели работы директора Обуховского завода А. А. Колокольцева (1833-1904), предложившего конструкцию орудийных стволов, в которых внутренняя труба вставляется в оболочку (наружную трубу) с зазором, который во время выстрела выбирается, вследствие чего наружная труба участвует в общем сопротивлении разрыву. Такая конструкция ствола позволяла его обновить после износа канала в боевых условиях. Для этого предполагалось в комплекте запасных частей для орудий иметь несколько запасных внутренних труб. Теперь подобная конструкция получила название "ствол со свободным лейнером". Слово "лейнер" происходит от английского слова "lienev", что значит "свободный". В работе В. Швиннинга "Конструкция и материал стволов огнестрельного оружия", изданной в 1937 г. в Германии, дается весьма положительный отзыв о лейнировании орудий.

Передовой характер отечественной артиллерийской науки в ХГХ в. дал возможность России стать на самостоятельный путь конструирования и изготовления стальных нарезных артиллерийских орудий, по своим боевым качествам превосходящих аналогичные орудия заграничных армий. Однако вследствие слабо развитой военной промышленности изготовление их встречало большие трудности, а поэтому некоторые образцы заказывались заграничным фирмам.

Такое нелепое положение продолжалось до Великой Октябрьской революции. Для защиты молодой советской республики в ряды Рабоче-Крестьянской Красной Армии добровольно вступили не только военные специалисты, но также крупные ученые-артиллеристы, которые имели высокие воинские звания старой царской армии. Они сделали это не по принуждению, а по доброй воле, ибо предполагали, что новый государственный строй, устанавливающийся на просторах бывшей Российской империи, обеспечивает русскому народу и другим народам, населяющим ее территорию, самостоятельное политическое и экономическое развитие и гарантирует расцвет науки и культуры.

Первым среди них был крупный ученый-артиллерист В. М. Трофимов (1865-1926). Будучи назначенным председателем Комиссии особых артиллерийских опытов (КОСАРТОП), он сделал очень много по организации и развитию научно-исследовательской работы в области артиллерии, которая за годы первой мировой войны была полностью прекращена.

Профессор Н. Ф. Дроздов (1860-1953), который в годы первой мировой войны работал директором Путиловского завода в Петрограде, написал состоящий из трех томов фундаментальный труд по проектированию орудийных стволов и затворов. На его трудах и при его непосредственном участии, как профессора Артиллерийской академии им. Дзержинского, воспиталась славная плеяда ученых-баллистов и конструкторов-ствольщиков. Помимо упомянутых выше крупных специалистов нельзя не назвать специалиста по проектированию снарядов Е. А. Беркалова; конструктора трубок и взрывателей В. И. Рдултовского (1876-1939); конструктора и специалиста по теории лафетов Ф. Ф. Лендера (1881-1927), крупного специалиста внутренней баллистики И. П. Граве (1874-1959); специалистов по порохам Г. А. Забудского (1854-1930) и А. А. Солонина (1860-1928); знатока по внешней баллистике В. В. Мечникова (1879-1939). Существенный вклад в развитие артиллерии внес В. С. Барановский (1846-1879), который предопределил переход артиллерии от жестких к упругим лафетам. На их научных трудах и под их непосредственным руководством воспитывалось первое послереволюционное поколение русских ученых-артиллеристов и талантливых конструкторов.

Значительную роль в дальнейшем развитии артиллерийской науки сыграло успешное проведение индустриализации страны, в результате чего были созданы все необходимые технические и экономические предпосылки для повышения обороноспособности государства. Теория и практика проектирования артиллерийских стволов, базирующиеся на теоретических работах русских ученых-артиллеристов, за годы индустриализации нашей страны получили самое широкое и всестороннее развитие. Широкое распространение получило лейнирование стволов, значительно улучшилось конструктивное выполнение и технологичность стволов.

Широкое внедрение в практику конструирования получили клиновые полуавтоматические затворы и навинтные казенники.

В 30-х годах XX в. были разработаны новые методы повышения живучести стволов с помощью флегматизаторов зарядов и применения углубленного профиля нарезки.

Наряду с успехами практики конструирования артиллерийских стволов дальнейшее развитие получает и теория их проектирования.

О развитии российской артиллерийской науки и зрелости русских артиллерийских кадров свидетельствуют те первоклассные артиллерийские орудия, при помощи которых воины Советской Армии громили немецко-фашистские орды в годы Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. Благодаря той существенной роли, которую сыграла артиллерия в этой войне, в нашем народе утвердилось похвальное ей слово: "Артиллерия - бог войны".

Предвоенные годы прошлого века (1930-1941) и годы Великой Отечественной войны характеризуются появлением выдающихся

конструкторов и ученых в области артиллерийской техники. Мы будем недалеки от истины, если скажем, что фашизм мы разгромили в основном оружием С. И. Мосина, В. А. Дегтярева, В. Г. Грабина, Б. И. Шавырина, И. П. Иванова, Ф. Ф. Петрова.

Василий Гаврилович Грабин (1899-1980) - разработчик нескольких десятков артиллерийских систем различного назначения, наиболее известными из которых являются ЗИС-2, ЗИС-3, БС-3. Он кавалер четырех орденов Ленина, четырежды лауреат Государственных премий.

Борис Иванович Шавырин (1902-1965) - разработчик минометного вооружения, отлично зарекомендовавшего себя во время Великой Отечественной войны.

Илья Иванович Иванов (1899-1967) участвовал в создании целого ряда артиллерийских орудий, известный ученый-артиллерист, дважды лауреат Государственных премий.

Федор Федорович Петров (1902-1978) - выдающийся конструктор буксируемых, самоходных и танковых артиллерийских орудий. Участвовал в создании 122-мм гаубицы М-30, с честью прошедшей всю войну, автор знаменитой 85-мм пушки Д-44, гаубицы Д-30, гаубицы-пушки Д-20, танковой пушки Д-81 и многих других, в основном определяющих огневую мощь России и до настоящего времени.

Из числа создателей и руководителей коллективов разработчиков артиллерийского вооружения следует назвать М. Я. Крупчатникова, М. Ю. Цирюльникова, Г. И. Сергеева, Ю. Н. Калачникова, В. А. Голубева и др.

Успешные конструктивные разработки во многом определялись передовыми методами расчета и проектирования артиллерийской техники, в развитие которых весомый вклад внесли Б. В. Орлов, А. А. Толочкин, Э. К. Ларман, И. И. Жуков, М. Е. Серебряков, М. С. Горохов, Б. Н. Окунев, А. А. Благонравов, В. Г. Маликов, А. С. Тарицин, А. Д. Поспелов, Е. В. Чурбанов, Л. А. Толоконников, Н. И. Гордиенко, М. А. Мамонтов и др. Основные характеристики некоторых отечественных артиллерийских орудий приведены в Приложении (табл. П. 1).

История развития артиллерии тесно переплетается с историей развития стрелкового оружия, имеется много общего. Все новейшие достижения очень быстро переносились из одной области в другую. Например, попытки автоматизировать пушки привели к созданию автоматического стрелкового оружия, а от него - к автоматическим пушкам.

Появившиеся в XIV в. индивидуальное огнестрельное оружие модернизировалось медленно. Можно отметить такие вехи: применение целика и мушки - XV в.; ударно-кремневый замок, освободивший стрелка от необходимости заботиться о тлеющем фитиле - XVI в.: применение штыка в качестве средства ведения боя - XVII в.; теоретическое обоснование необходимости винтовых нарезов (россиянин Лейтман, англичанин Робине) - XVIII в.

Улучшению тактико-технических свойств стрелкового оружия способствовало применение капсюлей-воспламенителей (англичанин Эгг, 1818 г.). С целью улучшения баллистических свойств пули Дельвинь (Франция, 1830 г.) заменил сильно деформирующуюся шаровую пулю на продолговатую, что дало возможность уменьшить калибр ствола, сохранив ту же массу пули.

Существенным шагом вперед явилось принятие на вооружение ружья Дрейзе (Пруссия, 1840 г.), заряжаемого с казенной части при помощи унитарного патрона ( $d = 15,44$  мм) с бумажной гильзой. Попытки осуществить заряжение с казенной части предпринимались и раньше. Главным препятствием на пути решения этой задачи была проблема герметизации внутренней полости ствола от прорыва пороховых газов через места соединения с подвижной казенной частью.

В игольчатом ружье Дрейзе впервые был применен продольно скользящий затвор. Для заряжания достаточно было поместить патрон на линию досылки, а затем при движении затвора вперед патрон досыпался в патронник. Однако ручная подготовка иглы перед заряжанием и ненадежная обтюрация пороховых газов бумажной гильзой сдерживали повышение скорострельности.

Применение металлической гильзы, являющейся одновременно хорошим обтюратором пороховых газов, устранило главный недостаток игольчатых систем. Гильза имеет закраину, за которую специальным зацепом на затворе она извлекается из патронника при открывании продольно-скользящего затвора. В этой конструкции появляется новый механизм - выбрасыватель (экстрактор). Разрабатываются также отражатели (механизмы, выбрасывающие стрелянную гильзу или патрон после осечки за пределы оружия). Благодаря этим изобретениям заряжение оружия упрощается, а скорострельность увеличивается.

В 1868 г. русскими офицерами Горловым и Гуниусом был разработан 4,2-линейный патрон с металлической гильзой, который и был принят в том же году на вооружение русской армии.

С появлением нарезного стрелкового оружия артиллерийская картечь перестала быть единственным средством борьбы с наступающей пехотой, поскольку дальность огня винтовок превосходила дальность действия картечи. Потребовались новые средства для самообороны артиллерии, которыми стали картечницы (огонь из этого оружия должен был заменить действие картечи).

Во время гражданской войны 1861-1865 гг. в США эффективно применялась шестиствольная картечница Гатлинга. После этого много картечниц калибра до 23 мм (как колесных, так и носимых на руках) появилось во многих странах.

В России в 1873 г. на вооружение была принята картечница конструкции В.С. Барановского, которая имела шесть стволов 4,2-линейного калибра и позволяла разvивать скорострельность до 300 выстрелов в минуту. Картечница Барановского наряду с ранее поступившей в войска десятиствольной картечницей Горлова применялась в русско-турецкой войне 1877-1878 гг.

При разработке картечниц механизмы заряжания получили дальнейшее развитие, во всех картечницах патрон подавался на линию досылки с помощью специальных механизмов, которые приводились в действие от одной рукоятки, как правило, расположенной на вращающемся маховике.

В это же время были сконструированы и системы с прикладными магазинами, патроны в которых располагались один за другим в трубке, помещенной в прикладе. Впоследствии подствольные и прикладные магазины не получили распространения в боевом оружии, так как возникла опасность накола капсюля остроконечной пулевой сзади расположенного патрона.

В 1879 г. оружейник Ли в США предложил винтовку со сменным коробчатым серединным магазином, в котором патроны располагались один над другим, соприкасаясь по образующим гильз. Различные варианты серединных магазинов стали с тех пор основными при проектировании боевого оружия.

Передовые военные специалисты и наиболее талантливые изобретатели-оружейники понимали, что создать скорострельную многозарядную винтовку из однозарядной без существенных переделок невозможно. Уже 80-х годах XIX в. были испытаны различные образцы магазинных винтовок как иностранных, так и русских изобретателей. В частности, была испытана винтовка с реечно-прикладным магазином, сконструированная начальником Тульских оружейных мастерских капитаном С. И. Мосиным. Эта конструкция отличалась большой оригинальностью и была признана заслуживающей предпочтительного внимания.

В 1885 г. одна парижская фирма предложила С. И. Мосину 60000 франков за право использовать его реечно-прикладной магазин во французской винтовке Гра, но русский патриот категорически отверг это предложение.

Существенным толчком к ускорению работ над русской магазинной винтовкой послужило изобретение бездымного пороха, применение которого позволило вдвое увеличить начальную скорость пули без существенного увеличения давления газов в стволе. Траектория пули стала более настильной, меткость стрельбы возросла, резко увеличилась пробивная способность пули. Для сохранения приемлемой силы отдачи при возросшей начальной скорости потребовалось уменьшение веса пули и, следовательно, калибра оружия.

В 1889 г. в России был разработан новый трехлинейный патрон с бездымным порохом, и начато его производство. После испытаний большого количества одно-зарядных и магазинных винтовок комиссия по созданию малокалиберной винтовки, организованная в 1889 г., остановила свой выбор на магазинных системах бельгийца Л. Нагана и капитана С. И. Мосина. Поскольку обе системы имели определенные недостатки, конструкторам было предложено устраниить их. При повторных испытаниях предпочтение было отдано винтовке Мосина, которая при равных эксплуатационных качествах была конструктивно проще и дешевле в изготовлении, чем винтовка Нагана.

В апреле 1891 г. винтовка Мосина была принята на вооружение под названием "трехлинейная винтовка образца 1891 года". Вопреки сложившейся традиции имя изобретателя в официальном названии винтовки отсутствовало.

Винтовка Мосина имела хорошо зарекомендовавший себя простой и надежный скользящий затвор и удобный способ снаряжения магазина из обоймы. Ее конструкция была настолько хорошо продумана и отлажена, что винтовка оставалась на

вооружении русской и Красной Армии более 50 лет, да и сейчас используется в некоторых ведомствах.

Разработка систем оружия, заряжаемого автоматически, началась в ряде стран в середине XIX в. Все они вначале были громоздки, сложны в изготовлении и ненадежны. Первым образцом автоматического оружия, широко распространившимся в разных армиях, был станковый пулемет, сконструированный в 1884 г. американским изобретателем Х. Максимом.

В России на Тульском оружейном заводе громоздкий максимовский лафет был заменен колесным станком Соколова, пулемет получил прицел, были также внесены изменения и в конструкцию отдельных узлов автоматики, что повысило надежность и технологичность пулемета.

Пионером в пропаганде и конструировании автоматического оружия в России явился гвардии капитан В. Г. Федоров, который написал книгу "Автоматическое оружие", изданную в 1907 г.

Другим направлением автоматического оружия стали облегченные (ручные) пулеметы.

Первые ручные пулеметы появились в начале XX в. (пулемет Мадсена 1902 г., пулемет Шоша 1907 г. и др.).

В 1916 г. Федоров представил два образца автоматических винтовок: переконструированную винтовку под 7,62-мм патрон образца 1908 г. и под 6,5-мм японский патрон. Последний образец отличался высокой надежностью и сравнительно малым весом (масса 4,6 кг). В отличие от 7,62-мм образца автоматическая винтовка уменьшенного калибра по предложению известного теоретика оружейного дела Н. М. Филатова была названа автоматом.

В 1926 г. В. А. Дегтярев представил пулемет оригинальной конструкции, который после испытаний и доработки был принят в 1927 г. на вооружение, получив наименование ручного пулемета ДП (Дегтярев-пехотный).

Ручной пулемет ДП был первым отечественным образцом автоматического оружия, успешно выдержавшим все испытания и поступившим на вооружение. Малый вес (масса 8,5 кг) при достаточной емкости дискового магазина (49, а впоследствии 47 патронов) делали его лучшим среди всех ручных пулеметов того времени. На базе ДП были созданы, а затем приняты на вооружение авиационный пулемет Да и танковый пулемет Да, а также спаренная авиационная установка Да-2. Таким образом, впервые была осуществлена идея унификации различных по назначению систем оружия.

В 1936 г. С. Г. Симонову удалось создать удовлетворительную по надежности автоматическую винтовку (АВС), которая и была принята на вооружение Красной Армии. Винтовка имела довольно сложное устройство, емкость магазина составляла 15 патронов.

В 1938 г. завершил многолетнюю работу над автоматической винтовкой Ф. В. Токарев. Самозарядная винтовка Токарева предназначалась для ведения только одиночного огня и имела магазин на 10 патронов. В 1940 г. она была усовершенствована и принята на вооружение Красной Армии.

В 1930 г. на вооружение Красной Армии был принят 7,62-мм пистолет системы ТТ (Токарев, Тула) взамен устаревшего револьвера образца 1895 г. Пистолет обладал повышенной по сравнению с револьвером скорострельностью, быстрее и лег-

че перезаряжался, обладал большей мощностью и имел некоторые другие преимущества.

Опыт советско-финской войны 1939-1940 гг. доказал высокую эффективность применения пистолета-пулемета при использовании его в бою на ближних дистанциях (до 200 м). С этого времени армии всех стран принимают на вооружение различные конструкции пистолетов-пулеметов.

В 1939 г. был принят на вооружение пистолет-пулемет Дегтярева, модернизированный на основании опыта использования в советско-финской войне, после чего он стал именоваться пистолетом-пулеметом образца 1940 г. Вместо коробчатого магазина на 25 патронов к нему был разработан барабанный магазин на 71 патрон.

К 1941 г. вместо сложного в производстве пистолета-пулемета Дегтярева началось производство более простого в изготовлении благодаря использованию штампованных конструкций пистолета-пулемета Г. С. Шпагина (сконструирован в 1941 г.).

Идея применения штампосварных конструкций в оружии нашла дальнейшее развитие в пистолете-пулемете системы А. И. Судаева, который отличался легкостью и компактностью, кроме того, на его изготовление затрачивалось в три раза меньше станко-часов, чем на производство пистолета-пулемета Шпагина. Производство пистолета-пулемета Судаева началось в 1943 г.

Во время второй мировой войны основным видом стрелкового оружия было автоматическое. Накопился огромный опыт его использования в бою, выявились преимущества и недостатки как отдельных видов автоматического оружия, так и его разнообразных конструктивных схем.

Легкие и компактные, обеспечивающие высокую плотность огня, пистолеты-пулеметы в ходе войны постепенно превращались в основное оружие пехоты. Однако проявился и основной недостаток автоматов под пистолетный патрон - малая дальность действительного огня, не превосходящая 200 м.

Еще в 1913 г. наш талантливый соотечественник В. Г. Федоров начал проектировать автоматы под 6,5-мм патрон. В условиях малого насыщения армий артиллерией и минометами к огню пехоты в то время предъявлялись повышенные требования по дальности, и предложение об уменьшении энергии патрона не было принято. С насыщением армий минометами требования к дальности действительного огня пехоты сократились до 600 м, что способствовало появлению специального автоматического патрона, получившего название *промежуточного* (что академик А. А. Благонравов считал неправильным).

Первооружение армий стрелковым оружием после второй мировой войны характеризовалось следующими особенностями:

снижением требований по дальности действительного огня пехоты, что обусловлено развитием минометного вооружения;

необходимостью полной автоматизации оружия пехоты;

развитием идей унификации оружия различного назначения.

В США, навязывающих свои взгляды на оружие партнерам по агрессивному блоку НАТО, было принято решение всю систему автоматического стрелкового оружия разрабатывать под вновь спроектированный 7,62-мм винтовочный патрон M80 с несколько уменьшенной начальной скоростью по сравнению с патроном типа "Винчестер" M2. Этот патрон был утвержден в 1953 г. как единый патрон НАТО.

Под единый патрон НАТО была спроектирована унифицированная система оружия, состоящая из автоматической винтовки M14 и единого пулемета M60. Вариант винтовки с утяжеленным стволов и сошками под индексом M14E2 предназначался в качестве ручного пулемета.

В СССР в 1947 г. на вооружение поступил автомат Калашникова, получивший индекс АК-47. Этот автомат при необходимости мог переводиться на одиночный огонь, то есть выполнять функции карабина. Позднее автомат был модернизирован: благодаря применению штампосварных конструкций его масса была снижена с 3,5 до 3,1 кг, введен надульник-компенсатор для увеличения устойчивости автомата при стрельбе очередями и другие изменения. С принятием АКМ на вооружение Советская Армия получила мощное, надежное и легкое индивидуальное автоматическое оружие. Благодаря правильно выбранной дульной энергии патрона для массового оружия пехоты Советский Союз почти на два десятилетия опередил капиталистические страны с перевооружением автоматическим оружием.

Высокие боевые и эксплуатационные качества АКМ способствовали появлению в ряде зарубежных армий оружия аналогичного типа. Финская 7,62-мм автоматическая винтовка является практически точной копией АКМ, а современная израильская 5,56-мм автоматическая винтовка "Галил" отличается от АКМ помимо калибра только наличием сошек.

На базе патрона образца 1943 г. был спроектирован и принят на вооружение ручной пулемет Дегтярева (РПД). Позднее в целях унификации различных образцов оружия он был заменен ручным пулеметом Калашникова (РПК), который отличается от АКМ более длинным и тяжелым стволов, наличием сошек и магазинов двух типов (коробчатый на 40 патронов и барабанный на 75 патронов).

Для уничтожения важных одиночных целей противника на вооружение была принята 7,62-мм самозарядная винтовка Драгунова (СВД) с оптическим прицелом, обеспечивающим меткий выстрел на дальности до 1300 м.

В 1964 г. на вооружение был принят единый пулемет Калашникова массой 9 кг. Несколько позднее к нему был спроектирован легкий треножный станок Степанова (масса 7,7 кг), а пулемет Горюнова был снят с производства. Для вооружения танков и бронетранспортеров был спроектирован танковый вариант пулемета Калашникова (ПКТ).

К концу войны С. В. Владимировым был спроектирован крупнокалиберный пулемет под 14,5-мм патрон. Этот пулемет в настоящее время находится на вооружении как зенитное средство в спаренных и счетверенных установках для борьбы с низколетящими самолетами.

В 1970 г. на вооружение армии США был принят подствольный гранатомет М203, монтируемый под стволом винтовки М16. В настоящее время разрабатываются и станковые автоматические гранатометы.

В 1973 г. на вооружение Советской Армии принят станковый автоматический противопехотный 30-мм гранатомет АГС-17.

Идея автоматизации оружия пехоты базировалась на стремлении компенсировать его плохую меткость высокой плотностью огня (в результате автоматизации меткость снижается из-за значительного рассеивания пуль при стрельбе очередями). Вероятность попадания в цель при каждом отдельном выстреле оказалась ничтожно малой. По подсчетам американских специалистов, в современном бою на один эф-

фективный выстрел приходится до 10000 израсходованных патронов. Одним из основных направлений в работе современных оружейников является увеличение вероятности попадания при каждом отдельном выстреле или стрельбе короткими очередями.

Переход на оружие малого калибра (в странах НАТО калибр автоматов уменьшен до 5,56 мм, в СССР - до 5,45 мм) связан, прежде всего, со стремлением сохранить большую дальность при уменьшенной силе отдачи, поскольку увеличение дальности прямого выстрела способствует улучшению меткости стрельбы. Увеличение скорости полета пули, получающееся при этом, и, следовательно, уменьшение времени ее движения до цели увеличивают вероятность поражения движущихся целей.

Стремление повысить кучность стрельбы из автомата и эффективность поражения целей первыми выстрелами привело к идею применения отката ствола с коробкой при одновременном увеличении темпа стрельбы, а также отсечки очереди в два-три выстрела. Иногда эта схема автоматики называется лафетной. По такой же схеме создан и в 1994 году принят на вооружение автомат конструкции ижевского инженера Г. И. Никонова АН-94.

Развитие различных родов войск в XX в. поставило задачу обеспечения их артиллерийским и автоматическим оружием.

Первыми отечественными танковыми пушками можно с некоторой натяжкой считать 76-мм противотурмовые пушки образца 1910 г., установленные в 1915 г. на 30 тяжелых бронеавтомобилях типа "Гарфорд".

Тело орудия было одинаково с 76-мм горной пушкой образца 1909 г., но имело более худшую баллистику.

Первые танки появились в Красной Армии в конце 1919 - начале 1920 гг. Все они были трофеями, захваченными у неприятеля. Большинство этих танков составляли английские "ромбы", которые вооружались короткоствольной 57-мм пушкой Гочкиса. Пушка имела клиновой затвор, открывание и закрывание его производилось вручную. Она устанавливалась сбоку в спонсоне танка на вертлюжной установке. Танки вооружались также и 37-мм пушкой Гочкиса.

37-мм французская танковая пушка Гочкиса представляла собой несколько измененный вариант морской пушки, принятой на вооружение еще в начале 80-х годов XIX в. Пушка имела гидравлический тормоз отката и пружинный накатник.

Этой пушкой был вооружен и первый советский танк, вышедший из ворот Сормовского завода 31 августа 1920 г. и получивший название "Борец за свободу тов. Ленин", а также ряд других отечественных танков типа ТМС-1, Т-26, принятых на вооружение в 1925-1930 гг.

В 1925-1930 гг. было разработано несколько отечественных проектов 37-и 45-мм танковых пушек, некоторые из которых дошли до стадии полигонных испытаний опытных образцов.

Следует отметить, что в те годы при проектировании всех отечественных танковых пушек за основу бралась какая-либо полевая пушка-аналог, танковая пушка могла иметь иной казенник, противооткатные устройства, подъемный механизм, но внутреннее устройство ствола, баллистика и боеприпасы всегда были идентичны пушке-аналогу.

В конце 1931 года конструкторы завода № 8 спроектировали установку 19К в

танк, которая получила название "45-мм танковая пушка образца 1932 г." и заводской индекс 20К. Эта танковая пушка (впоследствии знаменитая "сорохапятка") имела ряд преимуществ. Несколько увеличилась бронепробиваемость, резко возросла (с 0,645 кг до 2,15 кг) масса осколочного снаряда и масса взрывчатого вещества в снаряде (с 22 г до 118 г). Наконец, была увеличена скорострельность за счет введения вертикального клинового полуавтоматического затвора.

В 1938 г. на часть танков Т-26 и БТ-7 начали устанавливать прицел "ТОС" со стабилизацией линии прицеливания в вертикальной плоскости для 45-мм пушек образца 1938 г. с электроспуском. Стабилизация осуществлялась с помощью гирокопа, подвешенного в головной части прицела в кожухе.

В 1936 г. в Военной электротехнической академии РККА по проекту инженера Рождественского был изготовлен опытный образец механизма автоматической подачи к 45-мм танковым пушкам.

В 1936 г. в КБ Кировского завода под руководством Маханова была спроектирована 76-мм танковая пушка Л-10. Пушка имела вертикальный клиновой полуавтоматический затвор с устройством для отключения полуавтоматики, поскольку ГБТУ в 1936-1938 гг. утверждало, что полуавтоматики в танковых пушках быть не должно (из-за загазованности башни). Принципиальным отличием пушек Маханова были оригинальные противооткатные устройства, в которых жидкость компрессора непосредственно сообщалась с воздухом накатника. Пушка Л-10 была принята на вооружение под названием "76-мм ТП образца 1938 г.". Она устанавливалась на танках типа Т-28 и на бронепоездах.

В 1938 г. Грабин сделал новую 76-мм пушку Ф-32, она устанавливалась в серийных танках Т-34 и КВ-1.

В 1938 г. руководство РККА утвердило новые тактико-технические требования на танковые пушки. Естественно, что обратились опять к Маханову и Грабину, которые попросту удлинили свои пушки. Модернизированная Л-11 получила индекс Л-15, а Ф-32 - индекс Ф-34. Ф-34 устанавливалась в серийных танках Т-34, бронепоездах и бронекатерах. Кроме того, пушкой Ф-34 был вооружен опытный танк КВ-3.

Специально для танка КВ-1 Грабиным была создана модификация Ф-34, получившая заводской индекс ЗИС-5 и принятая на вооружение под названием "76-мм танковая пушка образца 1941 г.". ЗИС-5 отличалась от Ф-34 конструкцией люльки, устройством и креплением блокировки, а также рядом мелких деталей. Всего было изготовлено 3577 пушек ЗИС-5. В 1942 году Грабиным была разработана пушка ЗИС-96, представляющая собой установку ЗИС-5 в башне танка "Матильда".

В первые годы войны танковые пушки Л-11, Ф-32, Ф-34 и ЗИС-5 легко пробивали броню всех германских танков и превосходили по своим баллистическим качествам немецкие 75-мм и 50-мм танковые орудия. В 1943 г. картина изменилась - броня основных немецких танков "пантера" и "тигр" значительно увеличилась. Отечественные танковые пушки оказались малоэффективными в борьбе с ними. В целях экономии времени за основу было решено взять пушку, уже находящуюся в серийном производстве. Ею стала 85-мм зенитная пушка образца 1939 г.

Работы над 85-мм танковой пушкой Д-5 начались в январе 1943 г. под руководством Петрова. Пушка Д-5 выпускалась в двух вариантах: танковом Д-5Т и самоходном Д-5С (иногда их называли Д-5С-85). В 1943 г. пушками Д-5Т вооружались тяжелые танки КВ-85 и ИС-85 (ИС-1). В ходе эксплуатации выпускались и другие

модификации 85-мм пушки. Но она была предельной по мощности для Т-34, но слабовата для танков ИС. Поэтому Петровым была спроектирована 122-мм пушка, получившая индекс Д-25Т. Она имела клиновой затвор с полуавтоматикой механического типа и дульный тормоз. Заряжение - раздельно-гильзовое.

Анализ показывает, что отечественные пушки периода 40-50-х годов были сильнейшими в мире. Так, спроектированные в конце войны 100-мм пушка Д-10Т и 122-мм пушка Д-25Т пробивали броню любого иностранного танка до середины 60-х годов, а их конструктивные схемы были взяты за основу при создании современных отечественных танковых орудий.

Стремительное развитие авиации в 30-х годах потребовало разработки системы вооружения самолетов с высоким темпом стрельбы при минимальном весе образцов. В дальнейшем с увеличением броневой защиты самолетов актуальной стала задача увеличения мощности снаряда.

Первые образцы для вооружения самолетов выполнялись путем переделки пехотного оружия. В середине 20-х годов на базе пулемета Дегтярева (ДП) создается спаренная авиационная установка ДА-2. В 1932 г. на вооружение поступил скорострельный авиационный пулемет ШКАС (Шпитальный, Комарицкий, авиационный, скорострельный) с темпом стрельбы 1800 выстрелов в минуту при специально для него разработанном патроне. Вслед за ним был разработан и авиационный пулемет УльтраШКАС с темпом стрельбы 3000 выстрелов в минуту. Со временем пулеметы ШКАС, имеющие маломощный патрон калибра 7,62 мм, перестали удовлетворять таким требованиям, как поражение самолетов противника, и произошел переход на более мощные патроны.

В конце 30-х годов Б. Г. Шпитальным и С. В. Владимировым был разработан авиационный пулемет ШВАК калибром 12,7 мм и темпом стрельбы 700...750 выстрелов в минуту. Пулемет был сконструирован таким образом, что при замене ствола превращался в 20-мм автоматическую пушку.

Несколько позже М. Е. Березиным разработан 12,7-мм авиационный пулемет УБ (универсальный, Березина), конструкция которого отличалась простотой, малым весом и габаритами и обеспечивала высокую надежность.

В 1941 г. принимается на вооружение пушка ВЯ-23 (Волков, Ярцев) с мощным патроном калибра 23 мм. Пушка сыграла значительную роль в повышении огневой мощи самолетов, но оказалась тяжелой (66 кг) и в 1944 г. была заменена более легкой НС-23 (36,6 кг, А. Э. Нудельман, А. С. Суранов), где использовался более компактный маломощный патрон.

К 1943 г. ставится на вооружение мощная 37-мм авиационная пушка НС-37, к концу войны она модернизируется и получает индекс НС-37М.

Успешное использование в воздушных боях пушки НС-37 привело к мысли о целесообразности создания еще более крупнокалиберных пушек. В 1943 г. Государственным Комитетом Обороны было принято решение о разработке мощных авиапушек калибров 45, 57 и 76 мм. Одна из пушек НС-45 была создана на базе НС-37. Пушка была принята на вооружение и участвовала в военных действиях на завершающем этапе войны. В 1946 г. была принята на вооружение пушка Н-57 (А. Э. Нудельман, Г. А. Жирных), которая устанавливалась на самолетах МИГ-9 и была первой и единственной авиационной пушкой столь крупного калибра. В дальнейшем нашла применение пушка Н-37.

В ходе войны проводились интенсивные работы и по созданию новых пушек меньшего калибра. В 1944 г. в тульском КБ была разработана авиапушка Б-20 конструкции М. Е. Березина. Она заменила собой пушку ШВАК и при тех же данных по скорострельности и баллистической мощности была почти вдвое меньше по весу. Устройство Б-20 аналогично устройству пулемета УБ.

В 1949 г. на вооружение была принята новая легкая пушка НР-23 калибром 23 мм под патрон НС-23. Конструкторы А. Э. Нудельман, А. А. Рихтер смогли получить высокие характеристики при небольшом весе образца, а также была получена возможность осуществлять подачу патронов в ленте как с одной, так и с другой стороны, что облегчало установку пушки на самолеты.

К концу 40-х годов широкое развитие получили вертолеты. Для их вооружения создается крупнокалиберный пулемет А-12,7 (Н. А. Афанасьев) принятый на вооружение в 1952 г.

В начале 50-х годов была поставлена задача резкого увеличения скорострельности при уменьшении габаритов оружия. Используя удачную схему ускорительного механизма, разработанную Н. А. Афанасьевым, в тульском КБ конструкторы Н. А. Афанасьев, Н. Ф. Макаров разрабатывают 23-мм пушку АМ-23, которая станет основным орудием бомбардировщиков. Патрон пушки АМ получен модернизацией патрона НС-23 мм путем увеличения порохового заряда, введением флегматизаторов и некоторыми изменениями в снаряде. Этот патрон стоит на вооружении и сейчас.

Под патрон ВЯ-23 по той же схеме в 1960 г. был принят на вооружение в составе буксируемой спаренной зенитной установки ЗУ-23 зенитный автомат 2А-14 конструкции Афанасьева и Якушева. Те же авторы разрабатывают подобный зенитный автомат с жидкостным охлаждением, который в 1962 г. становится на вооружение под индексом 2А-7 в составе самоходной счетверенной установки ЗСУ-23-4 "Шилка". Эти зенитные установки стоят на вооружении более двадцати восьми иностранных государств.

К середине 50-х годов было доказано, что для истребителя оптимальным является калибр 30 мм (вместо калибров 23 и 37 мм, стоявших на вооружении). В 1955 г. на вооружение принимается пушка НР-30 (А. Э. Нудельман, А. А. Рихтер), и она становится основным оружием истребителей, которое выпускалось в течение 33 лет.

В конце 50-х годов разрабатывается авиационная пушка Р-23 с темпом стрельбы 2500 выстрелов в минуту. Это достигалось оригинальной системой автоматики и использованием патрона необычной формы с обратной конусностью. Пушка револьверного типа с досыланием патрона движением назад, с незначительными поступательными перемещениями подвижных частей. Однако наличие высокого темпа стрельбы приводило к быстрому выходу ствола из строя и разгару места стыка ствола и барабана.

Система отечественных и зарубежных малокалиберных автоматических пушек (МАП) дана в Приложении (табл. П. 2). В 1965 г. на вооружение ставится двухствольная пушка ГШ-23 (В. П. Грязев, А. Г. Шипунов, калибр 23 мм) с темпом стрельбы около 3000 выстрелов в минуту. Образец оказался настолько удачным, что стоит на вооружении до настоящего времени и используется в более чем сорока странах мира.

В 1974 г. ставится на вооружение первая советская многоствольная пушка ГШ-6-23. Имея 6 стволов и темп около 10000 выстрелов в минуту, она явилась мощным огневым средством авиации.

В середине 70-х годов на вооружение становится новый 30-мм патрон с хорошей энергетикой и баллистикой, который получает наименование АО-18, и под него проектируются все последующие образцы МАП.

В 1975 г. на вооружение становятся две многоствольные 30-мм пушки конструкции Грязева-Шипунова с одинаковой схемой автоматики: авиационная ГШ-6-30 с темпом стрельбы 6000 выстрелов в минуту и зенитная (для ВМФ) ГШ-6-ЗОК с системой проточного водяного охлаждения.

Модифицированный патрон АО-18 с капсюлем ударного действия (2А42) нашел применение в сухопутных МАП. Под него в 1980 г. была спроектирована пушка 2А42, являющаяся основным огневым средством БМП-2. В ней выполнено селективное питание и реализовано три режима стрельбы (одиночным, малым и высоким темпом). Калибр 30 мм не пробивает броню современного танка, но при попадании выводит из строя системы управления, оптику и т. п.

А в 1987 г. на вооружение Российской Армии поступает более совершенная БМП-3 с 30-мм пушкой 2А72, которая имеет автоматику с длинным ходом ствола и невысокий темп стрельбы.

В 1984 г. на вооружение авиации принимается одноствольная пушка ГШ-301 с темпом стрельбы 1600 выстрелов в минуту и калибром 30 мм. Ее отличительная особенность в малом весе (менее 50 кг) и оригинальной схеме автоматики.

Совершенствование авиационных пушек приводит к постановке на вооружение в 1984 г. двухствольной 30-мм пушки ГШ-30, близкой по типу автоматики к ГШ-23, с темпом стрельбы 3000 выстрелов в мин. В 1987 г. она модернизируется (удлиняются стволы) и под индексом ГШ-30К используется для оснащения вертолетов, а также ставится на комплекс "Тунгуска" с водоиспарительной системой охлаждения и датчиком фактических значений дульной скорости снарядов под индексом 2А38.

В настоящее время, по существу, все российское вооружение МАП представлено разработками Шипунова и Грязева, по своим характеристикам оно превосходит аналогичные зарубежные образцы. Такой выдающийся результат стал возможен благодаря системному подходу к разработкам МАП, когда одновременно на более высоком техническом уровне решаются задачи по всем частям комплекса "боеприпас - оружие - установка - система прицеливания".

К малокалиберным автоматическим пушкам на Западе, как правило, относят образцы калибра 20..40 мм.

На Западе МАП разрабатываются и изготавливаются в ведущих странах мира: США, Германии, Англии, Швеции, Швейцарии, Франции и Италии.

Современные зарубежные МАП по конструктивным принципам можно разделить на два больших класса:

1. Пушки с автоматикой, работающей от внутреннего привода (энергия пороха).

2. Пушки, работа автоматики которых основана на использовании энергии от внешнего привода.

Значительное влияние на всю систему малокалиберного пушечного вооруже-

ния Запада оказала 20-мм шестиствольная пушка М-61 "Вулкан", разработанная фирмой "Дженерал электрик" и построенная по схеме Рихарда Гатлинга, который в 1862 г. разработал и запатентовал многоствольную картечницу, основным узлом которой являлся блок вращающихся стволов. В такой конструкции достигался высокий темп стрельбы за счет полного совмещения отдельных операций перезаряжания и производства выстрела. Пушка применялась с различными типами внешних приводов (электрический, гидравлический, воздушная турбина), а также с автономным газоотводным двигателем.

В настоящее время в странах НАТО имеется значительная номенклатура боеприпасов, большое разнообразие конструктивных решений, использование различных типов приводов автоматики и малая степень унификации по узлам и деталям (в США шесть типов боеприпасов и полтора десятка типов пушек, у которых от одного до семи стволов).

## 1.2. СОВРЕМЕННЫЕ АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Артиллерийское оружие - основное средство огневого поражения противника в современном бою. Оно представляет из себя совокупность артиллерийских комплексов: ствольных и реактивных.

### 1.2.1. Ствольные артиллерийские комплексы

*Буксируемый артиллерийский комплекс* (рис. 1.1) состоит из орудия, тягача, боекомплектов, расположенных на тягаче и относительно несложных прицельных устройств. Средством транспортировки могут служить автомобили и тракторы общего назначения. Буксируемые орудия, предназначенные для стрельбы прямой наводкой по танкам и другим бронированным целям, относят к противотанковым орудиям. Обладая высокой огневой мощностью, буксируемые артиллерийские комплексы имеют сравнительно малый вес и невысокую стоимость.

К буксируемым орудиям относят также минометы и безоткатные орудия, которые, благодаря специфике устройства и принципу работы, имеют наименьший вес по сравнению с другими артиллерийскими орудиями.

*Самодвижущийся артиллерийский комплекс* в отличие от буксируемого дополнительно снабжается двигателем, обеспечивающим самостоятельное передвижение орудия на небольшие расстояния на местности, тем самым повышая подвижность комплекса.

*Танковый артиллерийский комплекс* (рис. 1.2) представляет собой мощную высокоэффективную пушку, установленную на гусеничной машине высокой подвижности и проходимости, комплекта боеприпасов, автомата заряжания и приборов управления стрельбой. Оптимальное сочетание трех важнейших факторов, а именно: мощного вооружения, надежной защиты и высокой скорости передвижения определяют понятие "*танк*". Начальные скорости снарядов современных танковых пушек превышают 1800 м/с, а дальность прямого выстрела составляет 2,5 км и более. Толщина лобовой брони достигает 800 мм и более. Максимальная скорость передвижения - до 70 км/ч.

Основной вид ведения огня из танка - стрельба с ходу прямой наводкой по

принципу "увидел - попал".

Ствол в танке стабилизируется, чтобы исключить влияние колебания корпуса танка на точность стрельбы. Для увеличения прицельной скорострельности современные танки имеют автоматы заряжания. Для удаления пороховых газов из боевого отделения предусматриваются специальные устройства для продувки канала ствола, так называемые эжекторы. Дальнейшее развитие танкового вооружения связано с обеспечением требований повышенной защиты, взрыво- и противопожарной безопасности, а также совершенствованием системы управления огнем и созданием смешанного ствольно-ракетного вооружения.

*Самоходный артиллерийский комплекс* (рис. 1.3) представляет собой артиллерийское орудие с боекомплектом, приборы управления стрельбой (ПУС) и самоходный лафет. Последний включает в себя несущий корпус, силовую установку с двигателем и ходовую часть (колесного или гусеничного типа). Самоходные артиллерийские орудия (САО) меньшей мощности имеют броневую защиту.

При одной и той же массе САО значительно мощнее танка по вооружению, но уступают ему по толщине брони, а также по подвижности и проходимости. На САО могут устанавливаться пушки, гаубицы, противотанковые, зенитные и безоткатные орудия, а также минометы.

*Зенитный артиллерийский комплекс* (рис. 1.4) - высокоэффективная техническая система, в которой все операции, начиная с поиска цели, ее сопровождение и поражение осуществляются, как правило, автоматически. Современные зенитные артиллерийские комплексы применяют для поражения самолетов, ракет и вертолетов на малых высотах (до 3-5 км). Для высоколетящих целей (более 5 км) используются зенитные управляемые ракеты. Зенитные комплексы могут устанавливаться на различных носителях: кораблях, самоходных установках, бронетранспортерах и т. п.

В последние десятилетия на САО и кораблях широкое распространение имеют смешанные ствольно-ракетные комплексы, обеспечивающие эффективную стрельбу, как по низколетящим, так и по высоколетящим целям. К представителям такого типа комплексов можно отнести сухопутный артиллерийский "Тунгуска" и корабельный "Кортик".

*Корабельный артиллерийский комплекс* (рис. 1.5) устанавливают на кораблях, как правило, в сочетании с ракетным оружием. Артиллерийский комплекс может включать в себя орудия главного калибра, зенитные или универсальные - зенитно-противоторпедные. Артиллерия калибром до 100 мм устанавливается на кораблях малого водоизмещения - катерах, тральщиках и противолодочных судах, а калибром 130 мм и более на кораблях большого водоизмещения - авианосцах, крейсерах и эскадренных миноносцах.

Современные корабельные артиллерийские орудия, как правило, башенного типа с броневой защитой, чем обеспечивается неуязвимость механизмов, приборов и личного состава. В башенных установках боевое отделение, система подачи боеприпасов и погреба их хранения составляют единое целое.

Процессы заряжания и производства выстрела полностью автоматизированы. Повышение скорострельности в зенитных установках малого калибра (20-40 мм) обеспечивается увеличением количества стволов на установку. Для управления стрельбой применяется автоматизированная система управления стрельбой.

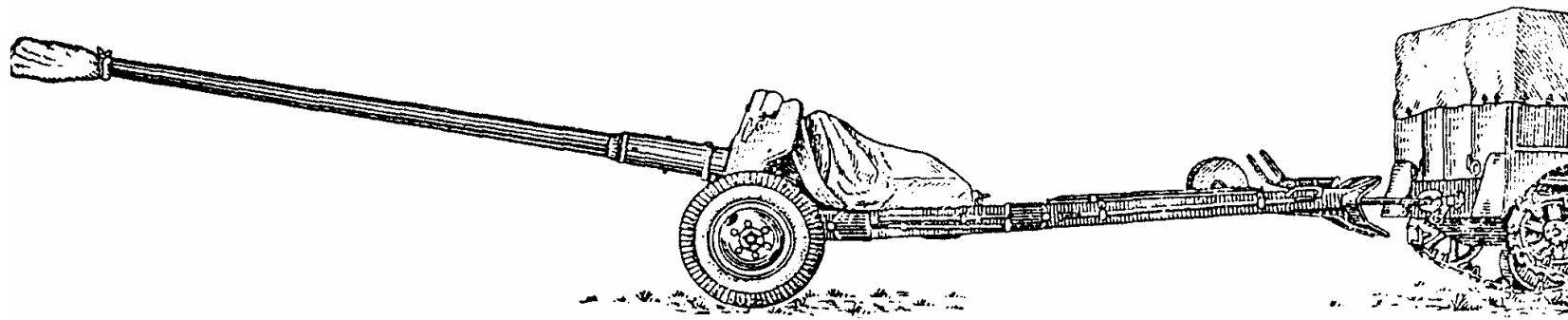


Рис. 1.1. Противотанковая 85-мм пушка Д-48 на походе

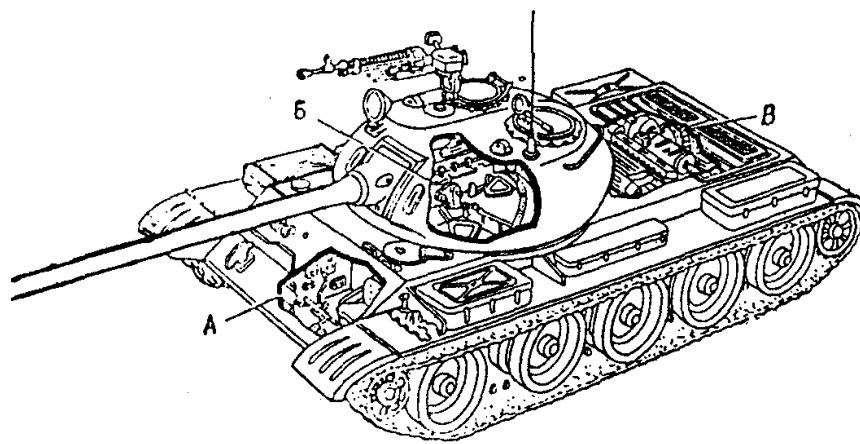


Рис. 1.2. Общая компоновочная схема танка:  
А – отделение управления; Б – боевое отделение; В – моторно-трансмиссионное отделение

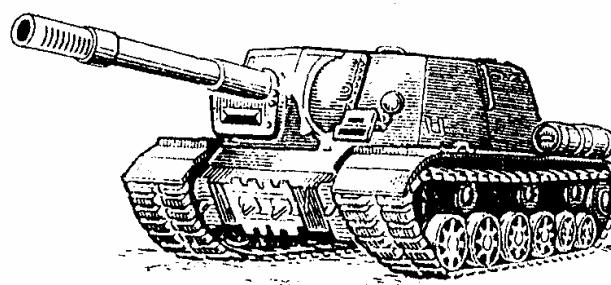


Рис. 1.3. Самоходное артиллерийское орудие

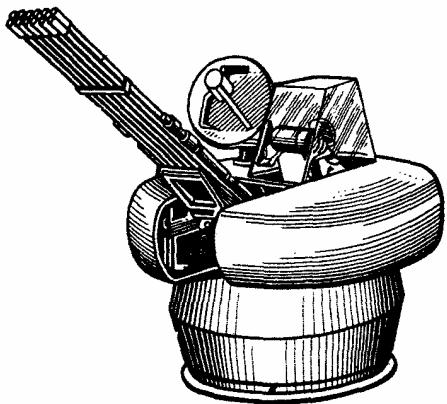


Рис. 1.6. Мобильный береговой артиллерийский комплекс.

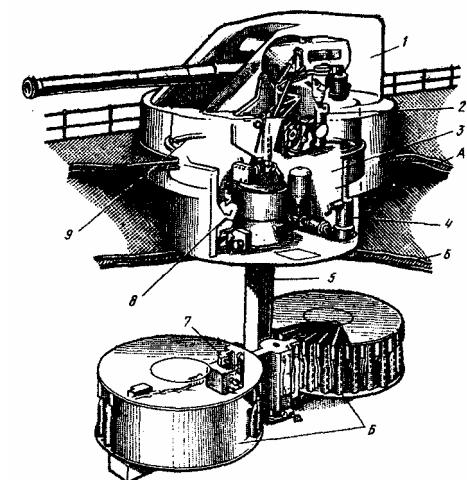


Рис. 1.5. Компоновочная схема башенной автоматической установки с барабанной подачей боеприпасов: 1 - боевое отделение; 2 - механизм вертикальной наводки; 3 - подбашенное отделение; 4 - механизм горизонтальной наводки; 5 - подающая труба; 6 - барабаны с боеприпасами; 7 - привод барабанов; 8 - пульт управления.



*Береговые артиллерийские комплексы* (рис. 1.6) предназначены для обороны важных участков побережья и островов от нападения противника с моря. Они могут быть стационарными и подвижными. Калибр их орудий составляет 130 мм и более.

*Авиационные артиллерийские комплексы*, предназначенные, в основном, для стрельбы по воздушным целям, представляют собой автоматы калибром до 30 мм,

обладающие высокой скорострельностью.

### 1.2.2. Реактивные артиллерийские комплексы

*Реактивные артиллерийские комплексы залпового огня* (рис. 1.7) предназначены для нанесения в короткое время массированного огня по площади. Реактивный комплекс включает в себя боевую машину с пакетом направляющих в виде рельсов желобкового типа или труб, комплект реактивных снарядов (РС) и простейшие прицельные устройства. РС при транспортировке крепятся на направляющих. При стрельбе эти направляющие обеспечивают необходимое направление движения РС. Твердотопливный двигатель располагается на самом РС. Стабилизатор, как правило, выполняется в виде хвостового оперения. По конструктивному исполнению реактивные комплексы залпового огня, обладая высокой подвижностью и скорострельностью, значительно проще артиллерийских орудий. По своему назначению они могут наземными, авиационными и морскими. По дальности стрельбы эти реактивные комплексы делят на комплексы средней дальности (до 15 км) и дальнобойные (свыше 15 км). РС могут быть управляемыми (УРС) и неуправляемыми (НРС).

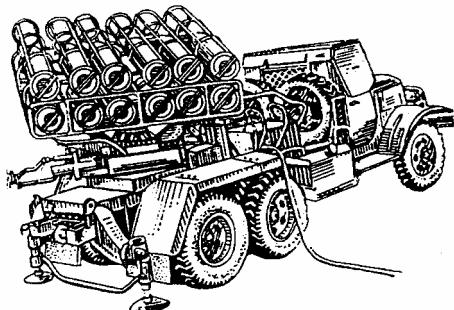


Рис. 1.7. Реактивный артиллерийский комплекс залпового огня.

*Противотанковый реактивный комплекс (ПТРК)* предназначен для поражения танков и бронемашин. ПТРК включает в себя пусковое устройство, противотанковую управляемую ракету и систему управления пуском и полетом ракеты. Дальность стрельбы достигает 6000 м и более. Наблюдение за целью и летящей ракетой осуществляется оператором с помощью оптических, лазерных или телевизионных устройств визирования. Оператор с помощью системы управления может изменять направление полета ракеты, наводя ее на цель.

*Пусковые устройства для запуска ПТР* могут быть носимыми или устанавливаемыми на самоходные установки или вертолеты.

По типу системы управления наиболее перспективны ПТРК с автоматическим управлением, реализующим принцип "выстрелил-забыл".

## 1.3. СТРУКТУРА, ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО СТВОЛЬНОГО ОРУДИЯ

### 1.3.1. Общее устройство орудия

*Артиллерийское орудие* - мощная тепловая машина, предназначенная для метания снарядов в определенном направлении и с требуемой начальной скоростью поступательного и вращательного движения. Вращение снаряда относительно своей

продольной оси обеспечивает устойчивое движение (не кувыркаясь) вперед головной частью на всей траектории полета. Преобразование химической энергии порохового заряда в кинетическую энергию движения снаряда происходит непосредственно в стволе орудия. В зависимости от назначения и типа орудия его устройство и внешний вид, устройство отдельных механизмов и агрегатов разнообразны. Однако, несмотря на различия, все ствольные орудия с откатом ствola устроены по единому принципу. В самом общем случае орудие (рис. 1.8) состоит из следующих основных частей:

откатные части, включающие в себя ствол, казенник, затвор, дульный тормоз и подвижные элементы противооткатных устройств (ПОУ);

качающаяся часть; в нее входят откатные части, люлька и расположенные на люльке механизм заряжания и прицельные приспособления;

вращающаяся часть, включающая в себя качающуюся часть, а также уравновешивающий механизм, верхний станок, подъемный механизм и элементы поворотного механизма;

нижний станок или неподвижное основание с ходовой частью и подрессориванием, выравнивающими и горизонтирующими устройствами, механизмом стабилизации.

В зависимости от типа орудия отдельные части и механизмы могут отсутствовать или заменяться другими.

*Ствол с казенником и затвором* составляет основную и характерную часть артиллерийского орудия. Ствол представляет собой толстостенную трубу, надежно запираемую затвором с казенной (задней) части. В казенной части ствола располагается камора, в которой размещается пороховой заряд и запоясковая часть снаряда. Внутренняя поверхность трубы называется каналом ствола. В результате практически мгновенного сгорания порохового заряда в замкнутом объеме, образуемом дном снаряда внутренней поверхностью ствола и дном затвора, давление пороховых газов достигает 400 мПа и более, а температура свыше 3000 К. Эти газы, воздействуя на снаряд и затвор, сообщают снаряду и стволу поступательные движения в противоположные направления. Время движения снаряда по каналу ствола (время выстрела) составляет сотые доли секунды.

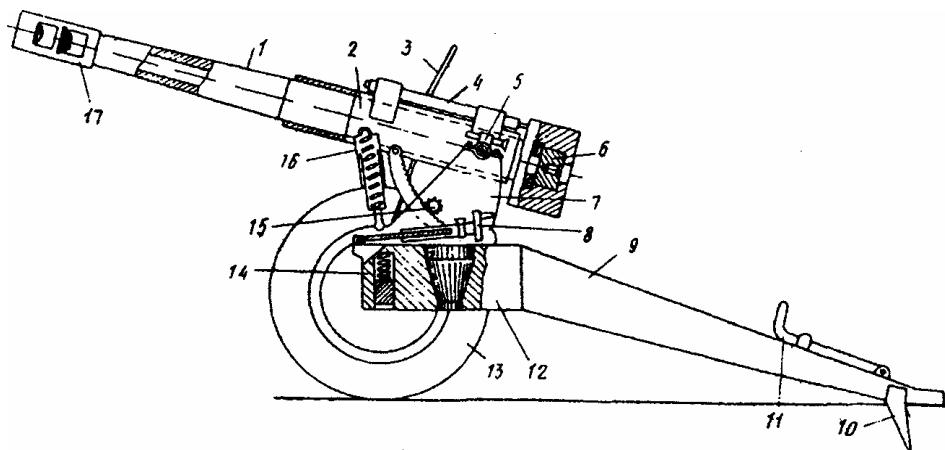


Рис. 1.8. Схема устройства артиллерийского орудия:

1 - ствол; 2 - люлька; 3 - щит; 4 - противооткатные устройства; 5 - прицел; 6 - затвор; 7 - верхний станок; 8 - поворотный механизм; 9 - станины; 10 - сошник; 11 - правило; 12 - нижний станок; 13 - ходовая часть; 14 - механизм подрессорирования; 15 - подъемный механизм; 16 - уравновешивающий механизм; 17 - дульный тормоз.

*Казенник*, как правило, отдельная часть ствола, в которой размещается и перемещается основная запирающая деталь затвора - клин или поршень. Кроме запирания канала ствола механизмы затвора осуществляют производство выстрела и выбрасывание стреляной гильзы.

Для уменьшения действия силы отдачи во многих орудиях применяют дульный тормоз, который обычно навинчивается на дульную (переднюю) часть ствола. Дульный тормоз, после того, как снаряд покинул ствол, препятствует свободному истечению пороховых газов из ствола вслед за снарядом, а значительную часть их отводит в стороны, тем самым существенно уменьшая энергию откатных частей. Этому способствует и реактивная сила, созданная в некоторых дульных тормозах, при истечении газов в сторону, обратную движению снаряда.

Характерной составляющей артиллерийского орудия является *лафет*, который, как правило, состоит из тормоза отката и накатника, люльки, верхнего станка с механизмами вертикального наведения (ВН) и горизонтального наведения (ГН), уравновешивающего механизма, нижнего станка или неподвижного основания и прицельных устройств. В полевых орудиях нижний станок имеет откидные станины и ходовую часть с механизмами подрессоривания.

*Противооткатные устройства* (ПОУ) являются связующим звеном между стволом и лафетом, что позволяет уменьшить силу воздействия (силу отдачи) выстрела на лафет в 30-40 раз и более. Это обстоятельство позволяет значительно уменьшить вес лафета и сравнительно проще обеспечить устойчивость и неподвижность орудия при выстреле. Кроме того, ПОУ осуществляют эффективное торможение на коротком пути откатных частей при откате и накате, возвращают их с помощью накатника в исходное положение (положение до выстрела) и надежно удерживают при любых углах возвышения. Торможение ствола при откате осуществляется с помощью гидравлического тормоза отката и накатника, при накате торможение осуществляется гидравлическим тормозом наката.

*Люлька* служит опорой и направляющей ствола при откате и накате. Через нее лафет взаимодействует с ПОУ и откатными частями. Люлька имеет цапфы, с помощью которых опирается на верхний станок и может поворачиваться относительно оси цапф в вертикальной плоскости на заданный угол возвышения.

*Верхний станок* служит несущей опорой качающейся части орудия, на нем размещаются механизмы ВН и ГН, уравновешивающий механизм, прицельные устройства и щитовое прикрытие. Конструкция верхнего станка обеспечивает ему вращательное движение в горизонтальной плоскости относительно вертикальной оси нижнего станка.

*Нижний станок* (основание) является опорой для вращающейся части орудия. Нижний станок с помощью опорных устройств или через вертикальный штырь верхнего станка, сопрягается с верхним станком. У полевых орудий нижний станок состоит из лобовой коробки и раздвижных станин. У стационарных систем, корабельных артиллерийских установок, танковых и САО основание крепится неподвижно к палубе корабля, корпусу танка или САО.

*Механизмы вертикального наведения* (ВН) и *горизонтального наведения* (ГН) с помощью привода и кинематических звеньев осуществляют поворот качающейся части со стволом в вертикальной плоскости и поворот верхнего станка с качающейся частью и стволом в горизонтальной плоскости. Механизмы наведения должны обеспечить быстроту, легкость, плавность наведения, а также несбиваемость навод-

ки. Вертикальный обстрел определяется величиной углов возвышения, а горизонтальный - величиной угла поворота. Наведение может осуществляться как от силового привода (электрического или электрогидравлического), так и вручную.

*Уравновешивающий механизм* обеспечивает уравновешивание качающейся части относительно оси цапф и тем самым облегчает работу механизма ВН. Сила, которая образует момент уравновешивания, создается пружиной или сжатым газом. В корабельных и танковых системах применяется грузовое уравновешивание, которое позволяет обеспечить стабилизацию положения ствола.

*Ходовая часть и подрессоривание* обеспечивают транспортировку орудия с большими скоростями без повреждающего воздействия на его механизмы и агрегаты. У некоторых орудий ходовая часть используется как опора при стрельбе. На ходовой части обычно крепится вспомогательное оборудование, необходимое для крепления механизмов орудия по-походному, для перевода его в боевое положение и для подготовки боевой позиции.

*Прицелы и приборы управления стрельбой (ПУС)* предназначены для построения прицельных углов и обеспечения наведения орудия в цель. Простейшие прицелы - механические и оптические. ПУС - сложная система, обеспечивающая поиск цели, захват, слежение за целью и управление стрельбой.

*Механизмы подачи и досылки* осуществляют перемещение боеприпасов или его элементов на линию досылки (продолжение оси канала ствола) и досылку их в камору ствола. Осуществляются эти операции либо вручную, либо специальными механизмами подачи и досылающими устройствами - досылателями.

Наиболее просто осуществить механизацию и автоматизацию подачи при патронном заряжании, где все элементы боеприпаса соединены воедино. Для досылки (перемещения вдоль оси канала ствола) боеприпаса в камору используют пружинные, гидропневматические или электромеханические досылатели.

*Выравнивающие устройства* предназначены для обеспечения надежной опоры полевых орудий всеми четырьмя опорами, а горизонтирующие - для приведения оси цапф в горизонтальное положение, что необходимо для повышения точности стрельбы. У морских, самоходных и танковых орудий непрерывное горизонтирование осуществляется механизмами стабилизации.

Следует особо отметить, что стрельба из орудия производится регламентированными боеприпасами. Под боеприпасом понимается совокупность снаряда, порохового заряда, гильзы или картуза и средств воспламенения заряда. В артиллерии принято называть эту совокупность артиллерийским выстрелом. В зависимости от способа заряжания артиллерийские выстрелы подразделяются на три вида: выстрелы патронного заряжания, когда все его элементы соединены с помощью гильзы в единое целое - в так называемый унитарный патрон; выстрелы раздельно-гильзового заряжания, в которых снаряд отделен от порохового заряда; выстрелы безгильзового (картузного) заряжания, когда снаряд, пороховой заряд и средства воспламенения его отделены друг от друга. Заряжение унитарного патрона происходит в один прием, раздельно-гильзового в два, а картузного в три. Снаряд предназначен для непосредственного воздействия на цель. Для осуществления своевременного взрыва снаряды снабжаются взрывателями.

### 1.3.2. Явление выстрела в канале ствола

При выстреле капсюль-воспламенитель возбуждает горение воспламенительного заряда, который вызывает горение основного заряда. Вследствие интенсивного выделения газа при горении пороха повышается давление в заснарядном пространстве. До тех пор пока давление порохового газа позади снаряда является недостаточным для преодоления сил сопротивления его движению, горение заряда происходит в неизменном объеме. Начиная с некоторого момента, снаряд получает движение вдоль оси канала ствола. Вместе с тем пороховой газ оказывает давление на дно канала ствола. В результате вся система "снаряд - заряд - ствол" приходит в движение. При этом снаряд и большая часть заряда двигаются по „каналу ствола к дульному отверстию, а ствол - в противоположном » направлении.

Масса снаряда значительно меньше массы ствола и связанных с ним частей. Поэтому скорость снаряда превосходит скорость отката ствола в десятки раз: скорость ствола достигает величин 7...15 м/с, а скорость снаряда -  $V_0 = 600...1500$  м/с. Снаряд приобретает большую скорость за несколько тысячных долей секунды, в течение которых он проходит путь в стволе.

Скорость порохового газа у дна снаряда равна скорости снаряда, а у дна канала ствола - скорости отката ствола. Вследствие неодинаковости скоростей газа давление по длине заснарядного пространства будет различным и тем больше, чем меньше скорость газа. В частности, давление на дно снаряда  $p_{ch}$  меньше, чем давление на дно канала ствола  $p_{kn}$  (рис. 1.9).

Поступательное движение снаряда происходит под действием силы:

$$P_{ch} = p_{ch}S \cdot R_H, \quad (1.1)$$

где  $S$  - площадь поперечного сечения снаряда, на которую распространяется давление порохового газа;

$R_H$  - сила сопротивления поступательному движению снаряда со стороны стенок канала ствола (сила, равная по величине  $R_H$ , но в обратном направлении, действует на ствол вдоль оси его канала со стороны снаряда).

Приближенно связь между давлениями на дно снаряда и дно канала выражается следующей зависимостью:

$$p_{kn} = \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\omega}{q}\right) p_{ch}, \quad (1.2)$$

где  $\omega$  - масса заряда;  $q$  - масса снаряда.

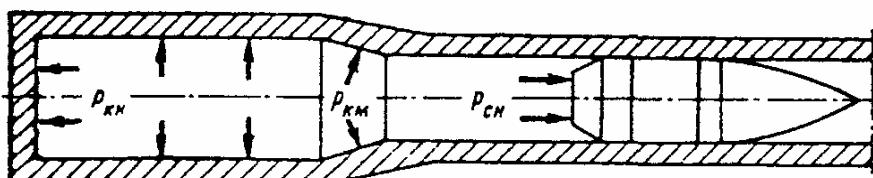


Рис. 1.9. Схема распределения давления в каморе

Обычно при рассмотрении движения снаряда в канале ствола вводится понятие осредненного давления, которое принимается постоянным по всему объему заснарядного пространства.

Характерная кривая изменения осредненного давления порохового газа в зависимости от пути снаряда изображена на рис. 1.10. Считается, что снаряд трогается с места при некотором давлении  $p_0$ , равном в среднем  $(3...5) \cdot 10^7$  Н/м<sup>2</sup>. Сначала, пока

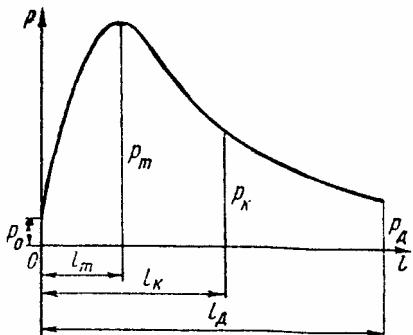


Рис. 1.10. Кривая изменения давления по пути снаряда

ствола. К концу горения заряда давление порохового газа  $p_k$  еще велико (обычно больше  $1 \cdot 10^8$  Н/м<sup>2</sup>). В дальнейшем снаряд продолжает движение под действием расширяющегося порохового газа. К моменту вылета снаряда из канала ствола давление порохового газа равно  $p_d$  и составляет для большинства орудий ( $5...10 \cdot 10^7$  Н/м<sup>2</sup>).

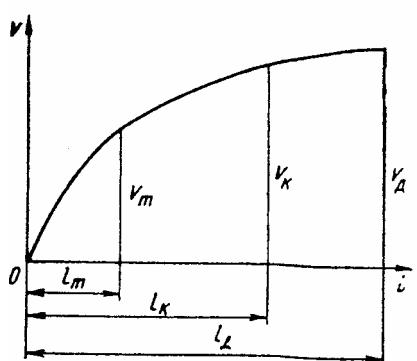


Рис. 1.11. Кривая изменения скорости снаряда по пути движения его в стволе

вращательное движение. К концу движения в стволе угловая скорость снаряда достигает  $600\pi$  рад/с и больше.

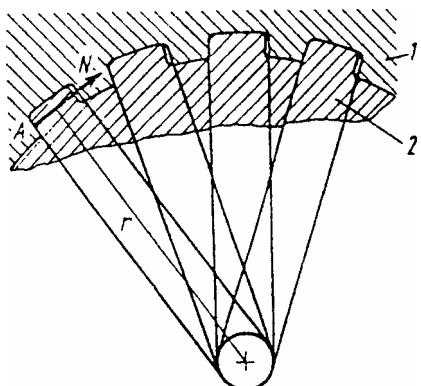


Рис. 1.12. Схема взаимодействия нарезов ствола (1) и ведущего пояска снаряда (2).

Процессы, происходящие в канале ствола во время выстрела, весьма сложные. Изучением их занимается специальная наука - внутренняя баллистика. Пороховой заряд горит в изменяющемся объеме заснарядного пространства. Энергия пороха расходуется на совершение ряда работ. Основная часть энергии затрачивается на сообщение снаряду скорости вдоль оси канала ствола. Вместе с тем производятся второстепенные работы по приведению во вращательное движение снаряда, перемещение массы заряда и откатных частей, а также по преодолению трения ведущего

скорость снаряда мала, давление в заснарядном пространстве повышается вследствие образования газа при горении пороха и достигает максимального значения  $p_m$  (до  $3 \cdot 10^8$  Н/м<sup>2</sup> и больше). Затем в связи с возрастанием скорости снаряда происходит быстрое увеличение объема заснарядного пространства.

При этом приток газа от сгорания пороха оказывается недостаточным для того, чтобы поддерживать повышение давления, и оно начинает падать. Практически создаются условия, при которых пороховой заряд сгорает до вылета снаряда из канала

пояска снаряда о стенки канала ствола. Часть энергии заряда идет на нагрев ствола, гильзы и снаряда.

За время движения снаряда в стволе расходуется лишь меньшая часть энергии порохового заряда (25-35 %). Остальная энергия удаляется из канала ствола после вылета снаряда в атмосферу вместе с истекающим пороховым газом.

После вылета снаряда из ствола пороховой газ, заключенный в канале ствола, вытекает в атмосферу. Истечение газа продолжается до тех пор, пока давление в канале ствола окажется равным давлению окружающего воздуха. Период взаимодействия истекающего порохового газа со стволов и снарядом принято называть периодом последействия (соответственно на ствол и снаряд).

В результате последействия порохового газа на снаряд скорость последнего увеличивается на сравнительно небольшую величину  $\Delta V$ . Таким образом, под действием порохового газа снаряд получит, в конечном счете, скорость  $V_0$ , называемую начальной скоростью снаряда. Эта скорость является одной из основных характеристик орудия. Откат ствола вдоль оси канала в сторону, противоположную направлению движения снаряда, вызывает силу:

$$P_{kn} = p_{kn} S_{kn} - p_{km} S_{km} - R_H, \quad (1.3)$$

где  $S_{kn}$  - площадь дна канала ствола;

$S_{km}$  - площадь проекции ската каморы на плоскость, перпендикулярную к оси канала ствола;

$p_{km}$  - давление порохового газа на скат каморы.

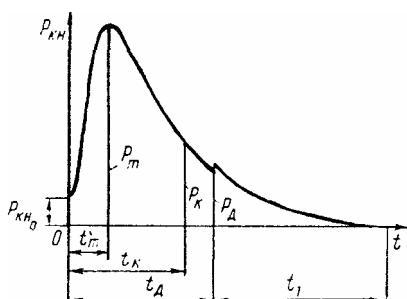


Рис. 1.13. График изменения приведенной силы давления пороховых газов на дно канала ствола.

Характер изменения реакции  $P_{kn}$  от начала движения снаряда за весь период действия порохового газа на ствол показан на рис. 1.13. Ее наибольшая величина соответствует по времени ( $t = t_m$ ) максимальному давлению в заснарядном пространстве. К моменту вылета снаряда из ствола ( $t = t_d$ ) реакция  $P_{kn} = P_{kn,d}$ , а в дальнейшем она асимптотически приближается к нулю. Практически считают, что действие порохового газа на ствол прекращается, когда давление в канале упадет до 1,8-2 атм. При этом продолжительность периода последействия принимает конечное значение  $t=t_1$ , а полное время нагружения ствола реакцией  $P$  равно  $t_k = t_d + t_1$ .

#### 1.4. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРУДИЙ

В качестве основных характеристик артиллерийских орудий и боеприпасов к ним, позволяющих всесторонне оценивать совершенство конструкций и боевую мощь, в артиллерийской практике приняты: баллистические характеристики; конструктивные характеристики; эксплуатационные характеристики; обобщенные характеристики.

К баллистическим характеристикам относят: начальную скорость снаряда  $V_0$  (м/с); максимальную дальность стрельбы  $X_m$  (м); дальность прямого выстрела

$X_{n\theta}$ (м); массу снаряда  $q$  (кг); массу порохового заряда  $\omega$  (кг); максимальное давление пороховых газов в канале ствола.

*Начальная скорость снаряда* - скорость снаряда при вылете из канала ствола в момент прекращения воздействия на него пороховых газов. Величина ее зависит от конструктивных и баллистических параметров орудия и снаряда. Начальная скорость снаряда и его масса - основные исходные данные при проектировании артиллерийских систем.

*Масса снаряда* определяет могущество действия (осколочное, фугасное и т. д.) его у цели и зависит от типа снаряда, его геометрических размеров, удельной плотности материала корпуса снаряда, объема и качества взрывчатого вещества в нем. *Масса метательного порохового заряда* существенно влияет на величину химической энергии пороха, определяющей начальную скорость снаряда.

*Максимальная дальность стрельбы* - тактико-техническая характеристика, измеряемая наибольшей горизонтальной дальностью при нормальных метеорологических и баллистических условиях. Ее величина в значительной степени определяется типом и назначением орудия, массой боевого порохового заряда, а также зависит от массы, формы, размеров, начальной скорости снаряда и угла возвышения ствола.

*Дальность прямого выстрела* - максимальное расстояние полета снаряда, при котором высота его траектории не превышает высоту цели. Этой характеристикой оценивается эффективность стрельбы по бронированным целям. В современных противотанковых пушках дальность прямого выстрела достигает 2500 м и более.

*Максимальное давление пороховых газов* определяет наибольшие нагрузки, действующие при выстреле на ствол и снаряд. Является важной характеристикой при проектировании стволов и снарядов, особенно при расчетах на прочность. Для современных мощных орудий оно не превышает 500 МПа.

К основным конструктивным характеристикам относят: калибр ствола  $d$  (мм); углы вертикального и горизонтального наведения ( $\phi, \psi$ ); габариты и массы орудия в боевом и походном положениях ( $M_b$  и  $M_p$ ).

*Калибр орудия* - важнейшая конструктивная и тактико-техническая характеристика орудия, определяющая его могущество. С увеличением калибра, как правило, увеличивается боевая эффективность действия снаряда у цели, снижается скорострельность и подвижность орудия.

*Углы вертикального и горизонтального наведения* определяют максимальные диапазоны перемещения ствола в вертикальных и горизонтальных плоскостях, что, в свою очередь, определяет уровень огневой маневренности орудия.

*Массы ( $M_b$  и  $M_p$ ) и габариты* орудия определяют маневренность и подвижность артиллерийских систем на марше и поле боя, возможности перемещения их на большие расстояния транспортными самолетами и вертолетами, по железной дороге и на автомобилях различного назначения. Масса орудия и габариты в существенной степени зависят от схемно-конструктивного решения орудия, калибра, начальной скорости и массы снаряда.

К эксплуатационным характеристикам относят: максимальную и прицельную скорострельности орудия, время перевода из походного положения в боевое и обратно, максимальную скорость транспортирования.

*Максимальная скорострельность* - наибольшая скорострельность орудия без

восстановления наводки, а прицельная - наибольшая скорострельность с учетом исправления или восстановления наводки после каждого выстрела.

*Время перевода из походного положения в боевое и обратно*, характеризуя техническую, тактическую и боевую готовность орудия, особенно важно при внезапном нападении противника и при необходимости быстрой смены огневых позиций.

*Максимальная скорость транспортирования*, характеризуя маршевые возможности артиллерийских систем, в существенной степени зависит от конструктивных и эксплуатационных качеств ходовых частей и подрессоривания.

К обобщенным характеристикам артиллерийских систем относятся: дульная энергия  $E_d$  (кДж); коэффициент могущества орудия  $C_E$ (кДж/дм<sup>3</sup>); коэффициент использования металла  $\eta$ (кДж/кг); коэффициент учета длины отката  $\eta_\lambda$ (кДж/кг·м); коэффициент массы снаряда  $C_q$  (кг/дм<sup>3</sup>); относительная масса заряда  $\omega/q$ ; коэффициент использования заряда  $\eta_\omega$  (кДж/кг); коэффициент использования длины ствола  $\eta_L$  (кДж/м).

*Дульная энергия*  $E_d = qV_0^2/2$ (Дж) - кинетическая энергия поступательного движения снаряда массой  $q$  кг при достижении им начальной скорости  $V_0$  м/с. По дульной энергии сравнивают орудия одного калибра по могуществу.

*Коэффициент могущества орудия*  $C_E = E_d/d^3$  (кДж/дм<sup>3</sup>) определяется отношением дульной энергии к кубу калибра, что позволяет сравнивать по могуществу орудия разных калибров. Эта характеристика является важным исходным параметром при проектировании орудий.

*Коэффициент использования металла*  $\eta = E_d/M_b$  (кДж/кг) характеризует совершенство конструкции орудия. Чем больше приходится количества дульной энергии на 1 кг массы орудия, тем совершеннее конструкция. Для современных орудий коэффициент достигает 2000 Дж/кг и более.

*Коэффициент учета длины отката*  $\eta_\lambda = E_d/M_b\lambda$ (кДж/кг·м) уточняет коэффициент использования металла для реальных длин отката  $\lambda$ .

*Коэффициент массы снаряда*  $C_q=q/d^3$  (кг/дм<sup>3</sup>) используется при определении сил сопротивления при движении снаряда в воздухе на траектории; его величина находится в пределах 3...15 кг/дм<sup>3</sup>.

*Коэффициент использования заряда*  $\eta_\omega = E_d / \omega$  (кДж/кг) характеризует эффективность использования метательного заряда; может служить для ориентировочного определения массы порохового заряда.

*Коэффициент использования длины ствола*  $\eta_L = E_d / L_{cm}$  (кДж/м) служит для оценки длины ствола; предпочтительнее то орудие, которое обеспечивает заданную дульную энергию при более коротком стволе.

Большинство перечисленных выше характеристик для самых разнообразных орудий приведено в Приложении (табл. П. 1). В наименованиях артиллерийских систем принятые аббревиатуры означают: П - пушка, ЗП - зенитная пушка, ТП - танковая пушка, Г - гаубица, Г-П - гаубица-пушка, П-Г - пушка-гаубица, ГП - горная пушка, МП - морская пушка.

## 1.5. ТИПЫ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ СТВОЛЬНЫХ ОРУДИЙ. КЛАССИФИКАЦИЯ ОРУДИЙ

В современной ствольной артиллерией орудия подразделяют на следующие типы: *пушки, гаубицы, пушки-гаубицы (гаубицы-пушки), минометы и безоткатные орудия*. Такое разнообразие типов артиллерийского вооружения определяется многообразием боевых целей (вертикальные и горизонтальные цели, движущиеся и неподвижные, скрытые и открытые, наземные и воздушные, подводные и надводные). Например, чтобы поразить быстродвижущийся и хорошо защищенный броней современный танк, высота которого составляет около 2,5 м, необходимо вести стрельбу из противотанкового орудия настильной (отлогой) траекторией, высота которой не превышает высоту цели, с начальной скоростью снаряда не менее 1800 м/с. Это свойственно пушкам. Цели, скрытые в складках местности (за высотами, холмами, в траншеях, блиндажах и окопах), требуют для эффективного поражения крутой траектории полета снаряда, что обеспечивается стрельбой из гаубиц и минометов (рис. 1.14).

Пушки служат для уничтожения открытых неподвижных и движущихся вертикальных наземных целей, быстродвижущихся воздушных, а также для стрельбы на большие дальности. Характерные особенности пушек - длинные стволы, большие начальные скорости снарядов, настильная траектория стрельбы и высокая скорострельность. Насыщенность траектории обеспечивается небольшими углами возвышения и высокой начальной скоростью снаряда (рис. 1.14). Пушки превосходят гаубицы и минометы по ударному действию снарядов и дальности стрельбы.

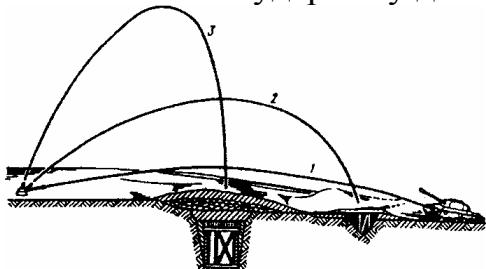


Рис. 1.14. Траектории полета снаряда:  
1 - настильная; 2 и 3 – навесные.

Однако при одном и том же калибре пушки значительно тяжелее, так как требуют прочных и массивных стволов и лафетов вследствие действия на них больших сил отдачи и высоких давлений пороховых газов в стволе. Пушки, как правило, имеют унитарное заряжение, а, следовательно, более высокую скорострельность. По способу передвижения и конструкции пушки могут быть буксируемые, самодвижущиеся, самоходные, а также размещаться на танках, БТР, кораблях, самолетах и вертолетах.

Гаубицы предназначаются для разрушения оборонительных сооружений и поражения целей, расположенных за укрытиями. Поэтому траектория полета гаубичных снарядов крутая, навесная (рис. 1.14), что обеспечивается сравнительно невысокой начальной скоростью снаряда (до 400-600 м/с) и большим углом возвышения (до 65-75°). Стволы у гаубиц относительно короткие, калибры большие, снаряды тяжелые. Гаубицы имеют переменный пороховой заряд, величина которого может изменяться непосредственно перед заряжанием. Число переменных зарядов может достигать 10-12, чем обеспечивается изменение траектории и дальности стрельбы при одном и том же угле возвышения ствола. Наличие переменных зарядов делает гаубичный выстрел более экономичным. При одном и том же калибре вес гаубицы в

два-три раза меньше, чем вес пушки. Скорострельность гаубиц ниже, так как у них применяется раздельное заряжание. Раздельное заряжание позволяет достаточно быстро и просто изменять величину заряда перед выстрелом. Гаубицы могут быть буксируемые и самоходные.

Гаубицы-пушки и пушки-гаубицы - это орудия промежуточного типа, в одной конструкции которых совмещены в той или иной степени свойства пушек и гаубиц. При стрельбе на максимальном заряде и настильной траектории решаются пушечные задачи, при стрельбе на малых зарядах и больших углах возвышения ствола - гаубичные задачи. Если у орудия превалируют свойства гаубицы - его относят к типу гаубицы-пушки и наоборот.

Минометы - гладкоствольные орудия, стреляющие невращающимися оперенными снарядами - минами (рис. 1.15).

Минометы применяются для поражения живой силы противника и его огневых средств как на открытой местности, так и укрытых в окопах, траншеях, блиндажах, оврагах, за обратными скатами высот. Минометы отличаются большой крутизной траектории, что обеспечивается малой начальной скоростью мины (от 100 до 350 м/с) и большими углами возвышения, достигающими  $85^{\circ}$ . Ценнейшее качество миномета - простота устройства и малый вес при большом могуществе мины.

В минометах сила отдачи от выстрела воспринимается и поглощается через опорную плиту грунтом, в отличие от гаубиц и пушек. Минометы, стреляющие со станка без колес и заряжаемые со стороны дульного среза ствола, не имеют противооткатных устройств (построены по жесткой схеме). Основные части таких минометов - ствол с казенником и стреляющим механизмом, двунога с вертлюгом и механизмами наведения, опорная плита, прицельные устройства. Крупнокалиберные минометы стреляют с колесного хода, заряжаются со стороны казенного среза и имеют простейшие противооткатные устройства.

Основные части крупнокалиберных минометов - ствол с затвором и казенником, станок со стрелой и механизмами наведения, опорная плита, прицельные устройства, ходовая часть и подпрессоривание.

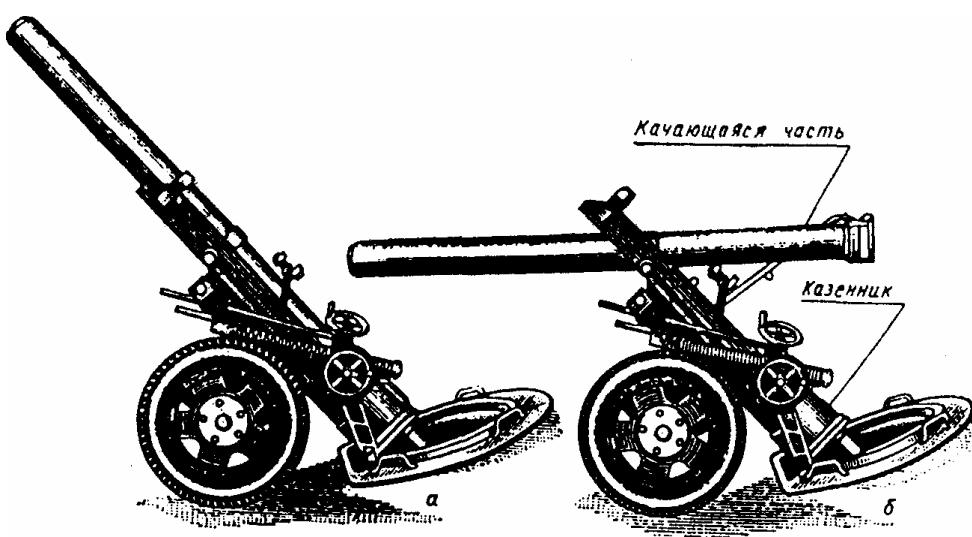


Рис. 1.15. Крупнокалиберный миномет:  
а - боевое положение; б - положение для заряжания.

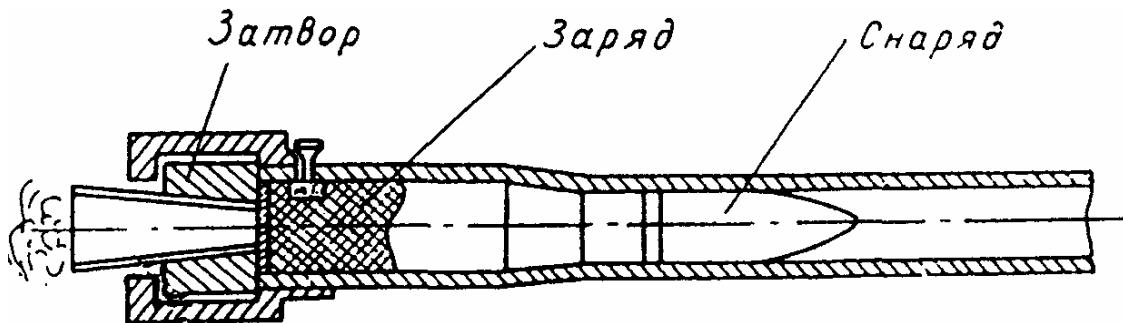


Рис. 1.16. Схема работы безоткатного орудия.

Безоткатные (динамореактивные) орудия применяются, в основном, для стрельбы по танкам кумулятивными снарядами и для стрельбы минами.

Безоткатность орудия обеспечивается отводом части пороховых газов через сопловые отверстия в затворе (рис. 1.16), в результате чего возникает реактивная сила, направленная вперед, которая и уравновешивает силу отдачи, направленную назад, в сторону казенной части. Безоткатные орудия могут стрелять как врачающимся поясковым снарядом, так и невращающимися оперенными снарядами.

Основные части безоткатного орудия - ствол с затвором, станок со стрелой и механизмами наведения, прицельные устройства, ходовая часть и подрессоривание. Ствол составной по длине, состоит из трубы и камерной части.

С помощью механизмов ВН и ГН ствол может перемещаться в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Посредством цапфенной обоймы ствол соединяется со станком. В затворе предусматривается установка механизма блокировки, не позволяющего наводчику произвести выстрел, если заряжающий не занял своего места у орудия и не выключил блокировку. При малых углах возвышения стрельба ведется с колес; при стрельбе с большими углами возвышения (до 45°) предусматривается возможность увеличения высоты линии огня с помощью стрелы станка. Ценнейшее качество безоткатных орудий - простота устройства и исключительно малый вес и габариты. Основной недостаток - невысокие начальные скорости снаряда и образование опасной зоны (25-50 м) позади орудия вследствие истечения горячих пороховых газов через сопловые отверстия в затворе.

Артиллерийское ствольное оружие можно классифицировать по следующим признакам.

*По устройству канала ствола:* нарезное и гладкоствольное.

*По калибру:* стрелковое - до 20 мм; малого калибра - 20-57 мм;

среднего калибра - 76-155 мм; крупного калибра - более 155 мм.

*По автоматизации процесса выстрела.* В самом общем случае процесс выстрела можно разделить на четыре операции: заряжение, запирание, непосредственно выстрел, выбрасывание стреляной гильзы.

В зависимости от степени их совмещения и условий выполнения оружие разделяется на четыре вида:

неавтоматическое (все операции производятся вручную);

полуавтоматическое (совмещены операции заряжания и запирания, выстрела и выбрасывания гильзы);

самозарядное (для производства каждого выстрела вручную производится только воздействие на ударно-спусковой механизм);

автоматическое (вручную осуществляется только включение первого выстрела, остальные производятся за счет энергии выстрела). Если для производства операций используется энергия постороннего источника, например, электродвигателя, то такое оружие называется механизированным. Роботизированные системы ведут огонь в отсутствии человека на огневой позиции.

*По месту действия и характеру целей:* стрелковое; авиационное; морское; сухопутных войск.

Особенности стрелкового, авиационного и морского оружия будут изложены в соответствующих главах ниже.

## **1.6. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К АРТИЛЛЕРИЙСКИМ СИСТЕМАМ**

Длительный опыт эксплуатации артиллерийской техники показывает, что в качестве основных требований, которые должны предъявляться к вновь проектируемым и модернизируемым орудиям, следует принять боевые, эксплуатационные (служебные) и производственно-экономические. Эти требования определяют и соответствующие им свойства орудия.

К основным боевым требованиям артиллерийских орудий относят могущество боевого действия, маневренность и надежность, а также физиологические нагрузки на орудийный расчет. Боевые требования, а, следовательно, и боевые свойства являются определяющими.

### **Могущество боевого действия**

Могущество боевого действия включает в себя: могущество действия снаряда у цели; дальность; кучность боя; меткость боя; скорострельность; производительность.

*Могущество действия снаряда у цели* оценивается эффективностью его действия по цели. В качестве критериев этой эффективности принимают: объем грунта, выбрасываемого при взрыве - для фугасных снарядов; количество убойных осколков или площадь зоны поражения - для осколочных снарядов; толщину пробивающей брони - для бронебойных и кумулятивных снарядов и т. д.

Калибр, тип орудия, тип снаряда и его начальная скорость определяются, исходя из требуемого могущества действия снаряда у цели.

*Дальность* - свойство орудия поражать цели, находящиеся на больших расстояниях от него. Оценивается наибольшей горизонтальной дальностью. Чем больше дальность, тем эффективнее можно выполнить боевую задачу на всю глубину обороны противника, обеспечивая огневую поддержку без смены огневых позиций. Дальность возрастает с увеличением дульной энергии снаряда и уменьшением силы сопротивления воздуха при полете снаряда. Снаряд стабилизируется в полете приданием ему вращательного движения или с помощью стабилизаторов в виде хвостового оперения.

Дальность орудия зависит от угла возвышения ствола ( $\phi$ -угол, образуемый в вертикальной плоскости осью ствола и горизонтом орудия).

У сверхдальнобойных орудий угол возвышения, обеспечивающий максимальную дальность стрельбы, составляет примерно  $53^\circ$ , что позволяет снаряду войти в

стратосферу под углом 45°.

**Кучность боя** - свойство артиллерийского орудия группировать падение снарядов на малой площади. Эта площадь имеет форму эллипса. Чем меньше площадь эллипса рассеивания снарядов, тем лучше кучность боя, тем с меньшим расходом снарядов можно поразить цель. Рассеивание снарядов ограничено, неравномерно и симметрично. Шкала рассеивания приведена на рис. 1.17. На практике кучность боя оценивают отношениями  $B_d/X$ ,  $B_\delta/X$ ,  $B_e/X$ , где  $B_d$  - срединное отклонение по дальности (цель находится в горизонтальной плоскости);  $B_\delta$  - боковое срединное отклонение;  $B_e$  - срединное отклонение по высоте;  $X$  - дальность стрельбы.

Срединное отклонение - отрезок равный 1/8 длины большой (малой) оси эллипса рассеивания снарядов.

В современной ствольной артиллерией:

$$B_d/X = 1/250 - 1/500; B_\delta/X = 1/300 - 1/2000.$$

Основные факторы, определяющие кучность боя, связаны с точностью изготовления снаряда и канала ствола, жесткостью и колебаниями ствола, износом ствола, устойчивостью орудия при стрельбе, наличием дульного тормоза, с разнообразием условий заряжания, изменением температуры и влажности порохового заряда, изменениями силы ветра и атмосферного давления. Эти факторы в совокупности и приводят к рассеиванию снарядов.

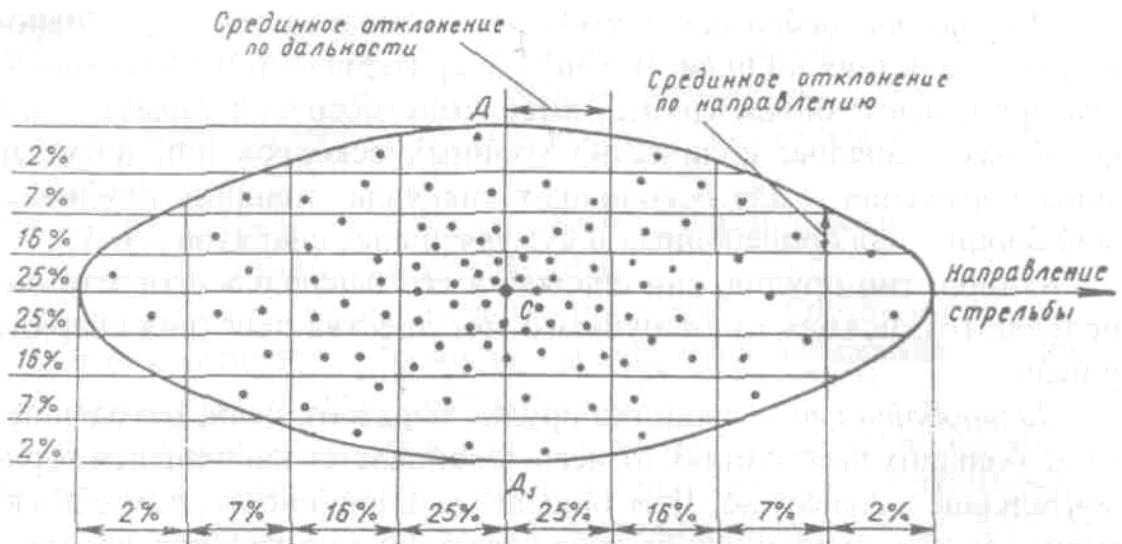


Рис. 1.17. Шкала рассеивания по дальности и боковому направлению.

**Меткость боя** - способность стреляющего совмещать центр рассеивания разрывов (центр эллипса рассеивания) с целью, а точнее, с точкой прицеливания. Меткость зависит от точности прицельных устройств, приборов управления стрельбой, искусства стреляющего и четкости и слаженности работы артиллерийского расчета.

Кучность и меткость боя в совокупности определяют *точность стрельбы*.

**Скорострельность** - это свойство орудия производить наибольшее количество выстрелов в единицу времени (выстрелов/мин.) *без исправления наводки*. Высокая Скорострельность повышает эффективность выполнения боевой задачи, особенно в борьбе с подвижными целями - танками, морскими судами, самолетами и ракетами. Наивысшая Скорострельность достигается полной автоматизацией операций заряжания, открывания и закрывания затвора и производства выстрела, а также применением многоствольных орудий.

В наземной артиллерии для повышения скорострельности используется полуавтоматика или механизация, облегчающая работу орудийного расчета, снижая его утомляемость и практически не влияющая на вес орудия.

*Производительность* оценивается реальным количеством выстрелов в единицу времени, которое производит артиллерийское орудие с учетом времени на исправление наводки, режимов и способов ведения огня. В орудиях с ручным заряжанием на производительность влияют и физиологические возможности человека. В автоматических установках производительность зависит от темпа стрельбы, количества стволов на одно орудие и продолжительности очереди. Длина очереди, определяя возможности артиллерийских систем, ограничивается требованием отсутствия перегрева ствола, в свою очередь зависящего от конструктивного решения системы охлаждения ствола.

### **Маневренность**

Маневренность артиллерийского орудия - совокупность свойств орудия, обеспечивающих быстрое перемещение его на большие расстояния, перемещение на пересеченной местности, быстрый переход из походного положения в боевое и обратно, а также, быстрый и точный перенос огня с одной цели на другую. Первые два свойства определяют маневренность орудия на местности. Последние два, связанные с быстрой открытия огня и гибкостью огня, называют огневой маневренностью. Современная артиллерия позволяет вести непрерывное слежение за целью и почти непрерывное ведение огня. Ее боеготовность, связанная с переходом в боевое положение, измеряется секундами.

*Гибкость огня* (маневр траекториями) определяется диапазоном углов вертикального и горизонтального обстрела и скоростями наведения. В современной артиллерией эти скорости достигают 50...60 °/с, а в автоматических зенитных малокалиберных установках до 120°/с и более. Гибкость огня повышается с увеличением дальности, количества переменных боевых пороховых зарядов на один выстрел и боезапаса.

*Маневренность на местности* определяется свойствами подвижности, проходимости, поворотливости, плавучести и авиатранспортабельности.

*Подвижность* оценивается, в основном, скоростью передвижения, которая зависит от веса орудия, вида тяги и конструкции ходовой части. Снижение веса достигается применением дульных тормозов, уменьшающих силу отдачи до 50% и более, использованием специальных легких алюминиевых, магниевых и титановых сплавов с высокими характеристиками прочности и более совершенными механизмами подпрессоривания. В современных САО и танках в наибольшей степени сочетаются свойства подвижности и проходимости. Скорость их передвижения достигает 70 км/ч, а запас хода при одной заправке двигателя - до 500 км.

*Проходимость* — способность орудия передвигаться по бездорожью, вязким и сыпучим грунтам, пахоте, глубокому снегу, болотам, а также преодолевать естественные и искусственные препятствия. Она зависит от удельного давления колес или гусениц на грунт и клиренса - наименьшего расстояния от нижней части орудия до грунта. Колесные машины значительно превосходят гусеничные по скорости передвижения, но не могут (даже многоосные) соперничать по проходимости. Гусеничные машины обладают значительно большей *поворотливостью* - способностью раз-

ворачиваться или делать поворот на малых площадях. Это особенно ценно при передвижении в сложной пересеченной местности, в горах и населенных пунктах.

Большинство современных бронетранспортеров, боевых машин пехоты и легких танков являются плавающими, что позволяет им с ходу форсировать водные преграды и более эффективно воздействовать на противника. Эти машины имеют водонепроницаемый корпус, обеспечивающий необходимую *плавучесть* - способность держаться на воде, не погружаясь ниже расчетной ватерлинии. В самоходной артиллерией плавучесть обеспечивается плавающим шасси или специальным легким складывающимся каркасом, обтянутым водонепроницаемой тканью.

В современных условиях ведения войн, включая локальные, важную роль играет *авиатранспортабельность*, которая определяется возможностью перевозить артиллерийские орудия на большие расстояния (до тысячи и более км) военно-транспортными самолетами, а на малые (десятки-сотни км) - армейскими вертолетами. Большинство артиллерийских орудий, сравнительно малого веса и габаритов, перевозятся одним самолетом. Для крупногабаритных САО (например, 175-мм пушка и 203-мм гаубица США), требуется два транспортных самолета.

Армейские вертолеты особенно эффективны при преодолении широких водных преград, зараженных, затопленных или просто непроходимых для наземного транспорта регионов.

### **Надежность и долговечность**

Надежность артиллерийского орудия — свойство орудия безотказно с высокой точностью, необходимой скорострельностью и дальностью функционировать в боевых условиях, сохранять работоспособное состояние при транспортировке и хранении.

Надежность артиллерийского орудия включает в себя безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость.

*Безотказность* - свойство орудия сохранять работоспособное состояние или функционировать без отказов в течение определенной или заданной наработки (количество выстрелов, километров пробега, времени хранения). Под отказом понимается событие, связанное с прекращением функционирования артиллерийского орудия вследствие поломки, сколов, износа, коррозии, потери усталостной прочности или выходом значений, так называемых параметров работоспособности, за допустимые пределы.

Основные показатели безотказности артиллерийских орудий - наработка на отказ, вероятность безотказной работы за определенную наработку и интенсивность отказов.

*Долговечность* - свойство длительно, с учетом перерывов на технические обслуживания и ремонты, сохранять работоспособное состояние до предельного состояния, при котором дальнейшая эксплуатация артиллерийского орудия становится неэффективной или небезопасной.

Исторически в артиллерийской науке долговечность ствола называют баллистической живучестью ствола (способность сохранять баллистические характеристики в процессе эксплуатации), живучесть ствола измеряется количеством выстрелов, приведенных к стандартным условиям. Критериями потери живучести ствола являются либо 10%-ное падение начальной скорости снаряда, либо понижение куч-

ности боя в 5-6 раз, либо срыв ведущего пояска с нарезов и невзведение взрывателя. Долговечность ходовых частей орудия измеряют количеством километров пробега. Для недолговечных деталей или сборочных единиц в артиллерию предусматривается ЗИП.

*Ремонтопригодность* - свойство орудия к восстановлению его работоспособности и поддержанию технического ресурса путем предупреждения (плановые технические обслуживания и ремонты), обнаружения и устранения отказов.

*Сохраняемость* - свойство орудия сохранять работоспособное состояние в процессе его хранения при соблюдении определенных правил хранения.

Надежность артиллерийского орудия закладывается и обеспечивается в процессе проектирования выбором наиболее рациональных схемно-конструктивных и технологических решений, реализуется в процессе изготовления, доводится до требуемого уровня при испытаниях в процессе отработки на надежность. Поддерживается требуемый уровень надежности строгим соблюдением регламентированных инструкциями правил эксплуатации.

По мере усложнения техники, особенно военной, надежность становится одним из решающих показателей, определяющих качество техники.

Кроме надежности артиллерийское вооружение оценивают с позиций *неуязвимости, помехозащищенности и скрытности*.

Под *неуязвимостью* понимается свойство орудия сохранять боеспособность при боевых повреждениях (иногда ее определяют как боевая надежность).

*Помехозащищенность* - способность комплекса выполнять боевую задачу в условиях естественных и искусственных помех.

*Скрытность* - свойство комплекса не быть обнаруженным техническими средствами разведки противника.

### **Физиологические нагрузки на орудийный расчет**

В современных артиллерийских установках большинство операций, выполняемых различными механизмами, автоматизированы. Однако при обслуживании и боевой эксплуатации полевых орудий, включая минометы, безоткатные орудия и гранатометы, требуются существенные затраты физических сил орудийного расчета, особенно при операциях заряжания.

Поэтому для этих видов вооружения необходимо учитывать возможности физических перегрузок человека по величине усилий, восприятию им избыточного давления, акустического воздействия, освещенности, вибрации и др. Эти обстоятельства предполагают для артиллерийских орудий, имеющих механизмы ручного наведения, выбирать при проектировании наиболее выгодное расположение маховиков наведения, величину усилия и радиус маховика.

Допустимая величина избыточного давления от дульной волны на рабочих местах не должна превышать  $2 \cdot 10 \text{ Н/м}^2$ , а при индивидуальных средствах защиты  $5 \cdot 10 \text{ Н/м}^2$ .

Уровень шума не должен превышать 60 дБ, что важно учитывать при проектировании, особенно танковых и самоходных систем. Предельно допустимый для человека уровень звукового давления при разовом кратковременном воздействии (меньше 2 с) не должен превышать 130 дБ. При превышении уровня шума выше 100 дБ рекомендуется применять средства защиты.

Предельно допустимые для человека величины ускорений: 2,5g -по вертикали; 1,5g - по горизонтали; 3g - при суммарном воздействии.

Допустимый уровень виброскоростей - 0,35 см/с.

## **Эксплуатационные требования**

Обслуживание артиллерийского орудия, особенно в боевых условиях, должно быть простым, удобным, безопасным и не приводить к утомляемости орудийный расчет. В первую очередь, это обеспечивается механизацией и автоматизацией операций, рациональным расположением механизмов и рабочих мест (сидений, приборных панелей, маховиков ручного наведения), продуманными и простыми приемами технического обслуживания, а также установкой предохранительных и блокировочных элементов и устройств, которые предотвращают возникновение опасных ситуаций. Необходимо, чтобы все операции при обслуживании выполнялись свободно, без ударов и толчков. Если заряжание производится вручную, то для его облегчения ось канала ствола должна находиться на высоте около 1 м. При боекомплекте массой свыше 20 кг должны применяться устройства, механизирующие заряжание. Орудие необходимо снабжать краткими надписями и указателями, помогающими в работе, особенно в боевых условиях.

Современные артиллерийские орудия должны быть рассчитаны на надежную эксплуатацию в условиях широкого колебания температур (-60...+50 °C), повышенной влажности, запыленности и резких изменений барометрического давления. Такое орудие можно использовать в различных климатических районах.

Разборка и сборка механизмов орудия должны производиться легко и быстро. В случае поломки механизмов желательно предусмотреть ее ликвидацию и ремонт в полевых условиях. Для контроля правильности сборки на совмещаемых деталях следует ставить риски, а иногда предусматривать предохранительные элементы, не допускающие производство выстрела при неправильной сборке.

## **Производственно-экономические требования**

При создании новых образцов артиллерийского вооружения во главу ставится обеспечение боевых требований, позволяющих эффективно решать боевые задачи. Но никоим образом нельзя не учитывать *производственно-экономические* требования, которые связывают с разработкой новых образцов вооружения только в отечественных конструкторских бюро, испытаниями на отечественных полигонах, изготовлением на отечественных заводах из отечественного сырья. *Простота и технологичность* конструкции орудия, *взаимозаменяемость, стандартизация и унификация* деталей и отдельных узлов - важнейшие факторы, определяющие производственно-экономические характеристики при создании и производстве артиллерийских орудий.

Особое внимание должно уделяться использованию легкодоступных и недорогих материалов, но удовлетворяющих требованиям прочности и долговечности. Для снижения массы орудия рационально внедрять новые материалы, особенно легкие сплавы и полимеры. Использование современных технологических и высоко-производительных процессов, перспективного инструментального и станочного оборудования должны быть увязаны с технологичностью конструкции.

*Взаимозаменяемость* деталей и узлов в орудии экономически выгодна и целе-

сообразна при эксплуатации и ремонтах. Важна и *унификация*, то есть использование в разных образцах одинаковых деталей, узлов и агрегатов.

Это снижает затраты на проектирование, разработку технологий, производство и отладку образцов по надежности и безопасности функционирования.

*Стандартизация* также способствует устраниению многообразия типоразмеров, марок материалов и позволяет внедрить в производство наиболее совершенные технологические процессы.

## **2. СТВОЛЫ, КАЗЕННИКИ И ЗАТВОРЫ**

### **2.1. СТВОЛЫ**

Ствол - часть артиллерийского орудия, предназначенная для направления снаряда при выстреле и сообщения ему требуемой скорости. Он в значительной степени определяет конструкцию орудия, так как именно в стволе реализуется внутрибаллистический процесс и от его конструкции во многом зависит конструктивное исполнение других частей артиллерийского орудия.

На рис. 2.1 обозначены основные части ствола-моноблока, то есть ствола наиболее простой конструкции, изготовленного из одной заготовки и имеющего монолитную стенку.

#### **2.1.1. Требования к стволам и условия их работоспособности**

При обеспечении требуемых баллистических характеристик, обусловленных баллистическим решением орудия, к стволам артиллерийских орудий предъявляют следующие требования, выполнение которых определяет работоспособную и рациональную конструкцию ствола.

1. Надлежащая (гарантированная) прочность. Удовлетворение этого требования, общего для всех объектов техники, - основная задача, решаемая при проектировании артствола, так как исключительно высокие силовые и тепловые нагрузки на ствол (давление пороховых газов несколько сотен МПа, температура до 3000°С и выше) и динамичность его работы (время выстрела составляет сотые и тысячные доли секунды). В качестве норматива прочности ствола и его частей принимают отсутствие каких-либо остаточных деформаций в конструкции ствола при всех возможных условиях эксплуатации.

2. Достаточная жесткость ствола. Его изгиб, как от собственного веса, так и от внешних воздействий (ударная волна, односторонний лучистый нагрев, одностороннее охлаждение от осадков и т. п.) не должен превышать некоторой допустимой величины. Эта величина связана с колебаниями ствола и определяет в значительной степени точность стрельбы орудия.

3. Наименьший износ канала ствола и приемлемая живучесть как свойство ствола сохранять баллистические качества в допустимых пределах при типовом режиме огневой эксплуатации. Износ канала нормируется по внутренним параметрам (удлинение каморы, увеличение диаметра канала), а живучесть - по внешним параметрам (потеря начальной скорости, увеличение рассеивания снарядов и т. д.). Износ и живучесть тесно связаны между собой и зависят как от широкого ряда конструктивно-технологических факторов (рациональная конструкция каморы, направляющей части канала, ведущих элементов снаряда, качество металла и покрытий, наличие флегматизаторов и других защитных средств в составе пороха, эффективность искусственного охлаждения и т. п.), так и от соблюдения правил эксплуатации (тщательность подготовки ствола и боеприпасов перед стрельбой, своевременная чистка, смазка, соблюдение заданных режимов огня и т. д.).

4. Обеспечение массы в заданных пределах и расположение центра масс в достаточной близости от казенного среза. Первое требование обусловливается за-

данной массой откатных частей, что, в свою очередь, определяет динамические характеристики орудия. Второе требование связано с уравновешиванием качающейся части орудия.

5. Надежное направление движения при откате и накате, надежное крепление противооткатных устройств, казенника, дульного тормоза и других наствольных устройств. Ствол должен обеспечивать сравнительно простую выверку приборов наводки, легкую сборку, разборку, замену сопряженных с ним узлов и деталей.

6. Термостойкость стволов, под которой понимается свойство оружия не допускать самопроизвольного срабатывания элементов боеприпаса от нагрева при длительном нахождении его в нагретом стволе или в потоке воздуха от разогретого ствола. Повышать термостойкость можно как за счет боеприпаса, так и за счет ствола (увеличение его массы, исключение длительного нахождения боеприпаса в каморе, применение охлаждения, применение легированных сталей с повышенной теплопроводностью). Последнее может быть ограничено экономическими и стратегическими соображениями. Например, для изготовления наиболее массового индивидуального оружия (автоматов) у нас в стране применяется сталь 50РА, а для пулеметов, потребность которых в количественном отношении значительно меньшая, а требования к режиму огня более жесткие - сталь 30ХНФА.

7. Технологичность и экономичность изготовления ствола. Это обеспечивается выбором оптимальных механических свойств материала ствола, чистоты и точности его обработки, совершенством технологических процессов получения заготовок, процессов термической и механической обработки и т. п.

Чрезвычайно высокая термосиловая нагруженность стволов обуславливает следующие требования к металлам для стволов.

1. Достаточная прочность, то есть высокие характеристики прочности: предел упругости, предел текучести, предел прочности (высокая категория прочности).

2. Достаточная стойкость при воздействии химических продуктов разложения и температуры горения пороха, атмосферных и других условий.

3. Сочетание достаточной твердости, ударной вязкости (не менее 0,003...0,004 Нм/м<sup>2</sup> для сопротивления ударным нагрузкам) и пластичности (относительное остаточное сужение не менее 20%). Металл должен иметь в аварийном случае разрушение в виде раздутия, а не разрыва с осколками

4. Экономичность производства и обработки металла; отечественная сырьевая база.

Перечисленным требованиям удовлетворяет в наибольшей мере специальная орудийная сталь - среднеуглеродистая ( $C \sim 0,4\%$ ) хромоникельмолибденовая или хромоникельвольфрамовая сталь со следующим ориентировочным процентным содержанием легирующих элементов:  $Cr \sim 1\dots2,6\%$ ;  $Ni \sim 1\dots4\%$ ;  $Mn \sim 0,2\dots0,5\%$ ;  $W \sim 0,5\dots0,8\%$ . Орудийные стали - это высококачественные стали с содержанием серы и фосфора не более 0,03% каждого.

В зависимости от величины предела упругости ствольные стали подразделяются на категории прочности: 0-55, 0-60, 0-65,..., 0-90, 0-95, 0-100 (может быть и выше), что означает предел ее упругости, выраженный в кг/мм<sup>2</sup> (не менее).

При назначении категории прочности орудийной стали для ствола следует иметь в виду накладываемые стандартом ограничения на толщину заготовки ствола. Например, для кованых и катаных заготовок с толщиной стенки до 80 мм обеспечи-

вается наибольшая категория 0-100, с толщиной стенки 80...120 мм - 0-85, с толщиной 120... 160 мм - только 0-70.

Перечисленные выше требования формализуются в виде системы условий работоспособности ствола с учетом следующих соображений.

Эффективность и работоспособность ствольных комплексов определяются при рассмотрении внешних моделей функционирования, то есть моделей решения боевых задач. Работа же ствола описывается, как правило, внутренними моделями напряженно-деформированного состояния, нагрева, износа, динамики и т. д. Связи между внешними и внутренними моделями сложны и, как правило, носят опытно-эмпирический характер. Например, для категорирования стволов по живучести (по кучности стрельбы - параметру внешней модели) производят замеры износа, а затем, зная из опыта связь между износом и живучестью ствола, производят категорирование и выбраковку.

В связи с этим представляется целесообразным рассматривать вопрос о работоспособности стволов, оставаясь в рамках внутренних моделей, и определять отказ ствола через параметры, непосредственно относящиеся к нему. Отметим, что, рассматривая взаимодействие в системе "снаряд - заряд - гильза - затвор - ствол" и анализируя случаи, классифицированные как отказ ствола, можно убедиться, что этот отказ проявляется не только как выход за установленные пределы параметров ствола, но чаще как отказ одного из элементов названной системы (то есть как зависимый отказ). Например, самосрабатывание боеприпаса (отказ - самовоспламенение заряда) часто является следствием нагрева выше нормы поверхности каморы (отказ ствола). Или, например, срыв снаряда с нарезов (отказ снаряда) является следствием чрезмерного износа канала ствола (отказ ствола).

Весьма важным является *тепловой аспект условий работоспособности*, влияние нагрева оказывается в большей или меньшей степени на большинство условий работоспособности. Универсальной характеристики не существует. Так, иногда важен перепад температуры и общий уровень нагрева, в других случаях - максимальные (пиковые) температуры на поверхности канала ствола, тепловое расширение ствола при стрельбе и т. д.

### **2.1.2. Типовые конструктивные схемы стволов**

В настоящее время наиболее часто применяются стволы-моноблоки (рис. 2.1). Они наиболее просты в конструктивном и технологическом отношениях; их преимущественное применение, несмотря на возросшие нагрузки, стало возможным благодаря созданию легированных орудийных сталей с высокими прочностными характеристиками.

Для повышения прочности стволы скрепляют кольцами, цилиндрами или при помощи специальной операции, называемой автоскреплением. Техническая сущность перечисленных разновидностей скрепления одинакова - в стенке ствола до выстрела тем или иным способом создаются благоприятно ориентированные напряжения, которые при выстреле, накладываясь на напряжения от давления пороховых газов, в определенной мере снижают последние, чем и достигается эффект упрочнения.

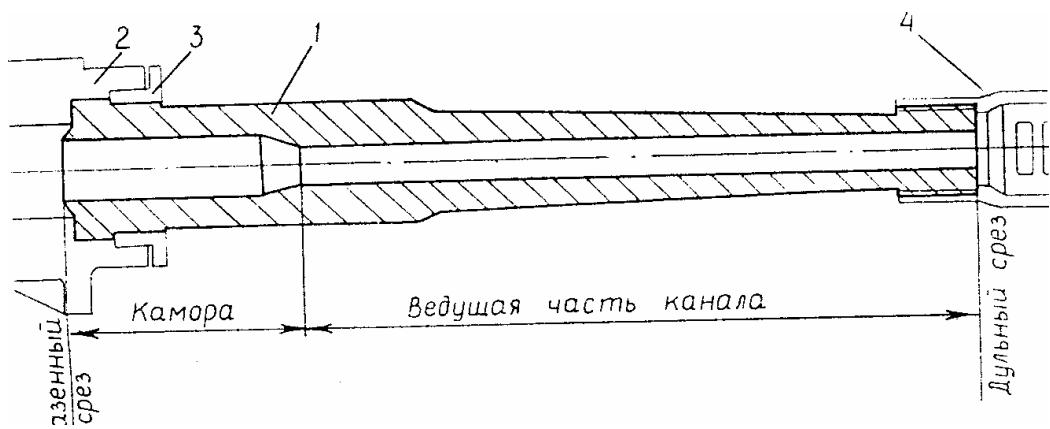


Рис. 2.1. Схема ствола-моноблока:  
1 - моноблок; 2 - казенник; 3 - муфта; 4 - дульный тормоз.

Ствол, скрепленный цилиндрами (или кольцами, то есть короткими цилиндрами) на всей длине или только на отдельных участках, называется скрепленным стволов (рис. 2.2). Кожух 2, надетый на трубу ствола с натяжением, производит в ней напряжения сжатия, вследствие чего и создается эффект повышения прочности при скреплении цилиндрами (кольцами).

Автоскрепленный ствол - ствол-моноблок, прошедший при изготовлении технологическую операцию автоскрепления, после которой в стенке ствола возникли благоприятно ориентированные напряжения, обеспечивающие повышение сопротивления ствола действию давления пороховых газов при выстреле. Автоскреплению могут подвергаться как весь ствол, так и его отдельные участки; возможно применение автоскрепленных труб в составе скрепленных и других типов разборных стволов.

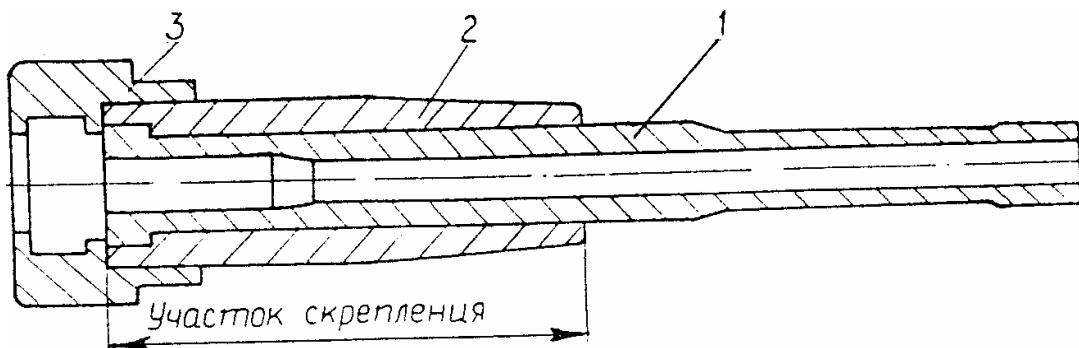


Рис. 2.2. Схема скрепленного ствола:  
1 - труба (1-й слой); 2 - кожух (2-й слой); 3 – казенник.

Отдельно выделим группу лейнированных стволов (рис. 2.3). Лейнирование является радикальным средством повышения фактической живучести ствола, так как конструктивно обеспечивает возможность замены его изношенной внутренней части. Лейнированные стволы могут быть нескольких разновидностей. В стволе со свободным лейнером (рис. 2.3, а) внутренняя труба-лейнер 1 покрывается оболочкой 2 по всей длине; между оболочкой и лейнером предусмотрен зазор, выбирающийся при выстреле за счет упругого расширения лейнера. В некоторых конструкциях между лейнером и оболочкой предусмотрен слабый натяг, допускающий разборку для замены изношенной трубы, это ствол со скрепленным лейнером.

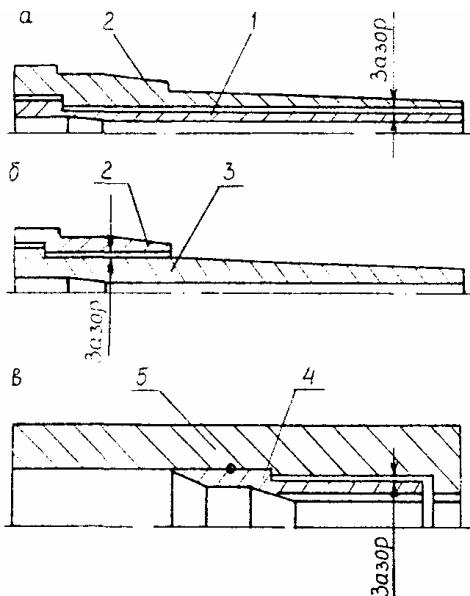


Рис. 2.3. Схемы лейнированных Стволов.

В стволе со свободной трубой (рис. 2.3, б) внутренняя труба 3 покрывается оболочкой частично, а зазор между ними обеспечивает замену трубы по мере ее износа. Если зазор выбирается во время выстрела и оболочка участвует в сопротивлении действию давлению пороховых газов, то тогда свободная труба называется разгруженной; если же свободная труба не передает давление кожуху, то неразгруженной. Иногда применение ствола со свободной трубой вызывает соображениями дуплексирования, то есть создания на одинаковом лафете двух разных орудий, отличающихся, например, по калибру.

В стволе с лейнирующей втулкой (рис. 2.3, в) сменной частью является лишь относительно короткая втулка 4, устанавливаемая в районе наибольшего износа канала ствола 5, то есть в районе начала ведущей его части, с зазором, выбирающимся при выстреле. Она может быть изготовлена из специального жаропрочного и износостойчивого материала. Для лейнеров малокалиберной артиллерии используют специальные жаропрочные сплавы типа ЭП-131, имеющие по сравнению со сталью 50РА, ОХН3МФА более высокие прочностные свойства в диапазоне температур 500...650°, но худшую теплопроводность.

В некоторых случаях (для особо длинных стволов или при необходимости перемещения орудия по частям, например, для горных орудий и т. п.) оказывается целесообразно применение составных и разборных по длине стволов. Они помимо технологических преимуществ дают возможность заменять отдельные части, например изношенные. Недостатками таких стволов являются пониженная жесткость в месте соединения частей и трудность обеспечения в стыке надежной обтюрации пороховых газов.

*Канал артиллерийского ствола* состоит из двух частей: каморной (каморы) и ведущей (калиберной) (рис. 2.1).

*Конфигурация каморы* определяется в первую очередь принятым для данного орудия способом заряжания (рис. 2.4). В современных артиллерийских орудиях применяются два способа заряжания: гильзовое и картузное (безгильзовое). Гильзовое заряжание делится на унитарное и раздельное.

Унитарное заряжание применяется для полевых орудий калибра менее 122 мм, а для корабельных зенитных и танковых до 130 мм включительно. Раздельно-гильзовое заряжание обычно применяется для калибров 122...152,4 мм и в орудиях с

переменным зарядом. Для орудий большого калибра применяется картузное (безгильзовое) заряжание; в этом случае необходим затвор со специальным упругим обтюратором.

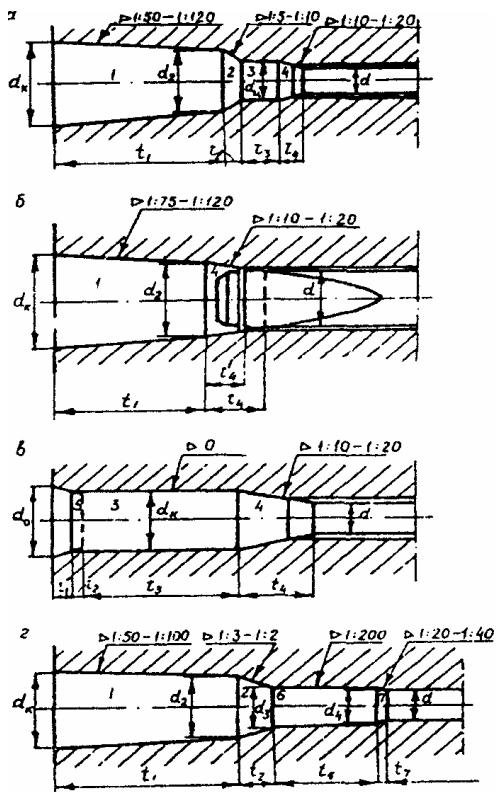


Рис. 2.4. Схемы камор артиллерийских стволов для унитарного (д), раздельно-гильзового (б), картузного (в) заряжания и для гладкостенных стволов (г) танковых и противотанковых пушек:  
1 - основной конус; 2 - переходный конус;  
3 - цилиндрический участок; 4 - конус врезания;  
5 - обтюраторный конус; 6 - дополнительный конус; 7 - упорный конус.

Независимо от способа заряжания и соответствующей ему конструкции каморы к ней предъявляются повышенные требования по соосности с ведущей частью канала и по чистоте обработки. Первое требование связано с исключением перекоса снаряда, что может привести к распатронированию при заряжании или к прорыву пороховых газов вперед снаряда (это резко увеличивает износ направляющей части канала). Второе требование обусловлено облегчением экстракции гильзы; шероховатость поверхности каморы должна находиться в пределах  $R_z < 3,2 \text{ мкм}$ ,  $R_a < 0,63 \text{ мкм}$ .

В большинстве видов автоматического оружия начало извлечения гильзы происходит в период, когда давление пороховых газов в стволе еще недостаточно велико. Оно прижимает гильзу к стенкам каморы (патронника). В некоторых типах оружия силы трения, возникающие между гильзой и патронником, могут быть настолько большими, что при извлечении гильзы произойдет ее поперечный разрыв или повреждение закраины гильзы выбрасывателем. Для уменьшения указанных сил трения иногда применяются канавки Ревелли, которые, создавая противодавление на некоторой части наружной поверхности гильзы, облегчают ее извлечение. Канавки Ревелли представляют собой продольные выемки на поверхности патронника, включая его скат и пульный вход (рис. 2.5). Выемки не должны доходить до казенного среза ствола, чтобы не было прорыва пороховых газов назад. Ввиду сложности изготовления, быстрого загрязнения и затруднений при чистке канавки Ревелли применяются редко.

В соответствии с назначением и типажом *ведущей части канала ствола* и *ведущих элементов снаряда* необходимо обеспечить:

требуемые характеристики устойчивости снаряда на траектории (скорость

вращения, отсутствие недопустимых возмущений при выходе из канала и др.);

безотказное функционирование снаряда при движении его по каналу (сохранность всех частей снаряда и его снаряжения, надежное взведение инерционного взрывателя и т. д.);

минимально допустимый износ ведущей части канала и тем самым приемлемую живучесть ствола;

надежную обтюрацию пороховых газов как в новом стволе, так и в имеющем некоторый допустимый износ;

максимально возможную производственную технологичность ствола и снарядов и удобство эксплуатации орудия.

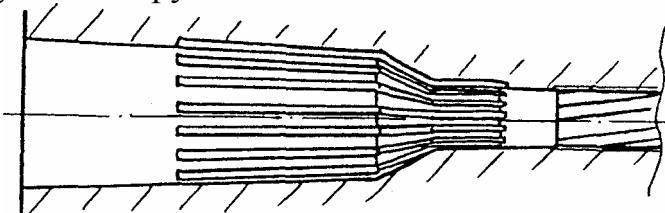


Рис. 2.5. Камора с канавками Ревели.

Существуют несколько способов ведения снаряда по каналу. Наибольшее распространение имеет способ ведения снаряда по нарезам цилиндрического канала при помощи ведущих поясков снаряда из пластиичного материала. Как возможную разновидность его можно назвать способ, при котором снаряд имеет готовые выступы под нарезку канала. Для танковых и противотанковых пушек получил распространение способ ведения снаряда по гладкому каналу при помощи поддона снаряда, который отделяется от снаряда при выходе его из канала.

**Таблица 2.1**  
**Характеристики нарезов**

Калибр, мм	Тип, индекс орудия	Число нарезов, <i>n</i>	Крутизна нарезки		Ширина нареза, <i>a</i> , мм	Ширина поля, <i>b</i> , мм	Глубина нареза, <i>t</i> , мм
			<i>a</i>	$\eta$			
37	АЗП61-К	16	6°	30	4,76	2,50	0,45
57	ПП ЗИС-2	24	7° 10'	25	5,35	2,10	0,75
76,2	ЗП	28	6°24'	28	5,25	3,30	0,75
85	ПП Д-44	24	7° 10'	25	7,60	3,62	0,85
85	ЗП КС-1	24	7° 10'	25	7,60	3,62	0,85
100	ЗП КС-19	40	5°59'	30	5,30	2,55	1,50
122	ГМ-30	36	4°59'-9°41'	18*	7,60	3,04	1,01
122	ГД-30	36	3°57'-7°10'	25*	6,60	4,00	1,00
122	П А-19	44	7° 10'	25	6,21	2,49	1,01
130	ЗП КС-30	28	6°	30	8,30	6,29	2,70
152,4	ГД-1	48	3°54'-8°55'	20*	6,97	3,00	-
130	ПМ-46	40	6°	30	6,00	4,20	2,70
152,4	ПГ М-47	48	-	-	5,97	4,00	1,50
152,4	Г-П МЛ-20	48	7°10'	25	6,97	3,00	1,50
152,4	П2А36	15	7°10'	25	6,71	5,26	3,30
203,2	ГБ-4	64		20*	7,00	2,95	2,00

Примечание: \* Длина хода нареза у дульного среза.

Форма, число, глубина и ширина нарезов выбираются в зависимости от конкретных условий взаимодействия нарезной части канала и ведущих элементов снаряда не только в новом, но и в изношенном стволе и определяются, в основном, назначением, мощностью и конструктивными данными орудия и снаряда (табл. 2.1).

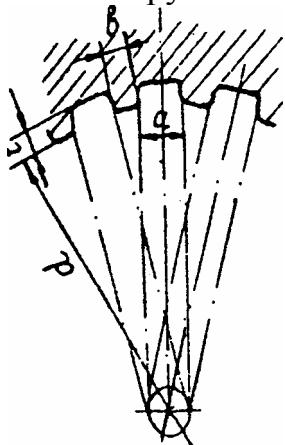


Рис. 2.6. Форма нарезов.

В отечественной артиллерии применяется нарезка прямоугольной формы с гранями, параллельными радиусу, проведенному через середину нареза (рис. 2.6).

При выборе числа и размеров нарезов необходимо обеспечить не только прочность нарезов, но и прочность выступов ведущих поясков - противоречивое требование, предусматривающее оптимизационное решение. С учетом существующего опыта отработки и эксплуатации артиллерийских орудий число нарезов и в первом приближении может быть принято по эмпирическому соотношению:

$$n = (3..4) d, \quad (2.1)$$

где  $d$  - калибр в сантиметрах, причем меньшее значение предпочтительнее для гаубиц. Найденное таким образом число нарезов из технологических соображений округляется до кратного четырем (лучше восьми), и далее определяется суммарная ширина поля  $b$  и нареза  $a$ :

$$a + b = nd / n. \quad (2.2)$$

Соотношение между шириной нареза  $a$  и шириной поля  $b$  выбирается из соображений равнопрочности выступов пояска и нарезки и связывается эмпирически с величиной начальной скорости снаряда  $V_0$ . Так, для гаубиц рекомендуется  $a = (1,6...2,5) b$ ; для систем с  $V_0 = 800...1000$  м/с  $a = (1,5...1,8) b$ , для более мощных пушек с  $V_0 > 1000$  м/с  $a = (1,1...1,4) b$ . Во всех случаях ширина поля должна быть более 3 мм и не менее  $1,5t$ . Уменьшение соотношения  $a/b$  уменьшает износ ствола, но резко увеличивает вероятность срыва снаряда с нарезов. Глубина нарезов для современных стволов устанавливается из соотношения  $t = (0,01...0,025)d$ , причем для гаубиц  $t = 0,01d$ .

Применение 2 %-ной ( $t = 0,02d$ ) глубины нареза увеличивает живучесть ствола примерно в 2 раза по сравнению с 1 %-ной, но вызывает уменьшение начальной скорости снаряда на 2...3 %. Считают, что для орудий с  $V_0 < 800$  м/с  $t = (0,01...0,015) d$ ; для орудий с  $V_0 > 800$  м/с  $t = (0,015...0,025) d$  радиус закругления полей и нарезов принимается в пределах  $r = (2...3)$  мм.

Таким образом, при выборе числа и размеров нарезов приходится сталкиваться с рядом противоречивых требований, для удовлетворения которых необходимо ориентироваться на имеющийся опыт создания работоспособных конструкций.

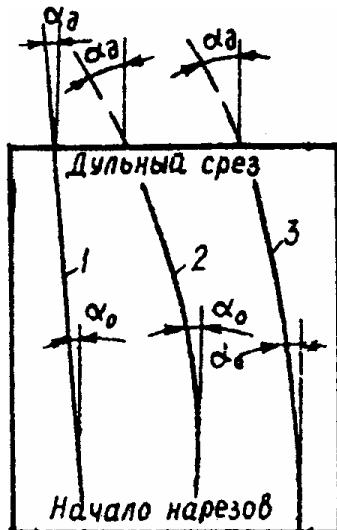


Рис. 2.7. Крутизна нарезов

В зависимости от угла наклона нарезов к оси канала ствола нарезка может быть трех типов (рис. 2.7):

постоянной крутизны 1; характеризуется постоянным углом наклона нарезов;  
прогрессивной крутизны 2; характеризуется увеличивающимся к дульному срезу углом наклона нарезов;

смешанной крутизны 3; имеет участки постоянной крутизны в дульной части или в начале нарезов, а на остальной длине - прогрессивную крутизну.

Крутизна обычно выражается длиной хода нареза в калибрах  $\eta$ , то есть расстоянием (в калибрах) по оси ствола, на котором нарез делает один полный оборот:

$$\eta = H / d = \pi d / dtg\alpha = \pi / tg\alpha \quad (2.3)$$

где  $H$  - длина хода нареза;  $d$  - калибр;  $\alpha = arctg(\pi / \eta)$  - угол наклона нареза.

Главным преимуществом нарезки постоянной крутизны является ее технологичность. Применение нарезки прогрессивной и смешанной крутизны диктуется необходимости снизить давление на боевую грань нарезов и сместить его максимум относительно максимума давления пороховых газов. Такое смещение благоприятно влияет на износ боевых граней и истирание ведущего пояска, а, следовательно, и на эрозионный износ канала ствола. Кроме того, нарезка прогрессивной крутизны дает возможность обеспечить требуемый угол наклона нарезов в дульном срезе у короткоствольных орудий без значительного повышения величины усилия на боевую грань нареза. Примером могут служить гаубицы М-30, Д-30, Д-1 (табл. 2.1).

При проектировании ведущей части канала нужно обеспечить необходимую по условию устойчивости полета снаряда крутизну нарезов в дульном срезе сечении ствола  $\eta_d$  которая определяется из внешней баллистики. Вопрос выбора крутизны нарезки в дульной части ствола усложняется для орудий, имеющих переменные заряды и различные типы снарядов. В этом случае крутизна нарезки должна определяться при сочетании заряда и снаряда, для которого величина аэродинамического коэффициента является наибольшей. Для авиационных пушек при расчете крутизны нарезки следует учитывать в скорости снаряда и скорость самолета.

### 2.1.3. Прочность стволов

**Нагрузки, действующие на ствол.** Разнообразные нагрузки, действующие на ствол, так или иначе связаны с процессом выстрела. Рассмотрим те нагрузки, которые необходимо учитывать при анализе прочности стволов.

*Давление пороховых газов на стенки ствола.* Характерная кривая баллистического давления пороховых газов в канале ствола в зависимости от пути снаряда  $p$  представлена на рис. 2.8.

Баллистическое давление в канале ствола определяется как давление, осредненное по длине заснарядного пространства от дна снаряда до дна каморы. На участке от точки максимального баллистического давления до дульного среза давление на стенки ствола принимается равным давлению на дно снаряда и определяется по формуле:

$$P_{ch} = \varphi_1 p / \varphi, \quad (2.4)$$

где  $p$  - наибольшее в каждом сечении ствола баллистическое давление с учетом его колебаний при различной начальной температуре заряда от  $-50^{\circ}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ;

$\varphi$  - полный коэффициент учета второстепенных работ - коэффициент фиктивности массы;

$\varphi_1$  - коэффициент, учитывающий второстепенные работы пороховых газов на преодоление сил сопротивления движению снаряда.

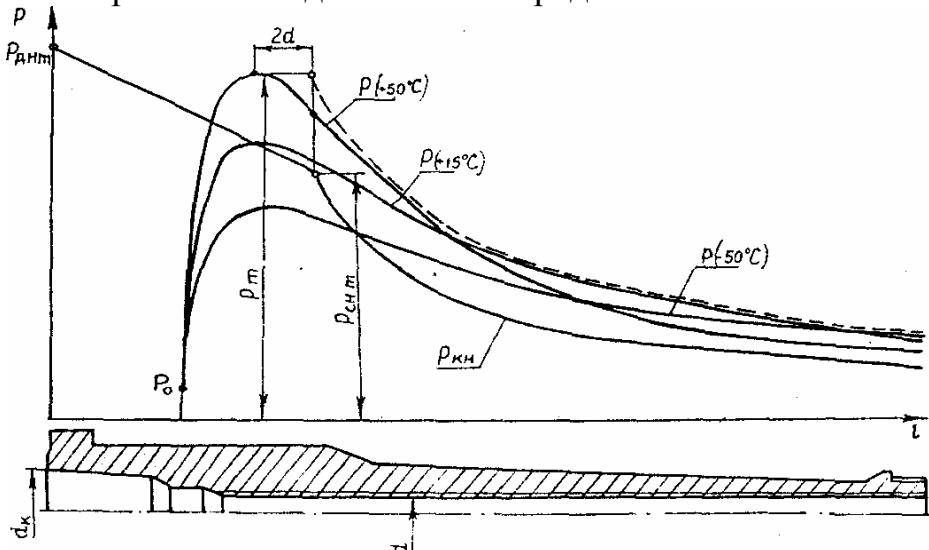


Рис. 2.8. Давления пороховых газов по длине канала ствола.

Давление на стенки ствола от точки  $p_{chm}$  до дна каморы принимается изменяющимся по линейному закону от  $p_{chm}$  до

$$p_{kht} \cong \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\omega}{q}\right) p_{chm}, \quad (2.5)$$

Давление пороховых газов на стенки ствола направлено по нормали к поверхности ствола, уравновешивается внутренними напряжениями в стенке ствола и на движение ствола в откат не влияет. Это основная нагрузка, по которой производится расчет поперечной прочности ствола. От давления пороховых газов в канале ствола возникают сила давления на дно каморы  $p_{kh}$  и сила давления пороховых газов на конические скаты каморы  $p_{ck}$  (рис. 2.9). Это основные силы, под действием которых совершается откат ствола. Характер их изменения аналогичен изменению давления пороховых газов. На максимальное значение силы  $p_{kh}$  производится расчет деталей затвора и казенника.

*Силы взаимодействия снаряда со стволовом* обусловлены воздействием ведущих элементов снаряда (ведущего пояска, центрирующего утолщения, поддона и др.) на ствол, движением неуравновешенного снаряда по каналу, имеющему кри-

визну от силы собственного веса.

*Радиальное давление ведущего пояска* является радиальной составляющей реакции ведущего пояска и возникает вследствие обжатия пояска в конусе каморы из-за разницы диаметров ведущего пояска и канала и одновременного врезания ведущего пояска в нарезы. В этот момент радиальное давление наибольшее и во многих случаях превосходит наибольшее давление пороховых газов в стволе. После полного врезания пояска в нарезы оно уменьшается, чему способствует и упругое расширение канала под действием давления пороховых газов, близкого к наибольшему. Далее по мере движения снаряда по каналу величина реакции обусловлена расширением корпуса снаряда за счет сил инерции, уменьшением расширения канала от действия пониженного давления пороховых газов, а также изменением податливости стенок ствола.

*Сила давления ведущего пояска на боевую грань нареза*  $N$ , возникновение которой обусловлено инерционным сопротивлением снаряда вращению по нарезам, направлена по нормали к поверхности контакта боевой грани нареза и боевой грани ведущего пояска. Сумма сил  $N$ , приложенных к боевой грани выступа ведущего пояска, сообщает снаряду вращательное движение.

Для нарезки переменной крутизны:

$$N = \frac{\lambda'}{n} \left[ p_{ch} S \operatorname{tg}\alpha + qv^2 \frac{d(\operatorname{tg}\alpha)}{dx} \right], \quad (2.6)$$

где:  $n$  - число нарезов;

$S$  - площадь поперечного сечения канала ствола;

$q$  - масса снаряда;

$v$  - скорость снаряда;

$x$  - координата пути снаряда;

$\lambda' = 0.56...0.68$  - инерционный коэффициент;  $\alpha = \text{const}$  при постоянной крутизне.

Применение сложных в изготовлении нарезов прогрессивной крутизны позволяет уменьшить силу  $M_{\max}$  на 30-40 % и сместить точку ее приложения относительно точки  $p_{\max}$ , что благоприятно сказывается на условия ведения снаряда, на прочность и живучесть ствола. Сила давления ведущего пояска на боевые грани нарезов вызывает момент, заставляющий снаряд вращаться.

Схема возникновения *реакции центрирующего утолщения* снаряда представлена на рис. 2.9, где  $b$  - расстояние между средними плоскостями центрирующего утолщения и ведущего пояска;  $\Delta$  - односторонний зазор;  $l$  - расстояние от ведущего пояска до центра масс снаряда;  $\delta$  - угол между геометрическими осями снаряда и канала;  $e_c$  - эксцентриситет снаряда;  $l_{\Delta}$  - плечо пары центробежных сил  $F_{\Delta}$  от динамической неуравновешенности снаряда;  $e_d$  - расстояние динамически неуравновешенных масс  $m_1$  до геометрической оси снаряда.

Реакция центрирующего утолщения снаряда на стенки ствола из-за непостоянства ее составляющих является величиной случайной, меняющейся от выстрела к выстрелу, и влияет на рассеивание снаряда. Это следует иметь в виду при проектировании ствола и снаряда, в частности, при назначении допусков на их размеры.

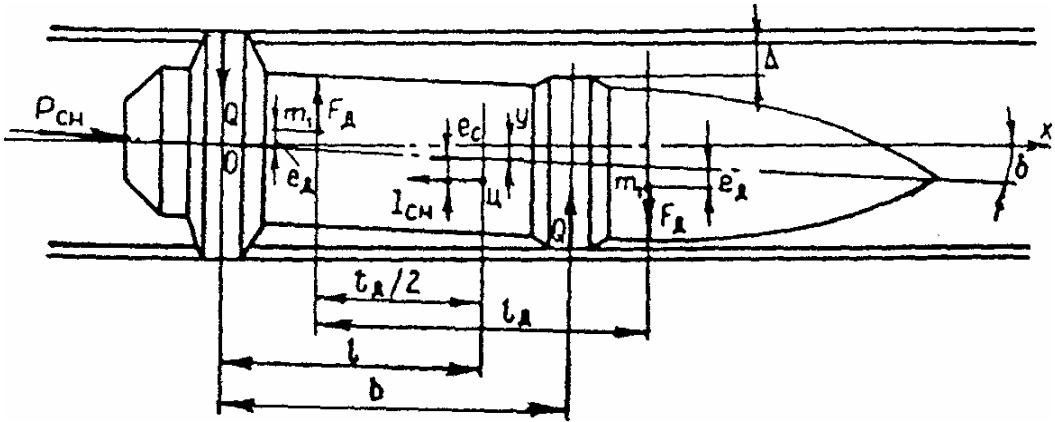


Рис. 2.9. Схема возникновения реакции центрирующего утолщения снаряда.

*Силы, приложенные к стволу со стороны люльки, противооткатных и наудильных устройств, зависят от способов их соединения со стволовом. Силы инерции обусловлены движением ствола в составе откатных частей при откате и накате. Величина силы инерции зависит от места расположения сечения. Максимальное ее значение будет у казенного среза при максимальном давлении в канале ствола. Силы инерции ствола учитываются при расчете элементов ствола (бурт трубы, казенник, дульный тормоз) на прочность*

Напряжения и деформации в стенках ствола Напряженно-деформированное состояние стенок артиллерийского ствола может быть в первом приближении определено с помощью известных зависимостей для толстостенных сосудов (задача Ляме-Гадолина), нагруженных по наружной и внутренней поверхностям давлениями и вдоль оси продольной силой

Представим поперечное сечение ствола как сечение толстостенной цилиндрической трубы, нагруженной по внутренней и наружной поверхностям равномерно распределенными давлениями и осевой силой вдоль продольной оси (рис. 2.10). Примем дополнительно следующие допущения:

1) труба - бесконечно длинный полый цилиндр-

2) труба сохраняет цилиндрическую форму при нагружении и все поперечные ее сечения остаются плоскими-

3) труба изготовлена из упругого, однородного и изотропного материала;

4) труба под действием статически приложенных сил находится в равновесии.

Действительное состояние ствола при выстреле не вполне соответствует принятым условиям, но получаемые при этом теоретические зависимости с достаточным для практики приближением могут быть для анализа прочности стволов артиллерийских орудий

Напряженно-деформированное состояние (НДС) трубы будем рассматривать в системе цилиндрических координат  $r, \theta, z$  (рис 2.10). Таким образом, в каждой точке трубы будем иметь три напряжения:  $\sigma_r$  - радиальное, действующее в направлении радиуса, равное по величине и обратное по знаку давлению;  $\sigma_t$  - тангенциальное (окружное), действующее по касательной к окружности, проведенной через рассматриваемую точку в поперечном сечении;  $\sigma_z$  - осевое напряжение, действующее в направлении продольной оси трубы. Данным напряжениям соответствуют относительные деформации  $\epsilon_r, \epsilon_t, \epsilon_z$ . Общее решение данной задачи получено в замкнутом

виде и носит название формул Ляме-Гадолина:

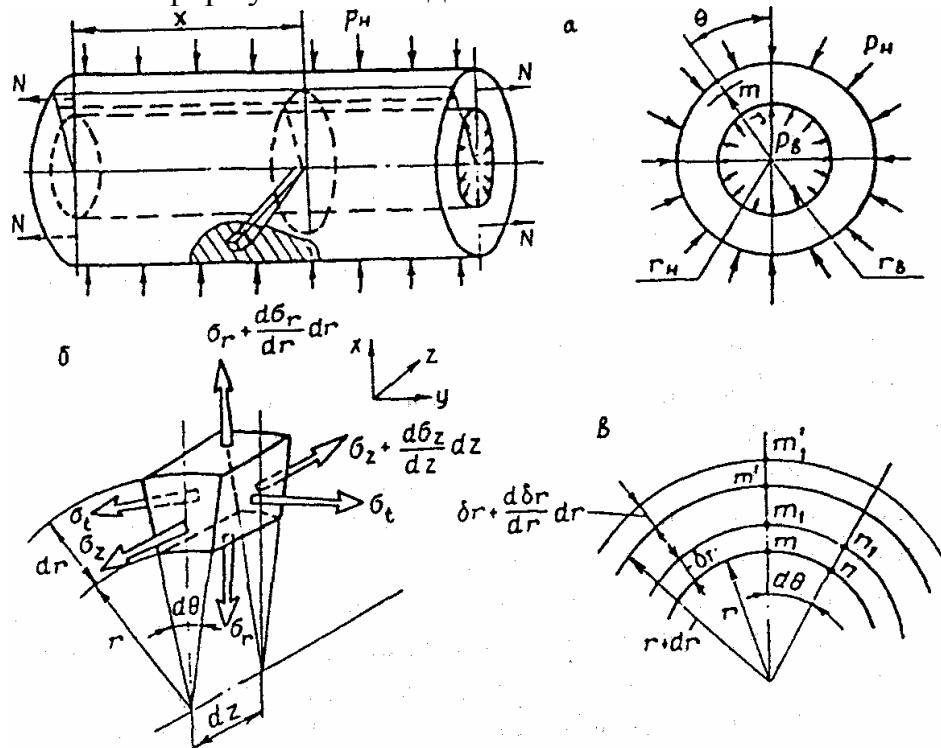


Рис. 2.10. К задаче Ляме-Гадолина.

$$\sigma_r = -p_e \frac{r_e^2}{r^2} \cdot \frac{r_h^2 - r^2}{r_h^2 - r_e^2} - p_H \frac{r_h^2}{r^2} \cdot \frac{r^2 - r_e^2}{r_h^2 - r_e^2}, \quad (2.7)$$

$$\sigma_t = p_e \frac{r_e^2}{r^2} \cdot \frac{r_h^2 + r^2}{r_h^2 - r_e^2} - p_H \frac{r_h^2}{r^2} \cdot \frac{r^2 + r_e^2}{r_h^2 - r_e^2}, \quad (2.8)$$

$$\sigma_z = \frac{N}{\pi(r_h^2 - r_e^2)}, \quad (2.9)$$

$$E\varepsilon_r = -\frac{2}{3} p_e \frac{r_e^2}{r^2} \cdot \frac{2r_h^2 - r^2}{r_h^2 - r_e^2} - \frac{2}{3} p_H \frac{r_h^2}{r^2} \cdot \frac{r^2 - 2r_e^2}{r_h^2 - r_e^2} - \frac{1}{3} \sigma_z, \quad (2.10)$$

$$E\varepsilon_t = -\frac{2}{3} p_e \frac{r_e^2}{r^2} \cdot \frac{2r_h^2 + r^2}{r_h^2 - r_e^2} - \frac{2}{3} p_H \frac{r_h^2}{r^2} \cdot \frac{r^2 + 2r_e^2}{r_h^2 - r_e^2} - \frac{1}{3} \sigma_z, \quad (2.11)$$

$$E\varepsilon_z = \sigma_z - \frac{2}{3} \cdot \frac{p_e r_e^2 - p_H r_h^2}{r_h^2 - r_e^2}. \quad (2.12)$$

Оевые напряжения в рассмотренном случае целиком зависят от величины суммарной продольной силы  $N$  и определяются соотношением  $\sigma_z = N / \pi(r_h^2 - r_e^2)$ . Оевые напряжения в стенках ствола артиллерийского орудия возникают от действия давления пороховых газов на дно каморы и дно снаряда, от силы инерции ствола, от тянувшей силы дульного тормоза. Действие этих сил не совпадает во времени. Из представленных формул видно, что нормальные напряжения не зависят от значений осевых напряжений, а относительные радиальные и тангенциальные дефор-

мации под их влиянием уменьшаются. Поэтому пренебрежение осевыми напряжениями при расчете поперечной прочности ствола приводит к увеличению запаса прочности.

На рис. 2.11 представлены эпюры распределения напряжений и деформаций в поперечном сечении трубы. Эпюры построены по формулам Ляме-Гадолина для двух крайних случаев и в предположении отсутствия осевой силы; относительные деформации для удобства изображения на эпюре домножены на модуль упругости  $E$ . Это произведение принято в теории артиллерийских стволов условно называть приведенным напряжением.

Обратим внимание на некоторые особенности напряженно-деформированного состояния в двух рассмотренных случаях.

Во-первых, наибольшие по абсолютной величине значения всех напряжений и деформаций, за исключением  $\sigma_r$ , при  $P_h = 0$ , соответствуют внутренней поверхности ствола. Во-вторых, тангенциальные напряжения и деформации в обоих рассмотренных случаях по абсолютной величине больше радиальных. В-третьих, тангенциальные и радиальные напряжения и деформации при наружном и внутреннем нагружениях противоположны друг другу по знаку, что позволяет использовать наружное нагружение для компенсации напряжений и деформаций от внутреннего нагружения, что в свою очередь дает основание скреплению как способу упрочнения стволов.

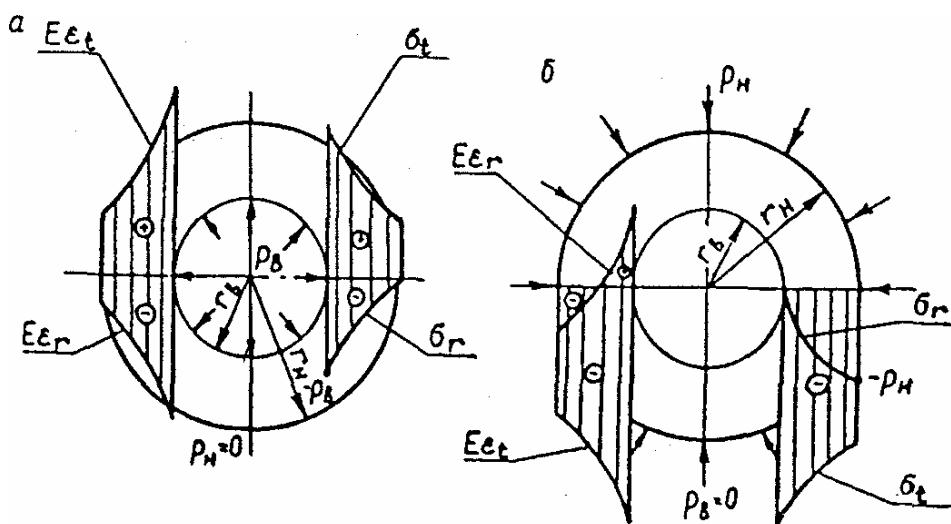


Рис. 2.11. Напряжения и деформации (эпюры) в стенке трубы при действии внутреннего (а) и наружного (б) давлении.

**Прочность ствола-моноблока.** В качестве расчетной схемы для каждого поперечного сечения моноблока в первом приближении может быть принято поперечное сечение рассмотренной в задаче Ляме-Гадолина цилиндрической трубы, нагруженной только внутренним давлением  $p_{kh}$  (рис. 2.11). Таким образом, ствол-моноблок рассматривается при допущениях задачи Ляме-Гадолина, что, несмотря на известную погрешность такой расчетной схемы, дает в совокупности с известными требуемыми запасами прочности надежный расчетный аппарат для назначения прочных толщин, стенок стволов-моноблоков.

Поскольку при выстреле ствол-моноблок нагружен только внутренним давлением, а тангенциальные напряжения являются наибольшими, то при  $p_e = p_{kh}$ ,  $r_h = r_2$

и  $r_e = r_1 = \frac{d}{2} + t$  выражение (2.11) можно представить в виде:

$$E\varepsilon_{t1} = \frac{2}{3} p_{kn} \frac{2r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2}. \quad (2.13)$$

Отсюда можно найти то давление в канале ствола, при котором наибольшее приведенное тангенциальное напряжение на внутренней поверхности ствола достигает величины предела упругости металла ( $\sigma_e = E\varepsilon_{t1}$ ):

$$p_1 = \frac{2}{3} \sigma_e \frac{r_2^2 - r_1^2}{2r_2^2 + r_1^2}. \quad (2.14)$$

Оно называется *пределом упругого сопротивления ствола-моноблока* (по теории наибольших деформаций). Аналогичные зависимости могут быть получены и по другим теориям прочности.

Это фундаментальное понятие теории артиллерийских стволов близко по сути к понятию несущей способности сечения ствола по отношению к внутреннему давлению, и поэтому фактический запас прочности  $n_{факт}$  в сечении определяется как отношение предела упругого сопротивления к действующему в данном сечении давлению пороховых газов, а условие прочности в сечении ствола записывается в виде:

$$n_{факт} = p_1 / p_{kn} > n_{треб.} \quad (2.15)$$

Увеличение предела упругого сопротивления означает повышение прочностного ресурса ствола, допускает повышение давления пороховых газов в канале ствола, то есть увеличение мощности орудий. Из полученного выражения видно, что повышение предела упругого сопротивления может быть достигнуто, во-первых, за счет увеличения предела упругости материала (повышения категории прочности стали) и, во-вторых, за счет увеличения толщины стенок ствола. Первый путь ограничивается возможностями металлургии, технологическими трудностями получения толстостенных заготовок из высоколегированной стали, их термообработки до высокой категории прочности.

Второй путь - повышение прочности стволов-моноблоков за счет увеличения толщины стенки - иллюстрирует рис. 2.12, на котором изображены график  $p_1 / \sigma_e$  и кривая роста массы ствола  $Q$  (единичной длины) с увеличением толстостенности  $r_2/r_1$ . График показывает, что даже при бесконечном увеличении толщины стенки предел упругого сопротивления ограничен определенной величиной; для второй теории прочности  $p_1 < 0,75 \sigma_e$ .

Из рис. 2.12 и эпюры напряжений и деформаций в стенке моноблока можно сделать следующие выводы.

1. При давлении пороховых газов, больших некоторой определенной для каждой теории прочности величины ( $p_1 < 0,75 \sigma_e$  по второй теории), при любой толщине стенки на внутренней поверхности моноблока появляются остаточные деформации; получить прочную конструкцию ствола-моноблока в этом случае невозможно.

2. При увеличении толщины стенок ствола свыше 0,8...1,0 калибра ( $r_2/r_1 > 2,5...3,0$ ) увеличение прочности моноблока идет медленно, а масса ствола рас-

тет быстро, что ведет к нерациональной конструкции. Область рациональных отношений  $r_2/r_1$  лежит в пределах 1,8...2,8.

3. Применение стволов-моноблоков ограничивается давлением в канале ствола, меньшем, чем  $0,6\sigma_e$  (по второй теории прочности) с учетом соображений п. 2 и требуемого запаса прочности. При  $p_{kh} > 0,6\sigma_e$  следует переходить к конструкциям стволов, в которых приняты специальные конструкторские и технологические меры по повышению прочности (скрепленные и автоскрепленные стволы).

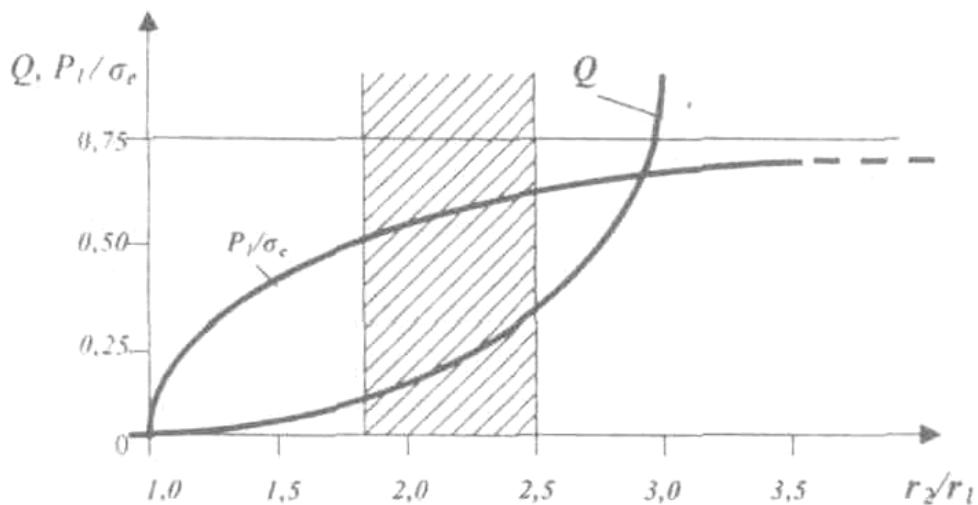


Рис. 2.12. Зависимость упругого сопротивления (вторая теория прочности) и массы моноблока от толщины стенки.

**Прочность с крепленного ствола.** Недостатком ствола-моноблока является неодинаковое участие его слоев в сопротивлении действию пороховых газов: при предельной нагрузке внутренних слоев наружные слои в значительной мере недогружены. Повысить прочность ствола можно, применяя скрепление тех его участков, на которых прочность моноблока недостаточна. Здесь рассмотрим стволы, скрепленные цилиндрами и кольцами (короткими цилиндрами), что принципиальных отличий не имеет.

Сущность скрепления состоит в том, что в стенке ствола при его изготовлении создаются напряжения, которые на внутренней наиболее напряженной поверхности ствола противоположны по знаку напряжениям, возникающим при выстреле. Во время выстрела эти специально созданные напряжения частично компенсируют напряжения от выстрела во внутренних слоях ствола, что и приводит к повышению прочности.

Для создания предварительных напряжений ствол изготавливается из двух или более слоев так, чтобы наружный радиус ( $i-1$ )-го слоя был больше внутреннего диаметра наружного  $i$ -го слоя (рис. 2.13)

Введем обозначения:  $q_i = 2r_{ih} - 2r_i$  - абсолютный диаметральный натяг (натяжение);  $\gamma_i = q_i / 2r_i$  - относительный натяг (натяжение). Например, для двухслойного ( $i = 2$ ) ствола  $q_2 = 2r_{2h} - 2r_2$  и  $\gamma_2 = q_2 / 2r_2$ . Чтобы надеть слои друг на друга, необходимо либо нагреть наружный слой (кожух), либо охладить внутренний слой (трубу), либо одновременно нагреть наружный слой и охладить внутренний.

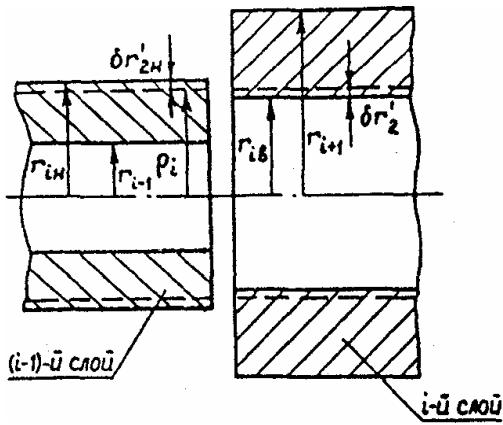


Рис. 2.13. Схема скрепления и размеры слоев скрепленного ствола.

Обычно из-за простоты идут первым путем: нагревают только наружный слой. В дальнейшем при остывании слои плотно прилегают друг к другу по контактной поверхности радиуса  $r_i$ .

Температура нагрева кожуха не должна превышать  $400^{\circ}\text{C}$ , чтобы не получать структурных превращений в стали, а следовательно, изменение ее механических свойств. Этим ограничивается и наибольший допустимый относительный натяг  $\gamma_i = 0,0025$ .

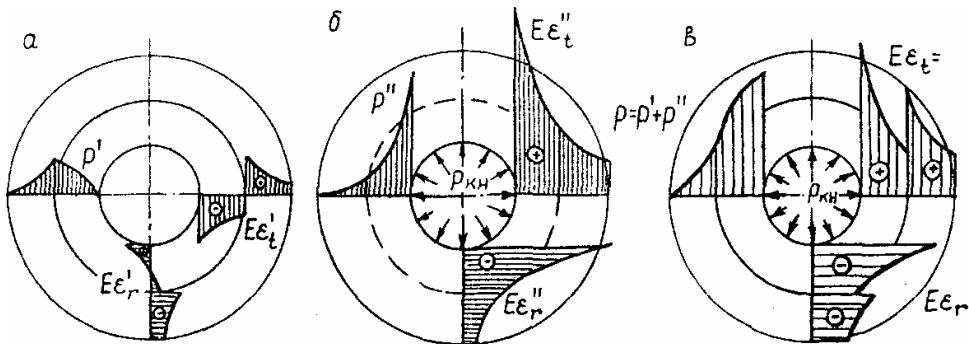


Рис. 2.14. Эпюры давлений и приведенных напряжений в скрепленном стволе.

После остывания между слоями устанавливается давление, называемое давление, произведенное скреплением и обозначаемое  $p'$ . Давление  $p'$  есть на скрепленных участках ствола до выстрела, при выстреле и остается после выстрела. Оно зависит от величины натяжения и размеров слоев.

При выстреле между слоями ствола появляется давление от выстрела, которое принято называть дополнительным давлением и обозначать  $p''$ . Оно зависит от давления в канале ствола и от размеров слоев.

На рис. 2.14 представлены эпюры давлений и напряжений в стенке двухслойного скрепленного ствола: *a* - эпюра произведенных скреплением давлений и приведенных напряжений; *б* - эпюра дополнительных (от выстрела) давлений и приведенных напряжений; *в* - эпюра суммарных давлений и приведенных напряжений в стенке ствола при выстреле. Последняя эпюра получена алгебраическим суммированием давлений и напряжений от скрепления и от выстрела, то есть использован принцип независимости действия сил. Как видно из суммарной эпюры, приведенные напряжения от выстрела на внутренней поверхности частично компенсированы, в чем и состоит эффект скрепления; напряжения распределены по толщине скрепленного ствола более равномерно, чем это было бы у моноблока тех же габаритов. При увеличении числа скрепляющих слоев эта равномерность увеличивается. В на-

стоящее время применяются, в основном, двухслойные скрепленные стволы, так как, с одной стороны, возросли показатели прочности орудийных сталей, а, с другой стороны, применение большого числа скрепляющих слоев неоправданно по производственно-экономическим соображениям.

**Прочность автоскрепленного ствола.** Идея автоскрепления сходна с идеей упрочнения скрепленных стволов и состоит, в основном, в создании в стенке ствола до выстрела благоприятно ориентированных остаточных напряжений. Однако получаются эти остаточные напряжения не за счет натяжения слоев, а за счет упругопластического деформирования металла ствола в процессе автоскрепления, то есть в процессе нагружения ствола (трубы, лайнера, оболочки) или заготовки ствола однократно внутренним давлением, превосходящим их упругое сопротивление. При нагружении давлением автоскрепления  $P_a > P_1$  в металле стенки ствола имеют место два явления: так называемое непрерывное скрепление и наклеп.

При нагружении давлением автоскрепления в стенке трубы образуется призывающая к внутренней поверхности зона радиуса  $\rho$  (рис. 2.15), в которой напряжения превысили предел упругости металла и которая после разгрузки имеет остаточные деформации. Эта зона препятствует возврату упруго деформированных наружных слоев трубы (зоны упругих деформаций) в исходное положение после снятия нагрузки. В результате взаимодействия зон остаточных и упругих деформаций внутренние слои трубы оказываются сжатыми, а наружные растянутыми. В стенке ствола создается так называемое непрерывное скрепление.

В зависимости от соотношения между  $P_a$  и  $P_1$  различают два случая:

1) полуупругий период - когда зона пластических деформаций составляет часть толщины трубы  $\rho < r_2$ ; (рис. 2.15, а);

2) период полной перегрузки - вся толщина трубы составляет зону пластических деформаций  $\rho = r_2$  (рис. 2.15, б).

Механизм образования непрерывного скрепления при полной перегрузке определяется тем, что наибольшие остаточные деформации возникают на внутренней поверхности и уменьшаются по мере удаления к наружной поверхности. Взаимодействие элементарных слоев трубы с разными по величине остаточными деформациями и приводит к сжатию внутренней поверхности.

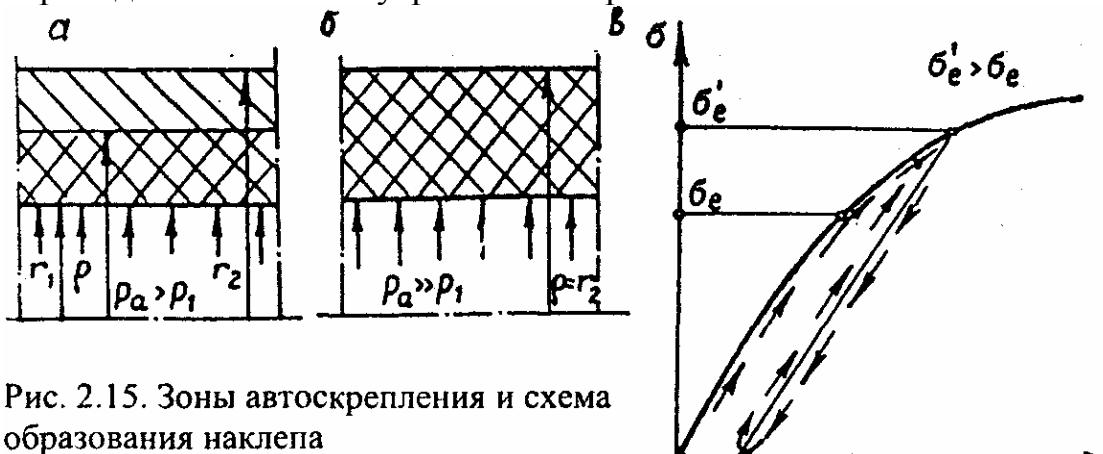


Рис. 2.15. Зоны автоскрепления и схема образования наклена

Явление наклена металла, имеющее место при автоскреплении, можно определить как повышение предела упругости металла при повторных нагрузлениях, если при первом нагружении напряжения превысили предел упругости (рис. 2.15, в).

где  $\sigma'_e$  - новое значение предела упругости).

В применении автоскрепления прослеживаются два направления. Первое игнорирует эффект непрерывного скрепления и использует большие наклепы; процесс автоскрепления проводится в период полной перегрузки с достижением относительных остаточных деформаций на внутренней поверхности порядка 0,06...0,1. Второе направление базируется на теории непрерывного скрепления (без больших наклепов). Величины остаточных деформаций на внутренней поверхности лежат в пределах 0,02...0,04, что соответствует полуупругому периоду для  $r_2/r_1 = 2,5...3$  (несколько увеличенное по сравнению с моноблоками соотношение радиусов объясняется тем, что автоскреплению, как правило, подвергается заготовка с припусками под мехобработку). Полная перегрузка может быть оправдана при автоскреплении отдельных элементов стволов (лейнеров, свободных труб, оболочек), имеющих малую относительную толщину стенок.

Процесс автоскрепления может быть осуществлен тремя способами: внутренним гидравлическим давлением; усиленным выстрелом; дорнированием, то есть протягиванием специального инструмента дорна через канал ствола. Однако практика показала, что характеристики автоскрепления могут быть гарантированы только при первом способе, когда организован тщательный контроль процесса.

В соответствии с использованием автоскрепления различают два способа его производства: закрытый и открытый. При закрытом способе заготовка помещается в составные матрицы и нагружается внутренним давлением. Матрицы изготавливаются так, чтобы зазоры между их внутренними поверхностями и наружной поверхностью заготовки обеспечивали в процессе нагружения нужную величину автоскрепления. При открытом способе скрепления заготовка представляет собой цилиндрическую трубу с радиусами  $R_1$  и  $R_2$  соответственно с учетом припусков. При открытом способе относительно просто организовывается скрепление ступенчатой заготовки, имеющей разное давление автоскрепления на разных участках.

Рассмотрим напряжения в стенке толстостенной трубы-заготовки с радиусами  $R_1$  и  $R_2$ , подвергнутой давлению автоскрепления  $P_a$  в результате чего зона остаточных деформаций доведена до радиуса  $\rho$ . Эпюры распределения давления по толщине трубы в процессе автоскрепления представлены на рис. 2.16, а. На внутренней поверхности трубы давление равно  $P_a$ , на окружности радиуса  $\rho$  - пределу упругого сопротивления упругой зоны  $P_\rho$ , а на наружной поверхности - нулю.

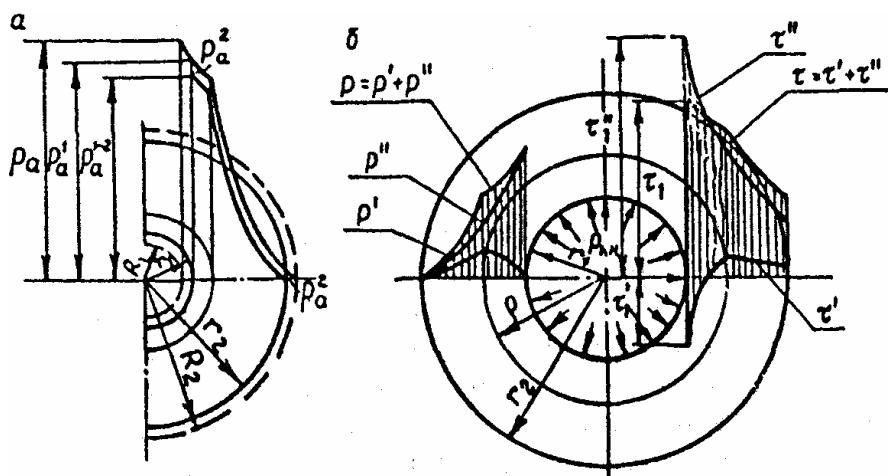


Рис. 2.16. Эпюры напряжений и давлений в стенке автоскрепленного ствола.

После снятия давления автоскрепления вследствие остаточных деформаций зоны  $r_1 - \rho$  возникнут произведенные автоскреплением давления и соответствующие им напряжения. Закон их распределения по толщине трубы подчиняется зависимостям задачи Ляме-Гадолина при условии отсутствия вторичных остаточных деформаций. При выполнении этого условия характер распределения произведенных давлений и приведенных напряжений (или касательных напряжений) представлен на рис. 2.16, б.

После проведения механической обработки и снятия припусков происходит перераспределение произведенных давлений и напряжений в сторону их уменьшения, однако общий характер их сохраняется.

При выстреле в стенках ствола возникают дополнительные давления  $p''$  и напряжения  $\tau''$ . Суммарные давления и напряжения определяются алгебраической суммой произведенных дополнительных давлений и напряжений (рис. 2.16, б).

Прочность лейнированного ствола. Лейнированные стволы, как и стволы, скрепленные цилиндрами, являются составными по толщине. Лейнирование является радикальным средством повышения фактической живучести ствола, так как в лейнированном стволе внутренний слой может быть сравнительно просто заменен при его износе. Это обеспечивается предусмотренным между слоями конструктивным зазором, который, как правило, выбирается при выстреле и восстанавливается после окончания стрельбы. Наличие зазора дает и другие возможности. Такая конструкция позволяет осуществить дуплексирование, то есть унификацию лафета и некоторых узлов ствольно-затворной группы, для орудий разных калибров. При составной по толщине конструкции ствола можно обеспечить рациональный выбор материалов для слоев, применять сталь с различной категорией прочности в соответствии с напряженным состоянием слоев, а также специальные жаропрочные износостойкие материалы для внутреннего слоя. Данная конструктивная схема для крупных калибров заменяет моноблок с толщиной стенки больше допустимой по условию прокаливаемости. Для стволов с непрерывным охлаждением наиболее просто организуется охлаждающий тракт.

Выделяют три конструктивные разновидности лейнированных стволов: со свободным лейнером, со свободной трубой и с лейнирующей жаропрочной втулкой. Свободный лейнер, представляющий собой длинную трубу с толщиной порядка  $(0,1 \dots 0,2)d$ , чрезвычайно сложен в изготовлении - необходимы высокие чистота и точность обработки поверхностей и отсутствие коробления. Возможность замены внутренней трубы через затворное гнездо без съема казенника, а также возможность организовать тракт межслойного охлаждения по всей длине ствола определяют применимость стволов со свободным лейнером для высокотемпных артиллерийских автоматов малого и среднего калибров.

Свободная труба, имеющая толщину порядка  $(0,3 \dots 0,5)d$ , более технологична, так как тщательно обрабатывается лишь на участке, покрываемом оболочкой, она обеспечивает возможность рационального выбора материалов для слоев. Однако замена свободной трубы возможна лишь в заводских условиях. Таким образом, применение свободной трубы имеет смысл для орудий крупного калибра, в которых невозможно применение моноблоков с высокой категорией прочности стали из-за большой толщины стенки.

Применение сменных лейнирующих втулок целесообразно для стволов высо-

котемпных автоматических орудий, имеющих интенсивный износ в начале калиберной части канала.

Для лейнированных стволов различают два гарантированных диаметральных зазора: наименьший  $2e_{\min}$  и наибольший  $2e_{\max}$ . Наименьший зазор определяется возможностью замены внутренней трубы и принимается в пределах 0,02...0,05 мм. Для облегчения смены наружную поверхность лайнера (или контактную поверхность свободной трубы) делают коническими с конусностью 0,0025...0,0004. Наибольший зазор обусловлен необходимой прочностью внутреннего слоя и принимается в пределах 0,1...0,3 мм, для крупных калибров до 0,4 мм. Меньшие из указанных зазоров относятся к лейнированным стволам и стволам с лейнирующими втулками, большие - к стволам со свободными трубами.

Сопротивление стенок лейнированного ствола давлению пороховых газов при выстреле можно условно разделить на два этапа: до выбора зазора между лайнером и оболочкой и после выбора зазора. В дальнейшем лайнером будем называть внутренний слой, а оболочкой - наружный.

До выбора зазора лайнер один оказывает сопротивление давлению пороховых газов, напряжения в оболочке от давления пороховых газов отсутствуют. Давление в канале ствола  $p_1^0$ , при котором происходит выбор зазора и прилегание наружной поверхности лайнера к внутренней поверхности оболочки, называется давлением прилегания:

$$p_1^0 = Ee \left( \rho^2 - \eta^2 \right) / 2\rho\eta^2 \quad (2.16)$$

Если  $p_1^0$  меньше давления в канале ствола при выстреле, то оболочка участвует в сопротивлении действию давления пороховых газов.

После выбора зазора прочность ствола будет обеспечиваться совместной работой лайнера и оболочки. Таким образом, давление пороховых газов можно представить как сумму давления прилегания  $p_1^0$  и некоторого дополнительного давления  $p_{\text{кн}}''$ , осуществляющего совместную деформацию лайнера и оболочки:

$$p_{\text{кн}} = p_1^0 + p_{\text{кн}}''. \quad (2.17)$$

Расчеты показывают, что в стволах с зазором между слоями наиболее нагруженным является первый (внутренний) слой. Это позволяет для второго (наружного) слоя применять материал с пониженными прочностными характеристиками.

Во время выстрела лайнер или лейнирующая втулка подвергаются растяжению осевой силой и кручению моментом, вызванным давлением снаряда на боевую грань нарезов. Вследствие малой толщины лайнера или лейнирующей втулки при расчете прочности необходимо, в отличие от толстостенных конструкций стволов, учитывать указанные воздействия.

#### 2.1.4. Нагрев и искусственное охлаждение стволов

Основным источником тепла в артиллерийских стволах являются пороховые газы, имеющие высокое давление, скорость и температуру. Количество тепла, поступающего в ствол от пороховых газов, определяется не только их природой и параметрами состояния, но и временем воздействия на тот или иной участок ствола

(рис. 2.17). Специфические особенности малокалиберной артиллерии (высокий темп стрельбы, высокоэнергетические пороха, малый вес, отстрел большого боекомплекта) приводят к высокому нагреву стволов, в том числе и от трения (до 25 % от общего количества тепла).

Применение длинных тонкостенных стволов для танковых и противотанковых пушек заставляет учитывать при анализе теплового состояния ствола тепло от солнечной радиации. Хотя его количество невелико относительно тепла, поступающего от пороховых газов, однако нагрев от него носит существенно односторонний характер, вызывая так называемый тепловой изгиб ствола. Этот изгиб может усугубляться технологической разностенностью ствола и существенным образом сказываться на точности стрельбы.

Влияние нагрева ствола на работу артиллерийского орудия сказывается по следующим направлениям.

1. Интенсивный нагрев внутренней поверхности ствола вызывает повышенный износ поверхности канала ствола, снижение живучести ствола.

2. Нагрев ствола существенно влияет на условия работы ведущих устройств снаряда и ведение снаряда по каналу. Тепловое расширение канала приводит к увеличению зазора между стенкой ствола и ведущими частями снаряда. Например, при прогреве стенки ствола до  $400^{\circ}\text{C}$  зазор между центрирующим утолщением снаряда и полями нарезов может увеличиться более чем в два раза. Нагрев относительно тонкого дульного участка ствола приводит к так называемому дальному растробу, особенно ухудшающему условия вылета снаряда. Все это отрицательно сказывается на точности стрельбы.

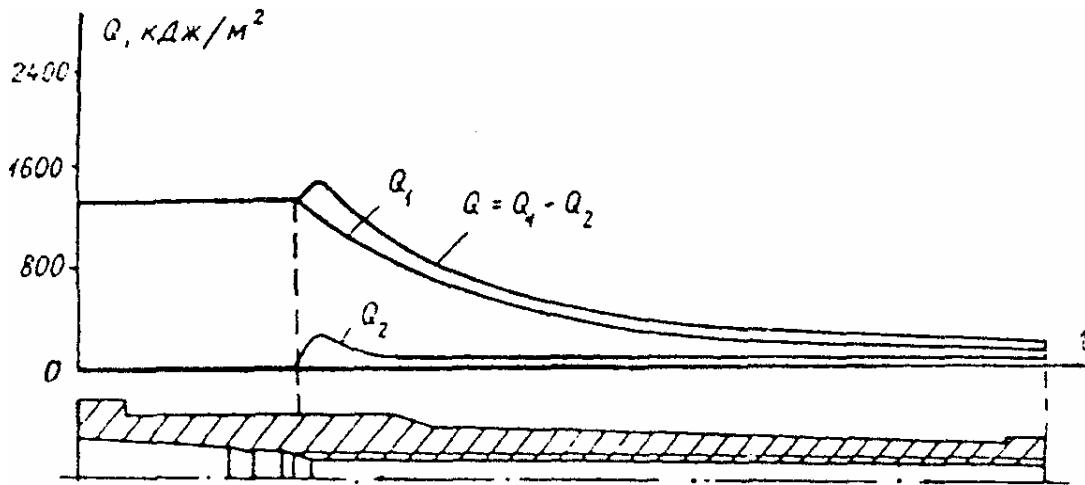


Рис. 2.17. Количество тепла, поступающего на единицу поверхности ствола при выстреле:

$Q_1$  – от пороховых газов;  $Q_2$  – от трения ведущих элементов снаряда о поверхность канала ствола

3. Возникающий вследствие нагрева перепад температуры по толщине стенки ствола приводит к появлению тепловых (термических, температурных) напряжений, которые необходимо учитывать при оценке прочности ствола. Также необходимо учитывать и существенное изменение механических характеристик орудийных сталей с ростом температуры.

4. Падение упругих свойств материала ствола при нагреве ведет к снижению

его жесткости, что в значительной мере увеличивает статический прогиб и динамический изгиб ствола при выстреле и тем самым увеличивает рассеивание снарядов. Кроме того, неравномерный лучистый нагрев сечений ствола по контуру, неравномерный нагрев по длине, неодинаковое охлаждение от осадков и ветра вызывают дополнительный тепловой изгиб ствола, также отрицательно влияющий на точность стрельбы.

5. Нагрев вызывает тепловые деформации деталей ствольной группы, величины которых необходимо знать для установления обоснованных зазоров в соединениях элементов ствола между собой и с деталями лафета.

6. Разогрев ствола в камерной части и нагрев гильзы могут существенно влиять на условия работы гильзы при выстреле и ее экстракцию, а также на термостойкость боеприпаса при эксплуатации орудия, так как возможно самосрабатывание элементов боеприпаса в канале ствола при прекращении стрельбы или при перерывах в стрельбе, связанных с подготовкой стрельбы, с осечками, с нахождением ствола в опасных зонах наведения и т. п. Особенно это важно для систем картузного заряжания и таких систем гильзового заряжания, у которых в перерывах стрельбы патрон остается в патроннике. Несмотря на удаленность элементов боеприпаса от нагретых поверхностей, со временем тепло может достигнуть их и вызвать самосрабатывание. Для снаряда это время может составлять несколько минут, для заряда - несколько секунд. Для исключения самосрабатывания боеприпаса необходимо все стрельбы выполнять с соблюдением допустимых режимов огня, а при отработке конструкций артсистем проводить тщательный анализ теплового состояния всех элементов ствола и боеприпасов.

Характерной особенностью процесса нагрева ствола является то, что промежуток времени, в течение которого ствол получает тепло для каждого отдельного выстрела, составляет доли секунды, а само тепло воспринимается в течение выстрела лишь тонким слоем металла, прилегающим к поверхности канала ствола. Это хорошо видно по экспериментальным кривым температуры внутреннего слоя ствола 130-мм орудия для моментов времени от 5 до 25 мс (рис. 2.18). Практически на расстоянии 1,5 мм от поверхности ствола температура в момент выстрела не повышается, а на глубине 1 мм не превосходит 100°C. В то же время в слое толщиной 50...100 мкм, непосредственно примыкающем к поверхности, температура составляет несколько сотен градусов, а в орудиях особо высокой мощности и скорострельности на последних выстрелах достаточно длинной очереди (серии) может достигать точки плавления орудийной стали.

После выстрела тепло распространяется в глубину стенки, и к началу следующего выстрела температура по толщине стенки несколько выравнивается, но градиент остается значительным. Величина его определяется временем перерыва между выстрелами, интенсивностью охлаждения (естественного или искусственного), теплопроводностью материала ствола.

На рис. 2.19 приведены расчетные температурные кривые одиночного выстрела (*α*), для серии из трех выстрелов (*β*) и очереди из восьми выстрелов (*γ*). Обратим внимание на сдвиг максимума температуры во времени для средней (кривая 2) по толщине точки и особенно для наружной поверхности (кривая 3) по отношению к поверхности канала (кривая 1).

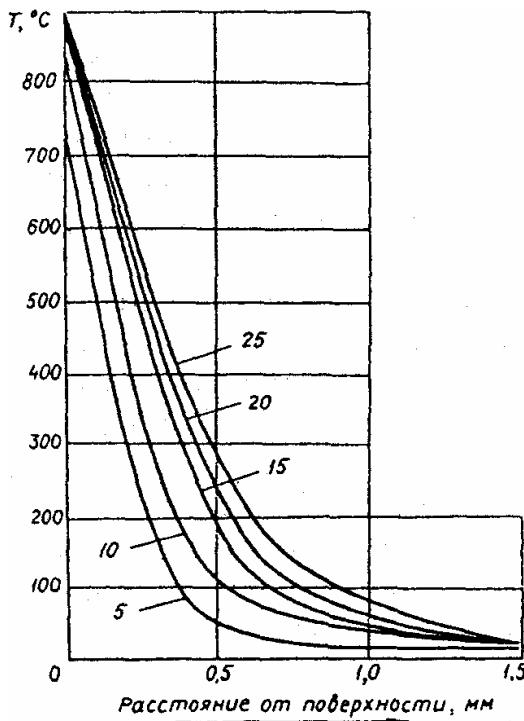


Рис. 2.18. Температурное поле стенки ствола во время выстрела

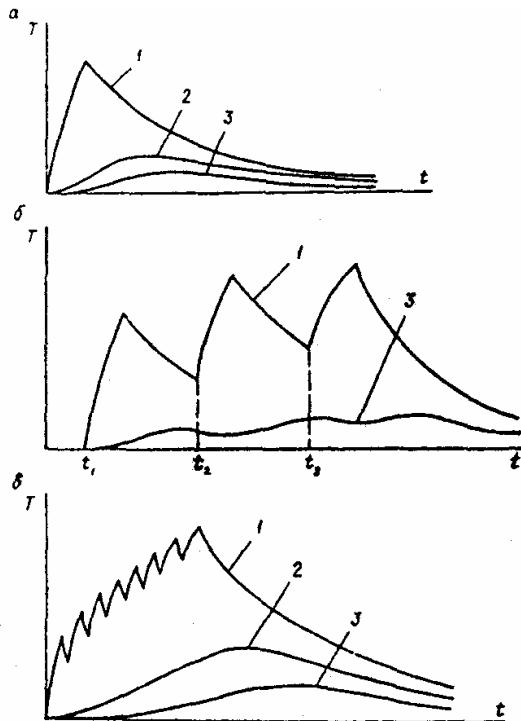


Рис. 2.19. Температурные кривые в стенке ствола

Для ликвидации или уменьшения отрицательного влияния нагрева на работу ствола на практике часто приходится прибегать к установлению предельных режимов стрельбы и предусматривать перерывы в стрельбе для охлаждения ствола. Это приводит к ухудшению боевых свойств орудий, так как при естественном охлаждении существенное снижение температуры ствола может быть достигнуто только при длительных перерывах в стрельбе, составляющих десятки минут. Например, ствол среднего калибра, нагретый до температуры 300...350°C, охлаждается на воздухе до температуры 100°C за 30...60 мин, а для охлаждения до температуры окружающего воздуха требуется 2...3 часа в зависимости от калибра орудия и внешних условий.

В целях уменьшения нагрева стволов, его отрицательного влияния на работу орудия и для обеспечения более высоких режимов огня в некоторых типах орудий (например, в корабельных) находят применение так называемые холодные пороха (пороха с пониженной температурой горения), а для большинства орудий флегматизаторы, позволяющие уменьшить тепловое воздействие выстрела на ствол. Помимо этого, применяют и другие конструктивные мероприятия, такие, как увеличение толщины стенки (для пушек малого калибра), увеличение наружной поверхности с помощью ребер или радиаторов и т. п.

Более эффективной мерой борьбы с нагревом и его нежелательными последствиями является искусственное охлаждение стволов. Виды искусственного охлаждения стволов различны, однако в основе всех способов лежит одна и та же техническая мысль: тепло, поступающее в ствол при стрельбе, передается подвижному охлаждающему агенту, который воспринимает его полностью или частично и уносит с собой.

**Непрерывное охлаждение.** *Межслойное охлаждение* наиболее эффективно из разновидностей непрерывного охлаждения. Оно сочетает в себе в полной мере достоинства непрерывного охлаждения и в определенной мере достоинства периодического охлаждения: непрерывность теплосъема и подвод охладителя близко к по-

верхности канала ствола, чем обеспечивается интенсивное охлаждение. Стволы с межслойным охлаждением имеют свободную или скрепленную трубу с продольными канавками для прохода жидкости по поверхности контакта внутренней и наружной труб. Канавки для охладителя могут быть отдельно как на трубы (рис. 2.20, б) или кожухе (рис. 2.20, а), так и на трубе и кожухе совместно (рис. 2.20, в). Форма поперечного сечения канавок может быть различна: полукруглые, прямоугольные, трапецидальные и т. д.

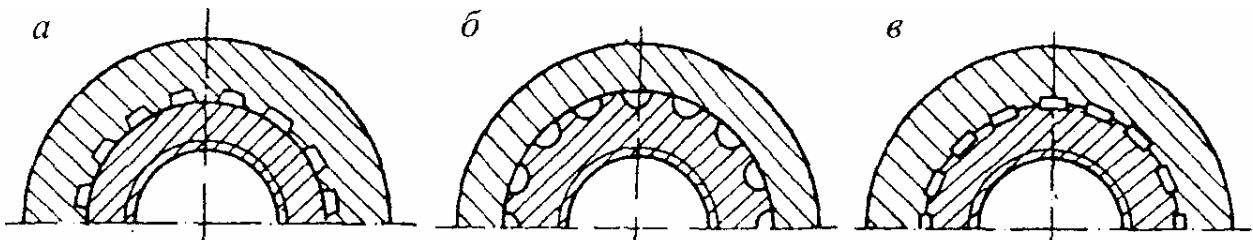


Рис. 2.20. Схемы поперечных сечений стволов с межслойным охлаждением.

Обычное количество их от 8 до 50. По длине кожух и труба могут иметь посадки с натягом или зазором, обусловленные требуемыми запасами прочности по стволу. С точки зрения эффективности межслойного охлаждения, целесообразно размещать канавки на трубе, как на наиболее нагретом слое. Но в силу экономических и технологических соображений канавки располагают иногда на кожухе, так как при этом отпадают операции получения канавок на лейнере, что выгодно, если предусматривается его замена. Конструкцию с канавками на трубе и кожухе одновременно следует считать нетехнологичной.

*Наружное охлаждение.* Ствол с наружным охлаждением представляет собой трубу-моноблок, воспринимающую всю нагрузку от выстрела. Поверх трубы одет кожух с кольцевым зазором, предназначенный для циркуляции охлаждающей жидкости. Так, в многоствольной пушке ГШ-6-30К в полость между стволами нагнетается жидкость и, проходя вдоль стволов, охлаждает их (рис. 2.21). Эта система охлаждения требует наличия емкости, насоса, системы подвода и отвода жидкости, достаточно сложной схемы уплотнителей.

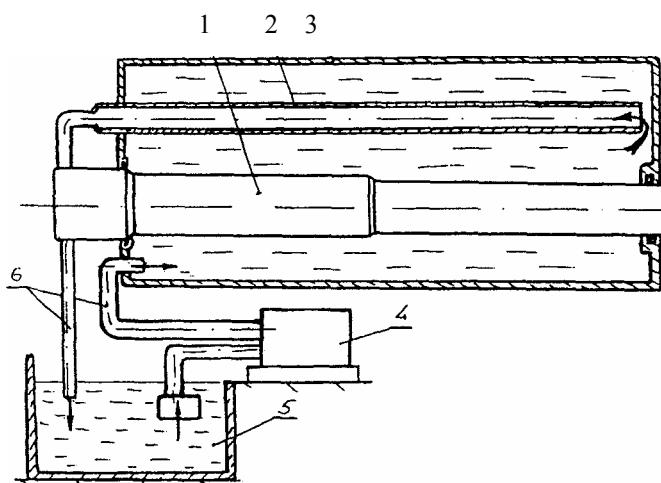


Рис. 2.21. Система охлаждения пушки ГШ-6-30К:  
1 - ствол; 2 - трубка; 3 - кожух; 4 - насос; 5 - емкость; 6 - трубопровод.

В авиационных пушках ГШ-301 и ПШ-30К охлаждению подвергается наиболее нагретая часть ствола (район начала нарезов) путем воздействия на наружную поверхность перегретым паром. Схема работы охлаждающего устройства показана на рис. 2.22, где на стволе 1 расположена емкость 4 с охлаждающей жидкостью 2,

запираемая клапаном 3. При стрельбе ствол и кожух (емкость) разогреваются, передавая тепло жидкости, которая начинает испаряться. При повышении давления пара клапан срабатывает, и пар устремляется по проточкам, нанесенным на наружной поверхности ствола, охлаждая последний. Отработанный пар выпускается в атмосферу, расход жидкости при этом невелик, что можно отнести к достоинствам схемы.

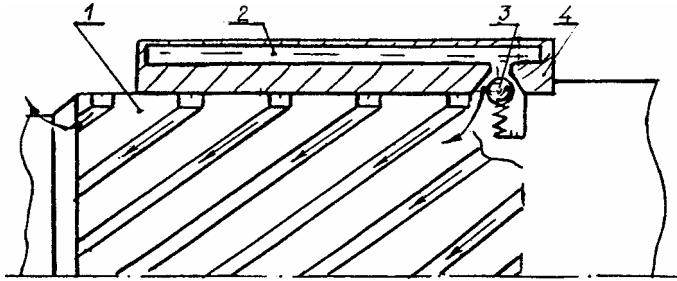


Рис. 2.22. Системы охлаждения ствола ГШ-301.

Возможно также наружное оребрение трубы для увеличения площади поверхности, соприкасающейся с воздухом.

*Межслойно-наружное охлаждение.* Очень часто, в особенности при длинных стволах, целесообразным оказывается сочетание на длине ствола межслойного и наружного охлаждения, то есть межслойно-наружное непрерывное охлаждение. При данном виде охлаждения казенная часть ствола, воспринимающая максимальное давление пороховых газов и подвергающаяся максимальному нагреву, выполняется по схеме межслойного охлаждения, а дульная часть ствола, где толщина стенки меньше, - по схеме наружного охлаждения.

*Периодическое охлаждение.* *Внутреннее (форсуночное) охлаждение* является охлаждением в промежутках между выстрелами. Это наиболее эффективный тип периодического охлаждения. После каждого выстрела внутрь ствола через специальные форсунки под давлением впрыскивается определенное количество охлаждающей жидкости или газожидкостной смеси. При этом значительная часть тепла, поступившего на поверхность канала при выстреле, сразу же отводится. Жидкость может впрыскиваться как от насоса с внешним приводом, так и от автоматического устройства, использующего энергию выстрела (пушка НН-30). Данный тип охлаждения позволяет использовать штатные стволы с минимальными конструктивными доработками для осуществления охлаждения, обеспечить высокую эффективность охлаждения в наиболее теплонапряженной части ствола. Наряду с этим имеются существенные недостатки: невозможность обеспечить равномерность охлаждения ствола по его длине и периметру из-за ограниченности числа форсунок и длины факела струи; трудности в обеспечении надежного функционирования и живучести форсунок, подвергающихся засорению и эрозии; необходимость автоматической дозировки количества подаваемой жидкости.

*Охлаждение ствола после очереди выстрелов* является наиболее старым способом периодического охлаждения. Сущность охлаждения после очереди выстрелов заключается в том, что после стрельбы в предельно допустимом (из условия нагрева ствола) режиме делается перерыв и в канал ствола подается жидкость. Причем, охлаждение может производиться либо по замкнутому циклу, когда сквозь разогретый ствол прокачивается ограниченный объем жидкости, либо на выброс, когда жидкость испаряется или сливается через дульный срез. Главным недостатком этого

способа охлаждения является необходимость перерыва стрельбы на сравнительно длительное время (свыше 5 мин) для установки и снятия приспособления и собственно охлаждения.

*Комбинированное охлаждение.* Требования современного боя по режимам ведения огня не всегда могут быть обеспечены одним из рассмотренных видов охлаждения стволов. Требуется применение одновременно непрерывного охлаждения ствола в сочетании с периодическим (форсуночным), то есть комбинированного охлаждения. Такое охлаждение, хотя и сложнее в конструктивном отношении, позволяет добиться наибольшей эффективности охлаждения.

### **2.1.5. Живучесть стволов**

Стремление повысить мощность и скорострельность артиллерийских орудий неизбежно вызывает трудности в обеспечении ряда их эксплуатационных характеристик, в частности, приемлемого срока службы стволов. Известно, что повышение начальной скорости снаряда, ужесточение режимов стрельбы приводит к интенсивному износу канала ствола и, как следствие, к падению баллистических свойств орудия после непродолжительной эксплуатации, то есть к потере живучести ствола. Низкая живучесть ствола становится, таким образом, препятствием на пути совершенствования всего ствольного комплекса, а вопросы износа и живучести вырастают в проблему, от решения которой во многом зависит прогресс в развитии ствольной артиллерии.

Общие положения по износу и живучести стволов. Под *износом ствола* понимаются всякие необратимые изменения поверхности канала ствола, обусловленные воздействием на нее выстрела. Таким образом, износ ствола - это не только \* изменение размеров и формы его канала, но и образование на нем X сетки трещин, химические и структурные превращения в материале, остаточные деформации поверхности и т. д.

Под *живучестью ствола* понимается свойство ствола в составе орудия сохранять требуемые баллистические качества в процессе эксплуатации. Количественно живучесть определяется числом выстрелов, вызывающих такой износ ствола, при котором орудие перестает обеспечивать решение присущих ему боевых задач с требуемой эффективностью.

Связь между износом и живучестью артиллерийских стволов проявляется через внутреннюю баллистику изношенного ствола и поведение снаряда в нем. У орудий раздельного заряжания износ начала ведущей части канала приводит к тому, что снаряд после досылки располагается дальше, чем в новом стволе на величину  $\Delta\lambda_1$  (рис. 2.23). Это в свою очередь приводит к увеличению начального объема каморы, уменьшению пути снаряда и изменению коэффициента уширения каморы, что в совокупности и определяет падение дульной скорости снаряда. У орудий унитарного заряжания нет изменений пути снаряда, коэффициента уширения и начального объема каморы при изношенном стволе. Но и в этом случае баллистический процесс и условия врезания и ведения снаряда существенно изменяются по сравнению с новым стволов. Так, движение снаряда начинается при давлении распатронирования, меньшем чем давление форсирования, а врезание в нарезы происходит после того, как снаряд прошел некоторый путь и приобрел значительную скорость. Как и у ору-

дий раздельного заряжания, существенно увеличивается трение, а прорыв газов в начале движения снаряда еще более существенен. Все это в совокупности приводит к снижению дульной скорости снаряда и создает условия к срезанию ведущих поясков снаряда.

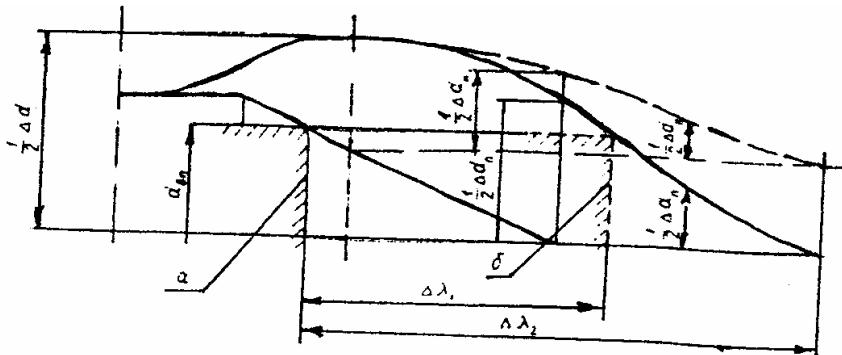


Рис. 2.23. Схема износа начального участка нарезов:

- а - положение ведущего пояска снаряда перед выстрелом в новом стволе;
- б- положение ведущего пояска снаряда перед выстрелом в изношенном стволе.

Практикой эксплуатации артиллерийских систем выработаны критерии, по которым оценивается живучесть стволов. Численные значения этих критериев могут меняться по тактико-техническим, экономическим и другим соображениям, так что приведенные ниже значения следует рассматривать как ориентировочные. *Критерии живучести стволов'*.

1. Падение начальной скорости снаряда: на 10% - для орудий наземной артиллерии; на 5 % - для орудий корабельной артиллерии; на 3% - для танковых и противотанковых пушек. Падению начальной скорости соответствует снижение максимального давления пороховых газов при выстреле, что тоже может быть использовано в качестве критерия живучести.

2. Наблюдаемое три раза подряд восьмикратное увеличение произведения площади рассеивания.

3. Регулярное (более 30%) невзведение инерционного взрывателя при стрельбе наименьшим зарядом.

4. Систематическое срезание ведущего пояска (срыв снаряда с нарезов) при стрельбе из нарезного ствола или демонтаж оперенного подкалиберного снаряда в гладкостенном стволе.

5. Увеличенная овальность пробоин при стрельбе по щиту. Для наземной артиллерии, например, принято, что при стрельбе на дистанции 40...60 м отношение максимального размера хотя бы одной пробоины к ее минимальному размеру более 1,5 недопустимо, и ствол выбраковывается. При отношении 1,2... 1,5 ствол дополнительно проверяется на кучность боя.

Очевидно, что по перечисленным критериям орудия могут проверяться только при специально организованных стрельбах с наблюдениями и замерами, поэтому для штатных орудий всех образцов устанавливается число выстрелов, после которых на полигоне производятся контрольные испытания с замером начальной скорости снарядов, с измерением кучности, овальности пробоин и т. д. Испытания на живучесть ствола могут идти попутно со стрельбами, имеющими другие цели, но проводимыми при значительном расходе боеприпасов. В этом случае необходимо знать и использовать так называемые коэффициенты или таблицы приведения к основно-

му типу снаряда, к нормальной температуре заряда и к полному заряду. В период между контрольными испытаниями наблюдение за живучестью ствола производится по показателям износа. Принято подразделять износ на эрозионный, возникающий вследствие термомеханического воздействия пороховых газов, механический - вследствие механического воздействия на поверхность канала ведущих элементов снаряда и химический, обусловленный химическим взаимодействием пороховых газов и металла ствола. В различных типах орудий имеются все три вида износа с преобладающим влиянием эрозионного или механического, однако в любом случае определяющим фактором износа является нагрев поверхности канала ствола.

Износ ведущей части канала ствола происходит неравномерно как по длине ствола и контуру нарезов, так и во времени эксплуатации. Большинство стволов артиллерийских орудий выходят из строя вследствие износа начала ведущей части канала. Неравномерность диаметрального износа канала ствола по длине для нарезных орудий показана на диаграмме рис. 2.24. Наибольшее увеличение диаметра канала ствола по полям (назовем это диаметральным износом по полям) наблюдается на длине 5...10 калибров от начала нарезов, минимальный износ - в средней части, несколько увеличенный - в дульной части. Обычно величина износа полей в 2...3 раза превышает износ по дну нарезов. Показатели износа прогрессируют во времени и в определенный момент приобретают характер интенсивного роста.

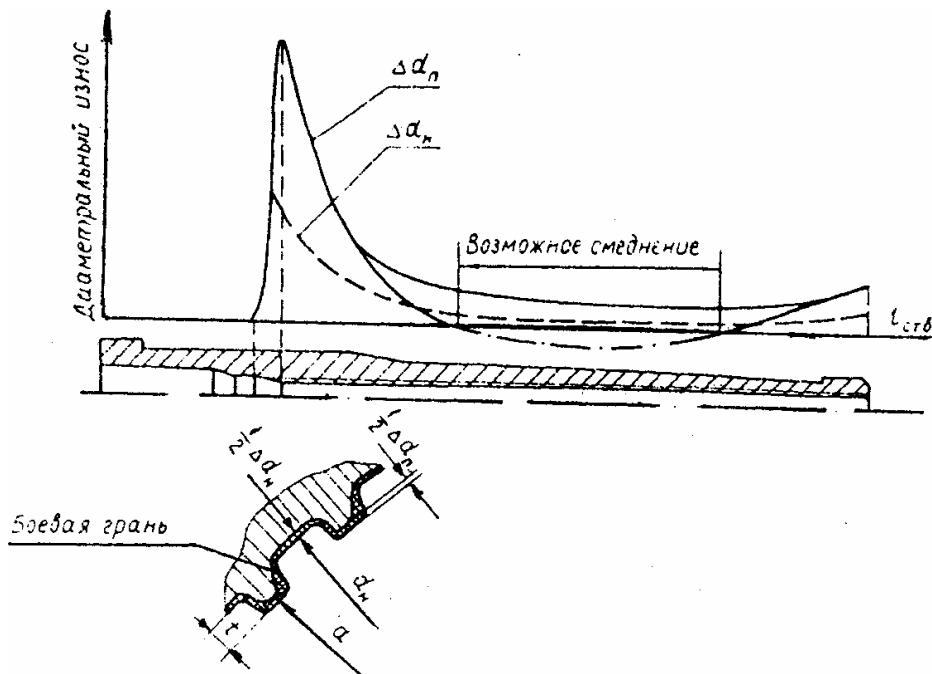


Рис. 2.24. Диаграмма износа канала нарезного ствола в продольном и поперечном направлениях.

Отмеченные закономерности износа направляющей части канала позволяют в период между контрольными испытаниями на живучесть использовать в качестве критериев баллистического состояния ствола удлинение зарядной каморы  $\Delta\lambda_1$  или диаметральное увеличение размеров канала по полям (диаметральный износ по полям)  $\Delta d_n$ .

И для замеров удлинения зарядной каморы, и для замеров диаметрального износа применяются специальные механические и оптические инструменты, а переход к величине падения начальной скорости снаряда осуществляется с помощью таблиц,

содержащих табулированную функцию  $\Delta V_0 = f(\Delta \lambda_1)$  или  $\Delta V_0 = f(\Delta \lambda_n)$ . Указанные таблицы составляются для образца орудия на контрольных испытаниях и соответствуют некоторому среднему закону изменения начальной скорости снаряда в зависимости от инструментального показателя износа.

**Факторы, влияющие на живучесть стволов.** *Баллистические факторы.* Такие баллистические характеристики, как давление пороховых газов, скорость движения снаряда, время внутрибаллистического процесса и, в первую очередь, температура пороховых газов, являются определяющими для износа и живучести стволов, так как именно от них зависит тепловая и силовая нагруженность рабочей поверхности канала ствола. В табл. 2.2 приведены результаты отстрела на живучесть 100-мм полевой пушки при порохах разной калорийности с наличием и отсутствием флегматизатора в составе заряда.

Таблица 2.2

Результаты отстрела на живучесть 100-мм пушки

Марка пороха	Удельная теплота сгорания, кДж/кг	Температура горения, К	Живучесть, кол-во выстрелов	Наличие флегматизатора
100/56	3,60	2860	1600	есть
НДТ-3 18/1	3,19	2500	3800	есть
100/56	3,60	2860	900	нет
НФ-18/1	3,27	2640	2100	нет
НДТ-3 18/1	3,19	2600	1700	нет
500 5/2)	2,82	2080	3800	нет

**Конструктивные характеристики ствола и снаряда.** Форма, конструктивные размеры, материал ведущих элементов снаряда и ведущей части канала ствола существенно влияют на показатели износа и живучесть ствола. Конусность и длина конуса врезания, уширение каморы, число, профиль, ширина, глубина и угол подъема нарезов, с одной стороны, и конструкция, число и материал ведущих поясков, с другой стороны, определяют (наряду с баллистическими характеристиками) усилия и динамичность взаимодействия снаряда с нарезным каналом ствола. От интенсивности этого взаимодействия, происходящего, как правило, в разогретом стволе, во многом зависит интенсивность износа, а, следовательно, и живучесть ствола. Рекомендации о степени влияния отдельных конструктивных параметров ствола и снаряда на живучесть носят качественный характер и базируются на опытных данных. Так, проведенные опыты показали, что при увеличении глубины нарезов с 1% до 1,5...2% от калибра при соответствующем изменении конструкции ведущих элементов снаряда существенно повышается живучесть стволов. Причем, критерием живучести становится падение начальной скорости, тогда как для стволов с мелкой нарезкой критерием служило систематическое срезание ведущих поясков. Также опытами установлено, что увеличение длины хода нарезов с 25 до 30 калибров дало увеличение живучести стволов на 10 %, однако варьирование этой характеристикой затруднено из-за ее тесной связи с внешнебаллистическими характеристиками ствольного комплекса. Положительное влияние на живучесть оказывает уменьшение конусности конуса врезания, что приводит к большим разбросам баллистических характеристик орудия, особенно при раздельном заряжании. Ведущие пояски с буртиком и канавкой при применении углубленной нарезки позволили для орудий

57-мм и 85-мм калибров повысить живучесть стволов в 2.5...3 раза. Известно, что износостойкость орудийных сталей с понижением категории прочности ниже 0... 75 существенно уменьшается, однако существенного повышения износостойкости<sup>TM</sup> при увеличении категории до 0...100 и выше не наблюдается.

В табл. 2.3 приведена сводка результатов отстрела на живучесть 85-мм дивизионной пушки снарядами с ведущими поясками из различных материалов.

*Эксплуатационные характеристики.* Здесь в первую очередь имеются в виду режимы огня, характерные для орудия данного типа, но содержание и уход за каналом ствола в процессе эксплуатации орудия тоже играют существенную роль в обеспечении живучести ствола. Своевременная чистка и смазка ствола, строгое выполнение положений по хранению и эксплуатации орудия способствуют повышению живучести ствола.

Таблица 2.3

Влияние на живучесть стволов материала ведущих поясков (85-мм пушка)

Ведущий поясок	Живучесть, кол-во выстрелов	Размеры ведущего пояска, мм
Медный	1200	Ширина ведущего пояска – 28
Томпаковый	1500	Ширина поля - 3.62
Медноникелевый	1700	Глубина нарезов - 0,85
Железокерамический	1400	

Режим огня при оценке живучести характеризуется числом выстрелов на полном и уменьшенном зарядах и темпом стрельбы в группе (очереди), с перерывами между группами (очередями), числом выстрелов в цикле (до полного охлаждения ствола) и процентом одиночных выстрелов. Все эти показатели режима стрельбы существенным образом влияют на живучесть ствола. Для 130-мм полевой пушки живучесть составляет 1100 выстрелов на полном заряде, возрастает в четыре раза на первом уменьшенном заряде и в восемь раз на третьем. Влияние длины непрерывной очереди хорошо прослеживается на 57-мм зенитной автоматической пушке (темпер стрельбы - 120 выстрелов в минуту). Так, живучесть ствола данной пушки при отстреле очередями по 15, 100, 200 и 300 выстрелов составляла при прочих одинаковых условиях соответственно 4500, 2200, 2050 и 1300 выстрелов, а такие же условия для 100-мм зенитной пушки (скорострельность 15 выстрелов в минуту) дали значения 2400, 1750, 1250, 950: для 130-мм орудия (скорострельность 12 выстрелов в минуту) - 1150, 900, 700, 550. Кроме влияния длины очереди, здесь можно проследить тенденцию падения живучести стволов зенитных орудий с ростом калибра, несмотря на снижение скорострельности.

Совместное влияние длительности перерывов между группами выстрелов, числа выстрелов в группе и процента одиночных выстрелов показывает табл. 2.4, составленная по результатам испытаний противотанковой 57-мм пушки.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что вопросы износа и живучести стволов должны рассматриваться с учетом конкретных режимов боевого использования ствольных комплексов.

**Повышение живучести стволов.** Мероприятия, направленные на повышение живучести артстволов, основываются на представлениях о влиянии различных фак-

торов на износ и живучесть стволов и могут быть представлены в виде трех групп: баллистические мероприятия; конструктивно-технологические мероприятия и защитные средства; эксплуатационные мероприятия.

*Таблица 2.4*

Влияние эксплуатационных характеристик на живучесть стволов (57-мм ПТП)					
Число выстрелов в группе	Темп стрельбы, выстрелов в минуту	Перерыв между группами, мин	Число выстрелов в цикле	Процент одиночных выстрелов	Живучесть, кол-во выстрелов
40	12	15	200	23	1750
20	12	30	200	29	3700

К мероприятиям первой группы относятся такие решения, при которых сочетание внутрибаллистических характеристик дает наименьшую силовую и тепловую нагруженность поверхности канала ствола. Это в ряде случаев может быть достигнуто применением порохов с пониженной температурой горения (так называемых холодных порохов), применением уменьшенных зарядов и в большинстве случаев введением в состав заряда флегматизаторов.

Флегматизаторы представляют собой предельные углеводороды, которые располагаются в виде слоев вокруг всего порохового заряда или отдельных пороховых элементов, либо наносятся на внутреннюю поверхность гильзы. При горении заряда флегматизатор, имеющий температуру разложения более низкую, чем пороховые газы, дает экранирующий эффект, эквивалентный снижению температуры горения пороха, так как частично изолирует стенку ствола от пороховых газов.

Влияние на живучесть флегматизаторов иллюстрируется табл. 2.5, составленной на основе обобщения опытных данных для орудий различной мощности. Высокая эффективность флегматизаторов обусловила их широкое применение в настоящее время в орудиях разных типов.

Ко второй группе мероприятий относится рациональный выбор конструктивных параметров ведущей части ствола и соответствующих конструкции и материала ведущих элементов снаряда. К сказанному выше следует добавить, что для уменьшения износа и обеспечения правильного функционирования ведущих элементов снаряда в новых и изношенных стволах особое внимание следует уделять обтюрации пороховых газов. Последнее может быть обеспечено либо дополнительными обтюрирующими устройствами на снаряде (просальник, буртик на ведущем пояске), либо применением углубленной нарезки в сочетании с правильно выбранным числом нарезов, шириной полей нарезов и радиусов их округления. Известно, что изменение глубины нарезов с  $0,015d$  до  $0,02d$  увеличивает живучесть на 30%, однако это снижает дальность стрельбы на 3-4 %.

*Таблица 2.5*

**Влияние флегматизаторов на живучесть стволов**

Калибр орудия, мм	Живучесть, кол-во выстрелов	
	без флегматизатора	с флегматизатором
37	2200	9000-11000
57	700	3400-3700
85	1100-1200	5650-5750
76,2	600-650	1300-1350
100	1500-1600	3800

К этой же группе мероприятий относится применение быстросменных стволов для орудий малых калибров либо лейнирующих втулок из специальных жаропрочных сплавов, например, на основе кобальта. Защитные покрытия на поверхность канала ствола могут быть нанесены либо в процессе его изготовления (например, хромированием), либо в процессе выстрела. В последнем случае в пороховой заряд вводят специальные составы, образующие при выстреле на поверхности канала защитный слой тугоплавких окислов (например,  $\text{SiO}_2$ ), предохраняющий ее от действия пороховых газов последующего выстрела.

Важную роль в снижении износа стволов играют качество и чистота обработки поверхности канала ствола и поверхностей ведущих элементов снаряда. Это достигается применением высокоэффективных технологических процессов обработки глубоких отверстий (электрогидравлическое хонингование, алмазное хонингование и др.) в сочетании с точным изготовлением ведущих поверхностей снарядов.

И, наконец, радикальным конструктивным мероприятием, обеспечивающим высокую живучесть ствола, является искусственное охлаждение во всех его разновидностях.

К эксплуатационным мероприятиям (третья группа) относятся:

строгое выполнение технических условий по хранению, уходу и бережению орудий; своевременная и регулярная чистка и смазка ствола; соблюдение установленных режимов огня; использование уменьшенных зарядов в тех случаях, когда это возможно.

## 2.2. КАЗЕННИКИ

Казенником называется деталь, предназначенная для размещения и закрепления в ней деталей затвора, запирающих канал ствола во время выстрела; соединения ствола с противооткатными устройствами; обеспечения надлежащей массы откатных частей и положения центра тяжести качающейся части; выполнения некоторых других функций в зависимости от типа казенника и назначения артсистемы.

Казенники можно классифицировать по следующим признакам:

по типу запирающего устройства; по конструкции соединения со стволов; по характеру восприятия усилия пороховых газов.

По типу запирающего устройства различают казенники под клиновой затвор и под поршневой затвор.

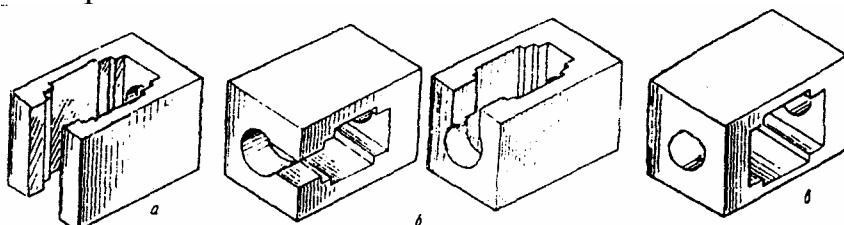


Рис. 2.25. Типовые схемы казенников под клиновой затвор.

Казенник под клиновой затвор обычно применяется при гильзовом заряжании. В передней его части имеется резьба для соединения со стволов, а сзади в корпусе две щеки, образующие гнездо для клина затвора, который при своем перемещении направляется выступами на внутренней поверхности гнезда казенника. В различных системах, в зависимости от их назначения и других требований, казенники обеспе-

чивают горизонтальное или вертикальное перемещения клина.

Клиновые казенники выполняются по следующим конструктивным схемам: с открытыми щеками (рис. 2.25, а); со щеками, соединенными перемычкой (рис. 2.25, б); закрытый казенник, корпус которого представляет замкнутый контур (рис. 2.25, в).

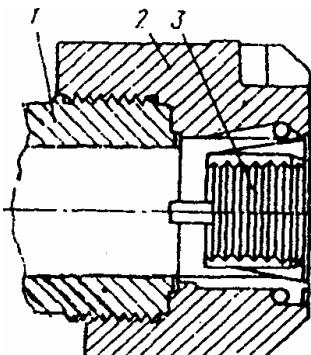


Рис. 2.26. Схема казенника под поршневой затвор

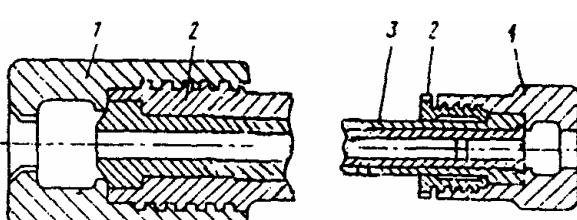


Рис. 2.27. Схемы соединения казенника со стволовом:  
а - казенник непосредственно навинчивается на ствол; б - казенник навинчивается с помощью муфты

Казенник под поршневой затвор (рис. 2.26) может применяться как при гильзовом, так и при безгильзовом заряжании. Передней частью, снабженной резьбой, казенник соединяется со стволовом 1; в задней части казенника 2 имеется поршневое гнездо, в котором помещается поршень 3 затвора. Поршневое гнездо имеет гладкие и нарезные секторы, с помощью которых соединяется с аналогичными секторами поршня затвора при запирании канала.

По конструкции соединения казенника со стволовом различают:

казенник, навинчиваемый непосредственно на ствол 2, на кожух или на трубу ствола (рис. 2.27, а);

казенник, навинчиваемый на ствол с помощью муфты; в этом случае казенник 1 стягивается со стволовом 3 вращением муфты 2, которая потом закрепляется стопором (рис. 2.27, б).

Удобство последней конструкции заключается в том, что в случае разборки нет необходимости оттягивать ствол назад для разъединения с противооткатными устройствами. Эта конструкция имеет широкое распространение.

Для соединения казенника со стволовом применяется упорная резьба, при которой не возникает значительных радиальных сил, опасных для прочности казенника.

По характеру восприятия усилий от давления пороховых газов казенники бывают:

силовые, выполняющие совместно с затвором надежное запирание канала ствола;

грузовые, выполняющие дополнительно задачу уравновешивания качающейся части орудия; они применяются в корабельных и танковых орудиях среднего и крупного калибров.

Для проверки казенников на прочность и жесткость устанавливаются повышенные коэффициенты запаса прочности (не менее 2) из-за сложности как самой конфигурации казенников, так и трудностей контроля механических характеристик материала и наличия в нем внутренних дефектов. При выборе запаса прочности учитывается также ослабление казенника различными вырезами для деталей затвора

и возможность внецентренного приложения нагрузки относительно расчетного сечения.

Резьбовое соединение казенника со стволов проверяется на срез, смятие и изгиб при запасе прочности не менее 2. Резьбовое соединение с поршнем затвора (в случае поршневого затвора) также проверяется на срез, смятие и изгиб. Щеки затворного гнезда для клинового затвора проверяются на поперечный разрыв, на смятие по площадям опоры клина и на изгиб.

## 2.3. ЗАТВОРЫ И ИХ АГРЕГАТЫ

### 2.3.1. Типы узлов запирания канала ствола. Взаимодействие замкнутого узла запирания с гильзой при выстреле

Узлом запирания называется совокупность деталей, обеспечивающих перезаряджение орудия и воспринимающих силу давления пороховых газов во время выстрела.

Обычно конструкция узла запирания (рис. 2.28) включает ствол 1, казенник или ствольную коробку 2, затвор 3 и детали крепления ствола с казенником (муфта 4).

В зависимости от характера связи между стволов и затвором можно выделить три типа узлов запирания:

- незамкнутый узел запирания или свободный затвор;
- полузамкнутый узел запирания или полусвободный затвор;
- замкнутый узел запирания.

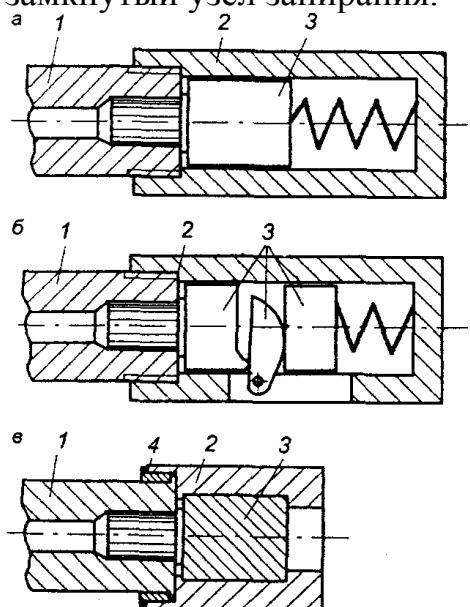


Рис. 2.28. Типы узлов запирания:  
а - незамкнутый; б - полузамкнутый;  
в - замкнутый.

Незамкнутый узел запирания - узел запирания, у которого ствол и затвор во время выстрела не взаимосвязаны друг с другом, то есть детали узла запирания образуют незамкнутый контур (рис. 2.28, а). Затвор удерживается в крайнем переднем положении только усилием предварительного поджатия возвратной пружины, движение затвора начинается в тот момент, когда сила давления пороховых газов на дно гильзы превысит сумму сопротивлений, приложенных к затвору и гильзе. Отбрасываясь назад вместе с гильзой давлением пороховых газов на дно гильзы, затвор сжимает возвратную пружину, аккумулируя энергию для своего возвращения в

исходное положение. Экстракция гильзы происходит при достаточно высоком давлении пороховых газов в канале ствола. При этом возникает опасность разрыва гильзы. Во избежание разрыва гильзы и для обеспечения обтюрации пороховых газов требуется замедлить движение затвора на начальном участке, что достигается увеличением массы затвора, причем с увеличением калибра масса затвора прогрессивно возрастает.

Схема узла запирания с полусвободным затвором (рис. 2.28, б) отличается тем, что во избежание разрыва гильз на начальном участке отката устанавливается кинематическая связь затвора со стволов, которая автоматически нарушается в процессе выстрела.

Описанные схемы наиболее просто реализуют процесс перезаряжания, но из-за необходимости существенного увеличения массы затвора используются в основном в стрелковом оружии и в маломощных орудиях малого калибра.

Наиболее широкое применение в артиллерийских орудиях имеет замкнутый узел запирания (рис. 2.28, в). В таком узле запирания жесткая связь ствола и затвора сохраняется в течение всего процесса выстрела.

В зависимости от способа сцепления затвора и ствола узлы запирания подразделяются на четыре вида:

а) узел запирания, в котором сцепление затвора и ствола производится поворотом запирающей детали вокруг оси, параллельной или перпендикулярной оси канала ствола, - это узел запирания с поршневым или качающимся затвором;

б) узел запирания, в котором сцепление затвора и ствола производится перемещением запирающей детали в направлении, перпендикулярном оси канала ствола, - это узел запирания с клиновым затвором;

в) узел запирания, в котором сцепление затвора и ствола осуществляется перемещением специальных упоров или защелок, находящихся на затворе;

г) узел запирания, в котором сцепление ствола и затвора производится кривошипно-шатунным механизмом.

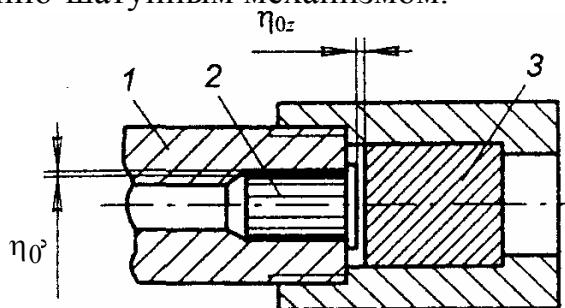


Рис. 2.29. Схема работы замкнуто-го узла запирания с гильзой.

Из-за жестких требований, предъявляемых к оружию, особенно к оружию автоматическому, детали узла запирания должны иметь минимальные массы и размеры. При этом детали узла запирания должны быть не только прочными, но и работать только в пределах упругих деформаций, величина которых часто ограничивается, исходя из условия обеспечения прочности гильзы.

Прочность гильзы при выстреле зависит не только от ее конструкции, но также и от жесткости узла запирания. Рассмотрим взаимодействие при выстреле гильзы и замкнутого узла запирания.

После досылки патрона в камору между наружной поверхностью корпуса гильзы 2 и стенками патронника 1 (каморы) имеется начальный диаметральный за-

зор  $\eta_0$  (рис. 2.29). Независимо от конструкции затвора между дном гильзы и зеркалом затвора 3, как правило, имеется начальный осевой зазор  $\eta_{0z}$ . Для орудий среднего калибра  $\eta_0 = 0,15...0,4$  мм,  $\eta_{0z} = 0,4...1,5$  мм. В клиновых затворах осевой зазор необходим для обеспечения точной установки бойка ударного механизма строго на оси канала ствола и надежного воспламенения капсюля при работе ударного механизма.

В поршневых затворах этот зазор обеспечивает гарантированный поворот поршня на строго определенный угол для полного сцепления боевых выступов поршня с нарезными секторами гнезда затвора в казеннике.

Указанный зазор необходим также для быстрого и надежного заряжания орудия при тяжелых условиях эксплуатации, когда в камору или на гильзу и затвор может попасть некоторое количество пыли, песка и т. п.

При выстреле (до начала смещения снаряда относительно дульца гильзы) гильзу можно рассматривать как замкнутую тонкостенную оболочку, деформирующуюся сначала упруго, а затем и пластически. Наибольшие деформации распространяются на скат и переднюю часть корпуса гильзы, где стенки имеют наименьшую толщину и более низкий предел упругого сопротивления.

К моменту времени, соответствующему достижению величины давления форсирования пороховых газов (10...50 МПа), в канале ствола радиальный зазор  $\eta_0$ , как правило, выбирается всей гильзой за исключением придонного участка, на котором стенки гильзы имеют значительную толщину. С момента смещения снаряда из дульца гильза становится незамкнутой оболочкой, в результате чего под действием силы давления пороховых газов на дно гильзы последняя может смещаться в сторону затвора. Усилие, удерживающее гильзу от этого смещения, определяется силой сопротивления, возникающей на скате гильзы, и силой трения на корпусе гильзы. С этого момента времени начинается выбор осевого зазора  $\eta_{0z}$ , который в зависимости от соотношения указанных выше осевых сил определяется либо смещением гильзы в сторону затвора (если сила давления на дно гильзы больше сил сопротивления, удерживающих гильзу), либо деформациями гильзы в случае обратного соотношения сил. В некоторый момент времени дно гильзы плотно прижимается к зеркалу затвора. При этом в стенках нижней части корпуса гильзы возникают осевые растягивающие напряжения, на величину которых влияет начальный осевой затвор.

По мере роста давления увеличиваются радиальные и осевые деформации гильзы за счет увеличения упругих радиальных деформаций стенок каморы и упругих осевых деформаций деталей узла запирания.

К моменту максимального давления пороховых газов вся поверхность гильзы (за исключением незначительных участков, прилегающих ко дну и срезу дульца) оказывается плотно прижатой к стенкам патронника. Усилие, препятствующее смещению гильзы в сторону затвора, к этому моменту значительно возрастает, передняя часть гильзы не может смещаться, то есть гильза заклинивается. При этом из-за упругих осевых деформаций узла запирания происходит смещение зеркала затвора в сторону казенной части ствола. Указанные обстоятельства при недостаточной прочности стенок гильзы и при больших осевых деформациях могут привести к попеченному разрыву гильзы.

Осевое смещение дна гильзы, как за счет выбора начального осевого зазора, так и из-за осевой упругой деформации узла запирания, приводит к увеличению и радиальных пластических деформаций, особенно нижней части корпуса гильзы. Это объясняется тем, что даже так называемые цилиндрические гильзы имеют некоторую конусность, которой соответствует и поверхность каморы.

При спаде давления пороховых газов и уменьшении упругих радиальных деформаций каморы и упругих осевых деформаций деталей узла запирания конусная гильза, получившая пластические радиальные и осевые деформации, зеркалом затвора продвигается вперед в конусную камору, в результате чего конечный радиальный зазор между каморой и гильзой уменьшается, а в отдельных случаях между гильзой и каморой образуется натяг, особенно в задней части корпуса гильзы.

После выстрела зеркало затвора не возвращается в исходное положение, гильза защемляется в каморе, в результате образуется натяг между зеркалом затвора и дном гильзы, между опорными поверхностями затвора и казенника.

Появление указанного натяга приводит, с одной стороны, к увеличению энергии, потребной для открывания затвора после выстрела, а с другой стороны, к необходимости придавать клину или поршню такую форму, чтобы в начале их движения при открывании осуществлялся отход зеркала затвора от дна стреляной гильзы. Защемление гильзы в каморе приводит к ухудшению условий экстракции гильзы и необходимости ее страгивания относительно каморы в начале процесса экстрактирования.

### **2.3.2. Требования, предъявляемые к затворам.**

#### **Классификация затворов**

Затвором артиллерийского орудия называется совокупность деталей и устройств, служащая для запирания канала ствола при выстреле, производства выстрела и выбрасывания гильз после выстрела или осечки. По существу, затвор является подвижным дном ствола, ускоряющим процесс перезаряжания орудия.

Так как при выстреле на дно ствола действует большая сила давления пороховых газов, то затвор должен обеспечивать надежное и прочное запирание канала ствола. Однако для упрощения конструкции орудия в целом на затвор обычно возлагается выполнение также таких операций, как приведение в действие средств воспламенения порохового заряда, обеспечение обтюрации газов при безгильзовом заряжании, экстрактирование стреляной гильзы, а иногда и досылка очередного патрона.

В соответствии с выполняемыми операциями затвор имеет ударный механизм, спусковой механизм, упруго-пластический обтюратор при безгильзовом заряжании, экстрактирующий механизм при гильзовой обтюрации, предохранительные и вспомогательные устройства.

Конструкция затвора должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) достаточная прочность, так как работа только в зоне упругих деформаций;
- 2) достаточная жесткость, так как упругие деформации затвора не должны приводить к поперечному разрыву гильзы;
- 3) надежное запирание канала ствола, под которым понимается свойство ар-

тиллерийского затвора, исключающее его самопроизвольное открывание и прорыв через него пороховых газов;

- 4) невозможность производства выстрела при недозакрытом затворе;
- 5) быстрота открывания и закрывания с наименьшей затратой энергии;
- 6) наличие блокировки с противооткатными устройствами, если откатные части оттягиваются назад при переводе орудия в походное положение;
- 7) надежная экстракция стреляной гильзы или патрона в случае осечки;
- 8) удобство в обращении при эксплуатации, которое обеспечивается удобным открыванием и закрыванием затвора при всех углах возвышения, возможностью повторного взведения ударного механизма при осечках, простотой разборки и сборки, легкостью замены наиболее ответственных частей затвора.

Затворы артиллерийских орудий классифицируются по следующим основным признакам: по степени автоматизации; по типу запирающего звена; по способу обтюрации пороховых газов.

*По степени автоматизации* затворы подразделяются в зависимости от типа привода. Приводом затвора называется совокупность деталей и устройств, предназначенных для передачи движения от источника энергии к запирающей детали на ее открывание и закрывание. По виду энергии, которая используется для приведения в действие привода, затворы делятся на неавтоматические (ручного действия), автоматические и полуавтоматические.

Если все операции по производству выстрела (открывание затвора, заряжение орудия, закрывание затвора и спуск ударного механизма) происходят за счет энергии порохового заряда или подводимой извне, то такие затворы называются автоматическими. Автоматические затворы применяются в орудиях с высокой скорострельностью, например, в зенитных и авиационных пушках. Если у затвора часть операций по производству выстрела осуществляется вручную, а часть автоматически, то такие затворы называются полуавтоматическими.

Неавтоматические затворы - затворы, все операции по производству выстрела в которых осуществляются вручную. Такие затворы обычно применяют в орудиях крупного калибра, скорострельность которых не высока.

*По форме запирающей детали* затворы делятся на затворы клиновые и поршневые.

Клиновые затворы, в свою очередь, условно делятся на затворы, перемещающиеся в вертикальной плоскости, и затворы, перемещающиеся в горизонтальной плоскости.

В зависимости от вида движения, которое поршневые затворы совершают при открывании-закрывании, они делятся на затворы, открывающиеся в сторону, и затворы, перемещающиеся вдоль оси ствола, которые называют продольно-скользящими затворами. Поршневые затворы, открывающиеся в сторону, в зависимости от количества и расположения нарезных секторов делятся на одноступенчатые, двухступенчатые и трехступенчатые.

В зависимости от количества элементов движения, которые поршень совершает при действии затвора, поршневые затворы делятся на однотактные, двухтактные и трехтактные.

*По способу обтюрации пороховых газов* затворы бывают гильзовой и безгильзовой обтюрации. У затворов гильзовой обтюрации роль обтюратора пороховых га-

зов выполняют гильзы, а у затворов безгильзовой обтюрации - специальные обтюрирующие устройства (пластические или упругие обтюраторы).

Поршневой затвор имеет небольшой вес и позволяет относительно просто обеспечить обтюрацию пороховых газов в орудиях с картузным заряжанием.

Наряду с положительными качествами поршневые затворы имеют и недостатки:

возможность защемления руки заряжающего при неслаженной работе заряжающего и замкового;

сложность изготовления и чувствительность к износу труящихся поверхностей, что вначале вызывает провисание затвора и задевание нарезных секторов поршня о нарезные сектора затворного гнезда ("хрипение") при закрывании и открывании затвора, а в последующем приводит к выходу затвора из строя;

совпадение направления действия силы давления пороховых газов с направлением открывания затвора, что способствует выталкиванию поршня из затворного гнезда;

неравномерность усилий на рукоятке затвора при открывании его, что особенно становится заметным при ведении стрельбы на больших углах возвышения;

возможность перекосов и заклинивания поршня в затворном гнезде казенника, если силы, действующие на поршень при выстреле не лежат в плоскости, проходящей через ось канала ствола.

Клиновой затвор по сравнению с поршневым проще по конструкции и более технологичен в производстве, исключает защемление руки заряжающего при заряжании орудия, процессы открывания и закрывания затвора легко автоматизируются, возможно уменьшение усилия на рукоятке затвора при его открывании или закрывании за счет применения горизонтально перемещающегося клина и замены трения скольжения трением качения.

Но одновременно с этим клиновые затворы имеют ряд недостатков. В клиновых затворах трудно обеспечить надежную обтюрацию пороховых газов в орудиях с картузным заряжанием. Масса и размеры клина больше размеров и массы поршня. Увеличение размеров клина ведет к увеличению размеров, а следовательно, и массы казенника, что в сумме приводит к смещению центра масс качающейся части в сторону казенника, к уменьшению радиуса обметания качающейся части и облегчению ее уравновешивания относительно оси цапф. В вертикальных клиновых затворах сила тяжести клина облегчает страгивание его с места при открывании затвора и используется при выборе экстрактора.

В соответствии с назначением и изложенными требованиями затвор включает в себя: запирающий механизм; ударный механизм;

выбрасывающий механизм; механизм открывания и закрывания;

вспомогательные механизмы (механизмы облегчения заряжания, предохранительные, взаимной замкнутости, повторного спуска, блокировок выстрела и др.).

### **2.3.3. Клиновые затворы и их приводы**

Клиновой затвор является изобретением русских оружейников XVII в. Запирающей деталью клинового затвора является клин, представляющий собою стальную деталь призматической формы (рис. 2.30). Передняя грань клина 4, на которую

опирается дно гильзы во время выстрела, называется зеркалом затвора. Зеркало закрытого затвора всегда располагается перпендикулярно оси канала ствола, что необходимо для обеспечения прочности гильзы и надежности функционирования механизмов затвора.

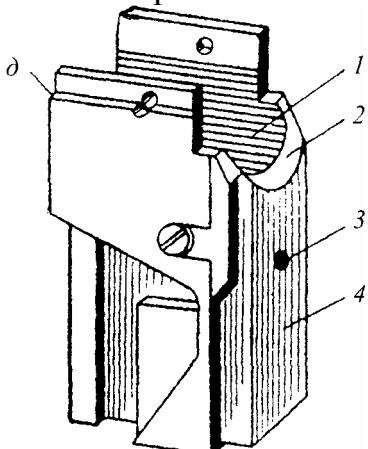


Рис. 2.30. Клиновый затвор.

В центре зеркала располагается осевое отверстие 3 для выхода бойка ударного механизма. Выше зеркала изготавливается специальный скос 2, служащий в отдельных случаях для окончательной досылки патрона (гильзы).

Задняя, опорная грань клина по отношению к зеркалу затвора выполняется под углом 0,018-0,026 рад. Под этим же углом выполнены и направляющие клина в казеннике. Такой угол наклона служит для быстрого и легкого открывания затвора после выстрела, так как при такой форме открываемый клин перемещается не только перпендикулярно, но и вдоль продольной оси ствола. Небольшое смещение клина назад от казенного среза ствола приводит к быстрой ликвидации натяга, как между дном гильзы и зеркалом клина, так и между опорными поверхностями клина и казенника. При больших значениях угла клин становится несамотормозящимся и, если не принять дополнительных мер, может самопроизвольно открыться при выстреле.

Условие самоторможения клина представляется в следующем виде:

$$\operatorname{tg}\gamma \leq f_1 + f_2, \quad (2.18)$$

где  $\gamma$  - угол наклона задней поверхности клина;

$f_1$  - коэффициент трения между зеркалом затвора и дном гильзы;

$f_2$  - коэффициент трения между задней поверхностью клина и направляющими казенника.

Сверху клин имеет продольную желобообразную выемку 1, так называемый лотковый вырез, который при открытом затворе способствует направлению досыляемого патрона в патронник, а также позволяет увеличить длину боковых направляющих поверхностей клина без существенного увеличения его массы.

Открывание и закрывание клина клинового затвора обычно производится приводом, воздействующим на клин, звеном которого является кривошип 1 (рис. 2.31).

По количеству и способу расположения кривошипов приводы делятся на приводы с одним боковым кривошипом (рис. 2.31, а), на приводы с двумя боковыми кривошипами и приводы с одним центральным кривошипом (рис. 2.31, б).

По расположению оси кривошипа относительно клина различают приводы с задним расположением оси кривошипа и приводы с передним расположением оси кривошипа (рис. 2.31, б).

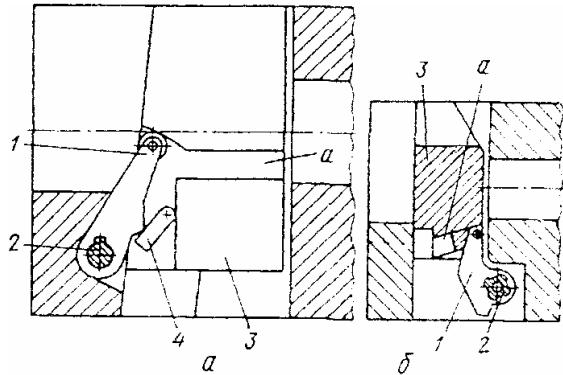


Рис. 2.3 1. Схемы приводов клиновых затворов: *a* – с боковым кривошипом; *b* – с центральным кривошипом; 1 – кривошип; 2 – ось кривошипа; 3 – клин; 4 – ввод ударника.

При любом расположении кривошипа *1* и его оси *2* относительно клина действие кривошипного механизма заключается в следующем: вращение оси кривошипа, с которой он жестко соединен при помощи шлицов, приводит к вращению самого кривошипа, ролик или камень (ползун), находящийся на конце кривошипа, воздействует на одну из стенок паза *a*, выполненного в теле клина *3*, и тем самым приводит его в движение в том или ином направлении. При закрытом положении клина кривошип встает в так называемое мертвое (замкнутое) положение, то есть кривошип препятствует самооткрыванию клина, которое может быть вызвано действием составляющей силы давления пороховых газов на дно канала ствола, а также в результате отскока клина при ударе о деталь, ограничивающую его движение. Для упора клина на эту деталь сбоку вверху на нем выполняется специальный уступ *δ* (см. рис. 2.30).

Наиболее рациональной конструкцией кривошипного механизма следует считать механизм с одним центральным кривошипом, обеспечивающий наименьший перекос клина в затворном гнезде казенника.

Следует также отдать предпочтение переднему расположению оси кривошипа по отношению к клину. В этом случае при откате откатных частей сила инерции самого кривошипа относительно его оси вращения создает момент, способствующий удержанию клина в закрытом и замкнутом положении. При заднем же расположении оси кривошипа указанный момент действует в противоположном направлении.

Вращение оси кривошипа на открывание клина осуществляется либо ручным приводом (рис. 2.32), состоящим из рукоятки затвора *2* с защелкой *8* и задвижкой *7*, оси кривошипа *9* и кривошипа, либо автоматическим приводом.

Вращение оси кривошипа для закрывания клина осуществляется в обоих случаях специальной закрывающей пружиной *3*, узел которой вместе с осью кривошипа и кривошипом образует механизм закрывания затвора.

Наиболее распространенными открывающими механизмами клиновых затворов являются привода копирного, скалочного и пружинного типов.

*Открывающий механизм копирного типа* (рис. 2.32), использующий для своей работы энергию наката откатных частей, состоит из подпружиненного копира *6*, ось вращения которого (ОО) расположена на кронштейне люльки, кулачка *5* с осью *4*, расположенной на казеннике, тяги *7*, шарнирно соединенной с серьгой *10*, сидящей на шлицах оси кривошипа *9* и кривошипа. При выстреле откатные части орудия идут в откат, и скошенная поверхность кулачка *5* поворачивает копир *6* на оси ОО. По прохождении кулачком *5* копира *6*, последний (под действием пружины) возвращается в исходное положение.

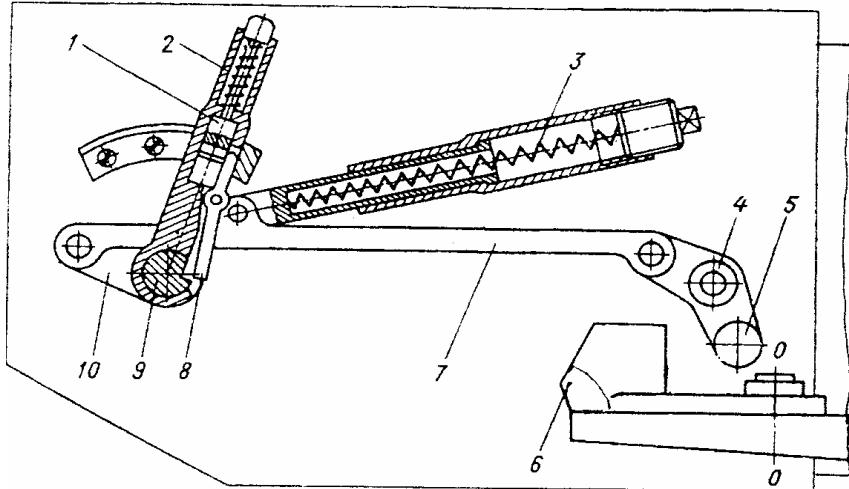


Рис. 2.32. Схема закрывающего и открывающего механизмов с копиром.

При накате кулачок 5 упирается в задний торец копира 6, а так как ось 4 продолжает движение наката с казенником, то кулачок 5 поворачивается по часовой стрелке, приводя через тягу 7 во вращательное движение серьгу 10 и ось с кривошипом - клин открывается. В открытом положении клин удерживается выбрасывателями до тех пор, пока очередной патрон или досылаемая гильза (в случае раздельно-гильзового заряжания) своей закраиной не повернет выбрасыватели и не освободит затвор.

Открывающий механизм копирного типа прост по конструкции, нечувствителен к загрязнению и не требует значительной регулировки в процессе службы. Однако привод имеет тот недостаток, что скорость экстракции гильзы зависит от скорости наката откатных частей. Практикой установлено, что скорость наката при встрече кулачка с копиром должна быть не менее 0,9 м/с, что влечет за собой опасность наброса ("клевка") орудия при торможении интенсивного наката.

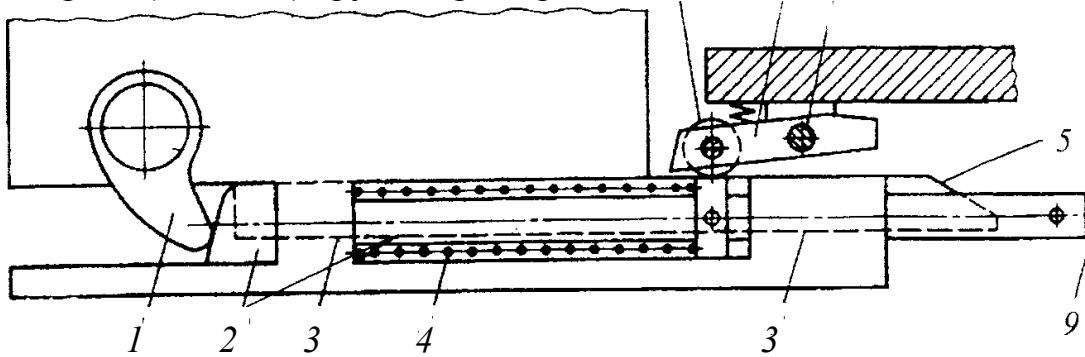


Рис. 2.33. Схема открывающего механизма скалочного типа.

Приводы копирного типа по характеру действия на клин делятся на приводы плавного и ударного действия. Плавность (безударность) воздействия привода на клин обеспечивается как профилем копира, так и профилем паза на клине. Однако в силу неточностей в установке копира и допусков на изготовление деталей работа привода всегда сопровождается ударами.

*Открывающий механизм скалочного типа* (рис. 2.33) состоит из кулачка 1, сидящего на шлицах оси кривошипа, скалки 2, свободно перемещающейся в подшипниках скольжения 3, которые жестко соединены с казенником, возвратной пружины скалки 4, линейки 5 со скосом, подпружиненной собаки 6 с роликом 7, си-

сящей на оси 8, которая закреплена в люльке. В передний конец скалки вставлен упор 9, легко заменяемый при износе.

При откате откатных частей, как только упор 9 скалки 2 пройдет собачку 6, собачка под действием своей пружины встанет на пути движения торца скалки при накате. При накате упор 9 скалки упирается в торец собачки 6 и скалка 2 останавливается. Но так как ось кулачка 1 продолжает движение наката, а кулачок 1 опирается на головку скалки, то происходит поворот кулачка 1 и кривошипа по часовой стрелке - затвор открывается, а пружина 4 скалки 2 сжимается. В конце открывания затвора линейка 5, накатывающаяся вместе с казенником, своим передним скосом воздействует на ролик 7 собачки 6 и поднимает ее, освобождая скалку 2. Скалка 2 под действием своей пружины 4 возвращается в исходное положение.

Уменьшение ударности действия данного привода обычно достигается постановкой жесткой пружины между скалкой 2 и ее упором 9 (упругая скалка), что уменьшает величину нагрузок на детали до 50% и, кроме того, привод становится менее чувствительным к изменению скорости наката. Привод скалочного типа широко применяется в танковых орудиях, имеющих массу клина до 50 кг.

*Открывающий механизм пружинного типа* (рис. 2.34), кроме кривошипа и его оси, имеет кулачок 1, сидящий на шлицах оси кривошипа и шарнирно соединенный с раздвижной головкой 2, и скалку 3. В раздвижной головке 2 размещается подпружиненная защелка 4, а на скалке 3 - открывающая пружина 5. Скалка 3 шарнирно соединена с рычагом бис осью вращения 7.

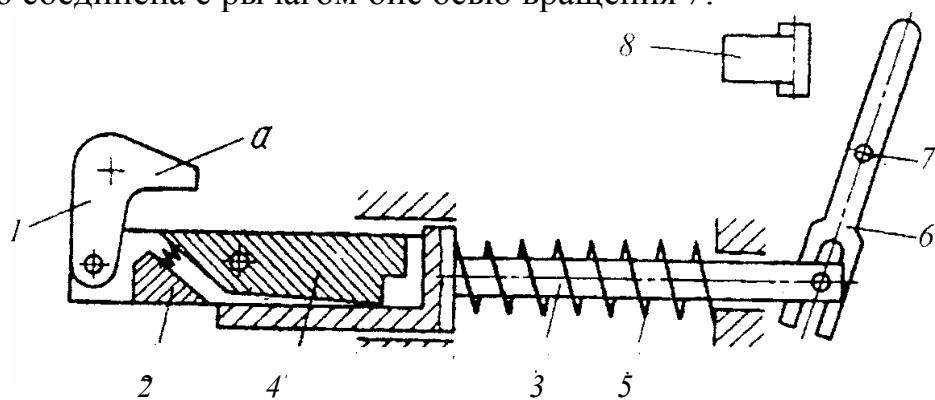


Рис. 2.34. Схема открывающего механизма пружинного типа.

Эти детали привода размещены на откатных частях орудия, а на люльке устанавливается подпружиненный упор (копир) 8. При выстреле во время отката откатных частей упор 8 пропускает верхний конец рычага 6. При накате под действием упора 8 рычаг 6 поворачивается на оси 7 и вытягивает скалку 3 вправо, сжимая открывющую пружину 5. В конце хода скалки вправо защелка 4 засекает за ее левый торец. Рычаг 6 после этого расцепляется с упором 8. Скалка 3 под действием сжатой пружины 5 через защелку 4 и головку 2 вращает кулачок 1, происходит вращение кривошипа по часовой стрелке и клин открывается.

В конце поворота кулачок *1* своим отростком *a* нажимает на левое плечо защелки *4* и восстанавливает ее первоначальное положение. Достоинством привода пружинного типа является то, что надежность и стабильность его работы не зависят от скорости наката откатных частей, а также то, что он действует более плавно, чем привод копирного типа.

Недостатком механизма является некоторая сложность конструкции, а также увеличение его габаритов.

Следует отметить, что клиновые затворы достаточно просты по конструкции, просты в изготовлении и легко поддаются автоматизации.

### 2.3.4. Поршневые затворы и их приводы

Запирающей деталью поршневого затвора (рис. 2.35) является поршень, представляющий собой стальную деталь цилиндрической формы с боевыми выступами *II* на наружной поверхности, выполненными по винтовой линии. Изготовление боевых выступов поршневого затвора по винтовой линии необходимо для обеспечения легкости открывания затвора после выстрела. При таком выполнении боевых выступов поворот поршня для открывания сопровождается его осевым смещением от казенного среза ствола, что резко уменьшает величину натяга между передним торцом поршня и дном стреляной гильзы, а также между опорными поверхностями поршня и казенника. Угол наклона винтовой линии нарезов соответствует, как и в клиновых затворах, углу самоторможения.

Передняя торцевая поверхность поршня, на которую опирается дно гильзы во время выстрела, называется зеркалом затвора. Зеркало поршневого затвора при его закрытом положении располагается перпендикулярно оси канала ствола. В центре зеркала изготавливается отверстие для выхода бойка ударного механизма.

Для повышения быстродействия процесса открывания и закрывания поршневым затвором (путем уменьшения угла поворота поршня) нарезка на поршне изготавливается секторами. Нарезной и гладкий секторы поршня образуют секцию. Соответствующий профиль поперечного сечения имеет и затворное гнездо в казеннике. При таком устройстве поршня и затворного гнезда для запирания ствола достаточно поршень ввести в затворное гнездо на полную глубину и повернуть на некоторый угол. Угол поворота поршня равняется  $2\pi/n$  рад, где *n* - общее количество нарезных и гладких секторов. Наиболее распространены поршневые затворы двухсекционные, то есть с двумя нарезными и двумя гладкими секторами и четырехсекционные. Однако при любом количестве секторов прочность сцепления поршня со стволов остается в данном случае практически одинаковой, так как для сцепления используется лишь 50 % наружной поверхности поршня.

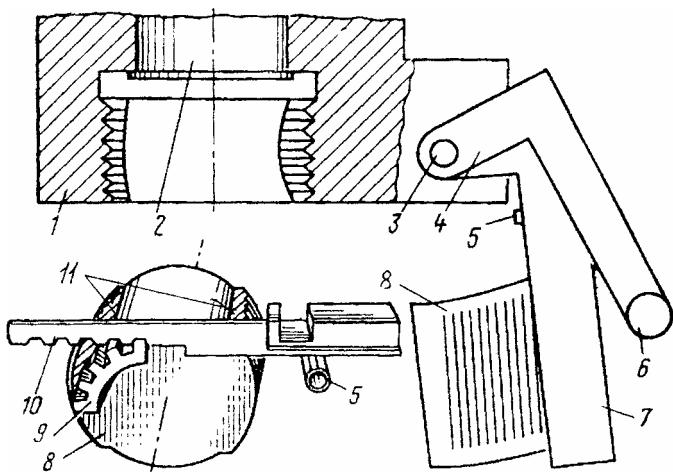


Рис. 2.35. Схема поршневого затвора с приводом реечно-шестереночного типа.

Такие затворы получили название одноступенчатых, то есть в одной секции на гладкий сектор приходится лишь один нарезной, образующий одну ступень над гладким

сектором. Для повышения прочности сцепления поршня со стволов без увеличения его длины применяют так называемые двух- и трехступенчатые конструкции поршней, то есть на один гладкий сектор приходится два или три нарезных сектора (рис. 2.36).

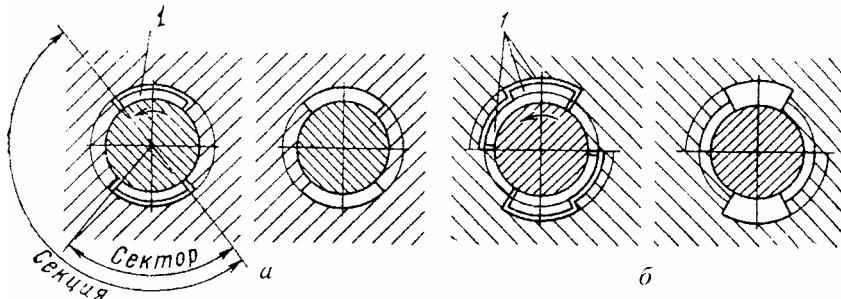


Рис. 2.36. Схема сцепления затвора с казенником:  
а - одноступенчатый затвор; б - двухступенчатый затвор; 1 - боевые выступы.

Однако без крайней необходимости применять конструкцию многоступенчатого затвора не следует, так как такие затворы более трудоемки при изготовлении.

Увеличивать количество ступеней (нарезных секторов в секции) не следует также из-за того, что явление самооткрывания (самоотвинчивания) поршня под действием силы давления пороховых газов на дно ствола недопустимо. Так как в многоступенчатом затворе шаг винтовых линий боевых выступов на нарезных секторах одинаков, а выполняются они на цилиндрических поверхностях разного диаметра, то угол наклона винтовых линий различен. Это обстоятельство может привести к тому, что угол наклона винтовой линии боевых выступов секторов, расположенных по наименьшему радиусу, будет уже не самотормозящимся (более 0,026 рад.).

Для повышения надежности запирания ствола в любом случае, несмотря на малую величину угла наклона винтовой линии боевых выступов, рекомендуется после сцепления поршня со стволов дополнительно фиксировать (замыкать) поршень в закрытом положении. Фиксацию закрытого положения поршня обычно производят приводами, которые по виду последней пары делятся на приводы реечно-шестереночного типа и приводы копирного типа.

*Привод затвора реечно-шестереночного типа* (см. рис. 2.35) состоит из зубчатой рейки (гребенки) 10, расположенной в затворной раме 7 и действующей от рукоятки затвора 6, и находящегося с ней в зацеплении зубчатого сектора 9, выполненного на заднем торце поршня 8. При закрывании затвора поворотом за рукоятку затворной рамы относительно оси 3, поршень 8 вводится в затворное гнездо казенника 1. Повернувшись относительно своей продольной оси поршень 8 в это время не может, так как рейка 10 застопорена специальным стопором 5. В конце поворота рамы 7, стопор 5, упираясь в казенник, освобождает зубчатую рейку 10. При дальнейшем повороте рукоятки 6 относительно неподвижной рамы 7 происходит перемещение рейки 10 и поворот поршня в затворном гнезде. Процесс открывания затвора происходит в обратной последовательности.

Для поворота поршня в подобных затворах можно также использовать взаимодействие выступа рейки (без зубьев) с копирным пазом поршня, выполненным на заднем торце поршня. Применение механизма копирного типа в таком виде для поворота поршня целесообразно при картузном заряжании орудия. В этом случае выбором формы копирного паза легче обеспечить в конце поворота поршня предварительное поджатие упруго-пластического обтюратора, необходимое для надежной

обтюрации газов при малых давлениях.

При большой длине поршня его вывод из затворного гнезда целесообразнее осуществлять поступательным движением. В этом случае затвор становится трехтактным. В трехтактном поршневом затворе поршень совершают следующие три движения: расцепление с затворным гнездом (вращением относительно продольной оси); вывод из затворного гнезда (поступательным движением относительно затворной рамы); отведение от казенника (вращением вместе с рамой относительно ее оси).

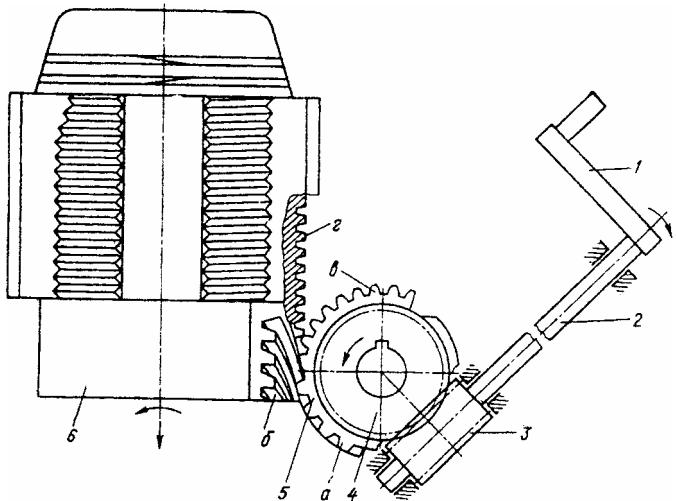


Рис. 2.37. Схема трехтактного поршневого затвора.

Достоинством трехтактных поршневых затворов является простота конструкции и изготовления поршня и затворного гнезда, недостатком - сложность устройства привода (рис. 2.37). Привод состоит из рукоятки затвора 1, вала 2, червяка 3, червячного колеса 4, на валу которого находится шестеренка 5, имеющая сектор *a* с косыми зубьями и сектор *b* с прямыми зубьями. На образующей поршня 6 также имеется сектор с косыми зубьями *b* и рейка *g* с прямыми зубьями. При вращении рукоятки 1 вращательное движение через вал 2 червяк 3 и червячное колесо 4 передается на шестеренку 5. Косозубый сектор *a*, воздействуя на косозубый сектор *b* поршня, поворачивает поршень относительно продольной оси до расцепления его с казенником (показано расцепленное положение поршня). При дальнейшем вращении рукоятки затвора и шестеренки 5 во взаимодействие вступает прямозубый сектор *b* с рейкой *g* поршня, в результате чего поршень, совершая поступательное движение, выводится из затворного гнезда. Рама затвора в это время вращаться относительно своей оси не может (на рисунке не показана), так как она зафиксирована специальным стопором. В конце поступательного движения поршня этот стопор выключается и рама вместе с выдвинутым поршнем поворачивается относительно своей оси, совпадающей с осью вращения червячного колеса 4 и шестеренки 5. Обратное вращение рукоятки затвора обеспечивает обратную последовательность движения поршня.

Для безгильзового (картузного) заряжания используется поршневой затвор с упруго-пластическим обтюратором (рис. 2.38). Через поршень затвора 1 пропускается грибовидный стержень 2. Между грибовидным стержнем и передним торцом поршня расположена обтюрирующая подушка 3 из специальной резины. Для предотвращения затекания резины в зазоры между деталями по краям подушки ставятся косоразрезанные или тонкие Г-образные стальные кольца 4.

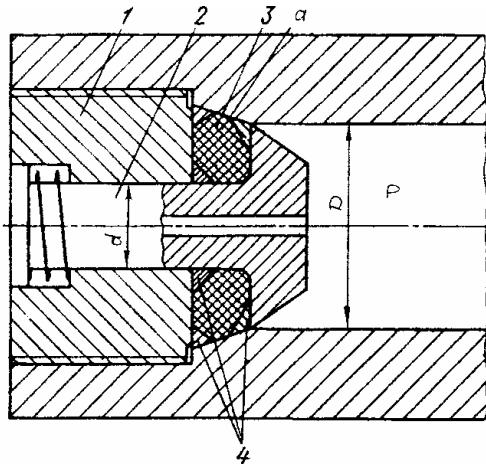


Рис. 2.38. Схема поршневого затвора с упруго-пластическим обтюратором: 1 – затвор; 2 – грибовидный стержень; 3 – обтюрирующая подушка; 4 – кольца; а – обтюрирующий корпус.

При выстреле осевая сила давления пороховых газов в каморе, воспринимаемая головкой грибовидного стержня, передается на поршень только через обтюрирующую подушку. Осевое давление в обтюрирующей подушке всегда будет больше давления пороховых газов в каморе:

$$p_1 = p \frac{D_2}{D^2 - d^2}. \quad (2.19)$$

Давление прижатия обтюрирующей подушки к конусу каморы равно:

$$p_2 = p \frac{D_2}{D^2 - d^2} \cdot \frac{\mu}{1 - \mu} \cos \alpha, \quad (2.20)$$

где  $\alpha$  - угол конуса;  $\mu$  - коэффициент Пуассона для резины (0,36...0,46).

Подбором диаметра  $d$  можно добиться, чтобы обеспечить  $p_2 > p$ . Конусность обтюрирующей подушки необходима для удобства выведения ее из каморы.

Замыкание (фиксация) закрытого положения поршня в затворах, открывающихся в сторону, осуществляется специальной защелкой рукоятки затвора.

При большой массе поршневого (а также и клинового) затвора для облегчения работы таким затвором вручную в конструкцию затвора вводится уравновешивающий механизм,

Автоматический привод открытия продольно-скользящего поршневого затвора состоит из ускорительного механизма затвора, сообщающего поступательное движение остову затвора, и механизма поворота поршня, сообщающего вращательное движение поршню на открывание.

Рассмотрим механизм отпирания поршня копирного типа (рис. 2.39).

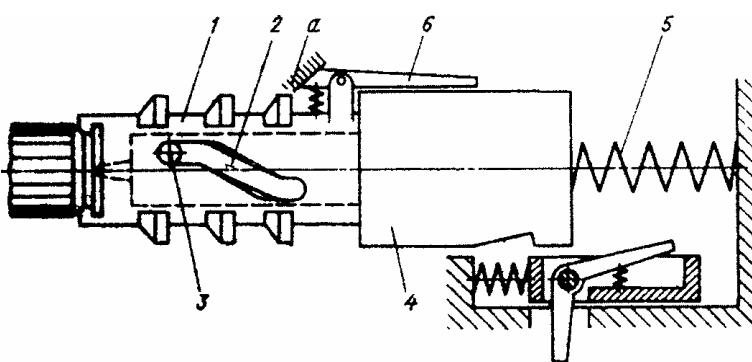


Рис. 2.39. Схема продольно-скользящего затвора с приводом копирного типа.

На поршне 1 предусмотрен специальный копирный паз 2, в который входит палец (штырь) 3 остова затвора 4. При поступательном движении остова затвора на-

зад, которое осуществляется специальным ускорительным механизмом, его палец воздействует на стенки копирного паза и заставляет поршень повернуться относительно своей продольной оси и расцепиться с затворным гнездом.

В конце поворота поршня остав затвора 4 пальцем 3 сообщает поршню поступательное движение. При совместном движении остава и поршня назад происходит сжатие возвратной пружины затвора 5 и западание специальной фиксирующей защелки 6 между поршнем и оставом. Привод закрывания продольно-скользящих затворов состоит из возвратной пружины затвора 5 и механизма поворота поршня.

Для исключения несвоевременного поворота поршня при ведении его оставом затвора в переднее положение передача усилия возвратной пружины 5 поршню / осуществляется не через палец 3, а через защелку 6, торец правого плеча которой стоит на пути движения остава.

В крайнем переднем положении, когда поршень полностью войдет в затворное гнездо, защелка 6 набегает передним плечом на скос казенника *a* и выключается, а остав затвора 4, продолжая движение вперед, воздействует пальцем 3 на нижнюю стенку паза поршня и поворачивает его до сцепления с казенником.

Замыкание (фиксация) закрытого положения поршня обеспечивается тем, что после поворота палец остава затвора входит в продольный передний участок копирного паза.

Примером однотактного поршневого затвора может служить поршневой затвор эксцентрикового типа (рис. 2.40).

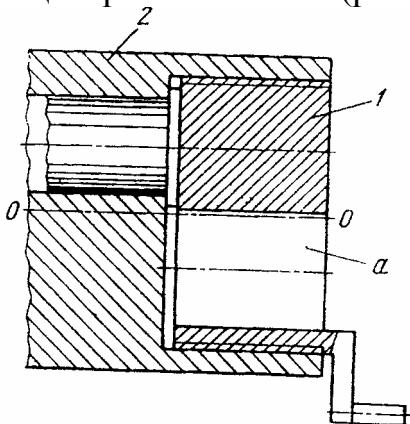


Рис. 2.40. Поршневой затвор эксцентрикового типа.

Поршень 1 затвора имеет сплошную винтовую нарезку, которой он прочно сцеплен со стволовом 2. Ось поршня ОО смешена относительно оси ствола на величину, примерно равную радиусу дна каморы. В поршне сделан сквозной канал *a*, через который может пройти фланец досыпаемой гильзы. При повороте поршня на угол  $\pi$  рад канал *a* становится на продолжении каморы - затвор открыт для заряжания. При обратном повороте поршня на угол  $\pi$  рад против каморы оказывается сплошная часть поршня, в которой расположен ударный механизм - затвор закрыт.

Подобный затвор впервые был применен в старой 75-мм французской пушке. Достоинством однотактных затворов является их быстродействие, недостатком - увеличение габаритов казенной части ствола.

Наибольшее распространение получили двухтактные поршневые затворы, так как они обеспечивают требуемые габариты затвора и казенника при приемлемой их сложности конструкции и изготовления. В орудиях малого калибра, особенно в авиационных и зенитных пушках, широкое распространение получили продольно-скользящие двухтактные затворы, а в орудиях среднего и крупного калибра - порш-

невые затворы, открывающиеся в сторону.

Следует также отметить, что продольно-скользящие затворы являются затворами автоматическими. Что же касается поршневых затворов, открывающихся в сторону, то они плохо поддаются автоматизации и потому являются в основном затворами неавтоматического, ручного, действия.

### **2.3.5. Экстрактирующие выбрасывающие устройства**

Экстрактирующие устройства предназначаются для извлечения стреляной гильзы из патронника (каморы) ствола и отражения (удаления) ее за пределы орудия.

В работе экстрактирующих устройств выделяют два этапа:

- 1) извлечение (экстракция) стреляной гильзы из патронника;
- 2) отражение (удаление) стреляной гильзы за пределы орудия.

Первый этап работы экстрактирующих устройств - собственно экстракция - заключается в сообщении стреляной гильзе поступательного движения параллельно оси канала ствола. Экстракция производится с помощью специальных деталей, называемых экстракторами или выбрасывателями. Экстрактирование гильзы начинается, как правило, в конце открывания затвора.

Второй этап работы экстрактирующих устройств - отражение (удаление) - заключается в изменении направления первоначально приданного при экстракции поступательного движения стреляной гильзе. Отражение осуществляется с помощью специальных деталей, называемых отражателями, или с помощью очередного патрона, подаваемого на линию досылки.

В неавтоматических и полуавтоматических орудиях второй этап работы экстрактирующих устройств осуществляется без применения специальных деталей, так как в этом случае направление движения гильзы при ее экстракции и удалении совпадают.

Основные требования, которым должна удовлетворять конструкция экстрактирующего механизма, следующие:

отсутствие перекоса гильзы при ее вытягивании из патронника;

исключение возможности среза, изгиба и смятия закраины гильзы при ее экстрактировании;

возможность плавного страгивания экстрактируемой гильзы относительно патронника:

надежное и строго направленное удаление гильзы на требуемое расстояние от орудия;

безопасность производства удаления стреляной гильзы за пределы орудия.

Экстракторы-выбрасыватели классифицируются по виду движения, совершаемого при действии на стреляную гильзу, и по характеру действия на гильзу. По виду движения экстракторы делятся на экстракторы вращательного движения и экстракторы поступательного движения. Экстракторы, совершающие вращательное движение, по конструктивному признаку делятся на два типа: экстракторы рычажного типа и экстракторы кулачкового типа.

По характеру действия на экстрактируемую гильзу экстракторы делятся на экстракторы ударного действия и экстракторы плавного действия. Следует заме-

тить, что экстракторы рычажного типа являются экстракторами ударного действия, а экстракторы кулачкового типа - экстракторами плавного действия.

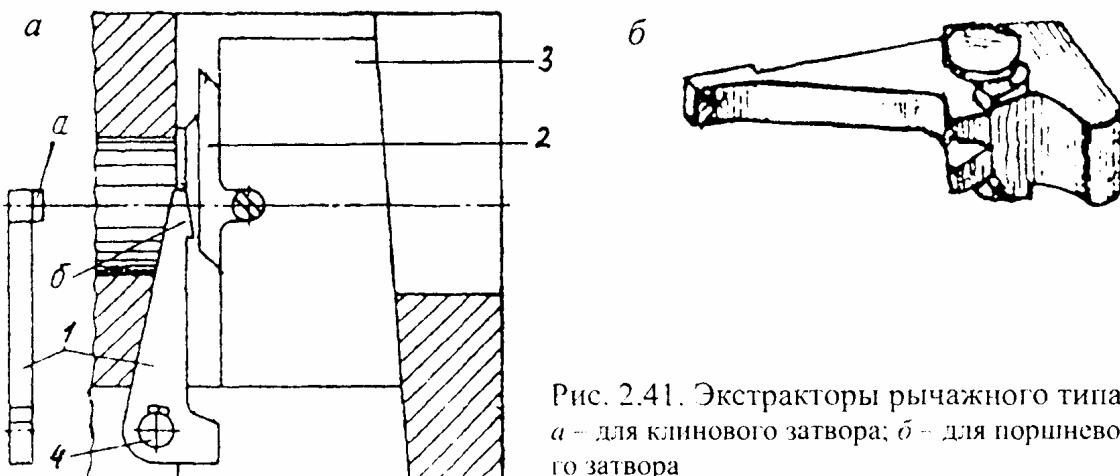


Рис. 2.41. Экстракторы рычажного типа:  
а - для клинового затвора; б - для поршневого затвора

*Экстрактор рычажного типа* (рис. 2.41, а) представляет собой двухплечевой рычаг 1, на конце длинного плеча которого имеется специальный выступ (зуб) а, входящий в контакт с фланцем гильзы, и зацеп б, удерживающий затвор в открытом положении. Короткое плечо рычага в 5-6 раз меньше длинного и взаимодействует со специальным выступом (вкладышем) 2 на затворе 3. Ось вращения 4 располагается в казеннике орудия впереди затвора. После выстрела в конце открывания затвора 3, когда клин переместится на величину, равную диаметру фланца гильзы, его вкладыш 2 резко ударяет по концу короткого плеча экстрактора и быстро поворачивает его на оси 4. Зуб а экстрактора, находящийся впереди фланца гильзы (для этого на казенном срезе ствола имеются специальные выемки), воздействует на фланец гильзы, вытягивая ее из патронника (каморы) и сообщая ей определенную скорость. Путь, на котором экстрактор воздействует на гильзу, обычно равен нескольким сантиметрам, а скорость - нескольким метрам в секунду. При наличии в конструкции орудия клинового затвора применяют два экстрактора, располагающихся по обе стороны клина, что обеспечивает надежность действия механизма и отсутствие перекоса экстрактируемой гильзы. При наличии поршневого затвора, открывающегося в сторону, применяют обычно один экстрактор (рис. 2.41, б), так как постановка второго экстрактора с противоположной стороны каморы приводит к резкому усложнению конструкции механизма. При открывании затвора в конце поворота рама воздействует на короткое плечо экстрактора, вращает его на оси и длинным плечом экстрактор сообщает гильзе необходимую скорость экстракции.

Достоинством экстракторов рычажного типа является простота их конструкции, недостатком - ударность действия, что отрицательно оказывается как на прочности самих экстракторов, так и на прочности фланца гильзы. Применять экстракторы рычажного типа ударного действия рекомендуется в том случае, когда гильза после выстрела не имеет большого защемления в патроннике, то есть в случае, когда давление пороховых газов не превосходит  $\sim 250$  МПа.

*Экстрактор кулачкового типа* (рис. 2.42) представляет собой плоскую деталь с фигурной передней поверхностью, которая в точке с контактирует с плоскостью казенного среза ствола. Выше фигурной поверхности располагается зуб а экстрактора, контактирующий с фланцем гильзы, ниже - две цапфы. Внутренняя цапфа б

находится в фигурном пазе  $\vartheta$  клина, а наружная цапфа  $\varepsilon$  - в дугообразном пазе  $d$  щеки казенника, удерживая экстрактор от выпадания из казенника. При открывании затвора задняя стенка паза клина воздействует на внутреннюю цапфу  $b$  экстрактора и сдвигает ее к казенному срезу ствола. Наружная цапфа экстрактора при этом перемещается по дугообразному пазу казенника. Так как при смещении цапф к казенному срезу ствола передняя фигурающая поверхность экстрактора опирается на плоскость казенного среза ствола, то происходит поворот экстрактора, вследствие чего зуб экстрактора отходит назад, экстрагируя стрелянную гильзу.

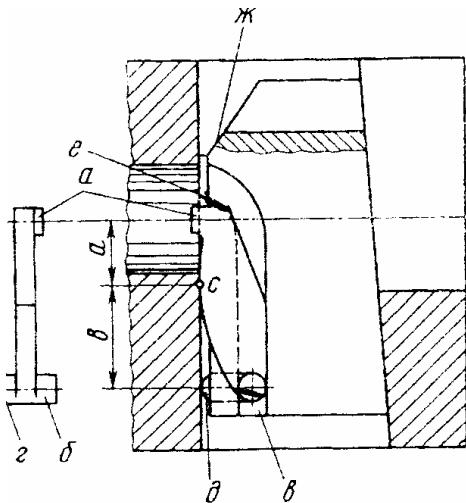


Рис. 2.42. Экстрактор кулачкового типа.

Фигурная поверхность кулачкового экстрактора выполняется таким образом, что в начале работы линия контакта с казенным срезом ствола располагается значительно ближе к зубу экстрактора, то есть расстояние  $a$  значительно меньше расстояния  $b$ . В процессе поворота кулачка (качение по казенному срезу ствола) указанная линия контакта смещается ближе к цапфам, то есть расстояние  $a$  становится значительно большим, чем расстояние  $b$ . Такое устройство экстрактора позволяет вначале приложить к гильзе большое усилие и плавно, с небольшой скоростью стронуть ее относительно патронника, освобождая от усилия защемления. По мере поворота экстрактора и указанного изменения соотношения его плеч происходит плавное увеличение скорости свободно лежащей в патроннике гильзы до требуемой величины. В конце открывания клина внутренняя цапфа экстрактора оказывается в таком положении, что при движении клина при закрывании он площадкой  $e$  упирается в соответствующую лыску на цапфе  $b$  и остается в открытом положении. Вывод экстрактора из этого ("мертвого") положения осуществляется фланцем досыпаемой гильзы. Однако при досылке очередной гильзы зуб экстрактора не сможет сразу подойти к казенному срезу ствола, так как фигурная поверхность экстрактора опирается на казенный срез ствола, а его внутренняя цапфа, выйдя из "мертвого" положения, упирается в заднюю стенку фигурного паза клина  $\vartheta$ . Это приводит к тому, что фланец досыпаемой гильзы остановится на зубе экстрактора, не дойдя до казенного среза ствола. Для окончательной досылки очередной гильзы у клиновых затворов, имеющих экстрактор кулачкового типа, выше зеркала затвора предусмотрен специальный скос  $\varphi$  значительной величины. В этом случае по мере движения клина при закрывании и поворота экстрактора происходит досылка гильзы скосом клина в камору.

Достоинством экстракторов кулачкового типа является плавность их воздей-

ствия на экстрагируемую гильзу при приложении к ней большего усилия в период страгивания относительно патронника. Недостатками экстракторов данного типа являются большая сложность изготовления, а также необходимость некоторого увеличения хода клина (на высоту досылающего скоса јс клина). Применение экстракторов кулачкового типа целесообразно в случаях, когда максимальное давление пороховых газов в стволе достигает  $\sim 250$  МПа и более, то есть в орудиях с мощной баллистикой.

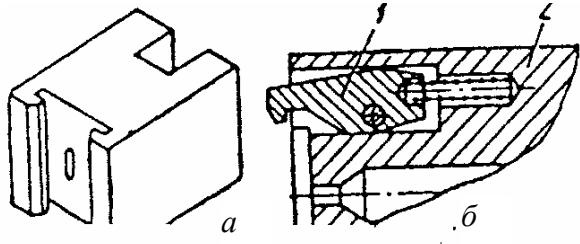


Рис. 2.43. Экстракторы поступательного движения.

*Экстракторы поступательного движения* характерны для продольно-скользящих поршневых затворов. Обычно на поршне имеются два жестких экстрактора (зацепа), выполненных как одно целое с поршнем (рис. 2.43, а). После производства выстрела зацепы извлекают из патронника (каморы) стрелянную гильзу. Отражение ее осуществляется перпендикулярно оси канала ствола при подаче очередного патрона.

Другим вариантом экстрактора является подвижный выбрасыватель (рис. 2.43, б). Он состоит из зацепа 1, опорной поверхности затвора 2 и упругого элемента. Опорная поверхность служит для установки и фиксации положения экстрактора в затворе. В качестве упругого элемента могут применяться винтовые, пластинчатые или спиральные пружины. Зацеп выполняет основную функцию - извлечение гильзы из патронника. Отражение гильзы в сторону при таком выбрасывателе чаще всего бывает ударным. Варианты отражателей ударного действия показаны на рис. 2.44.

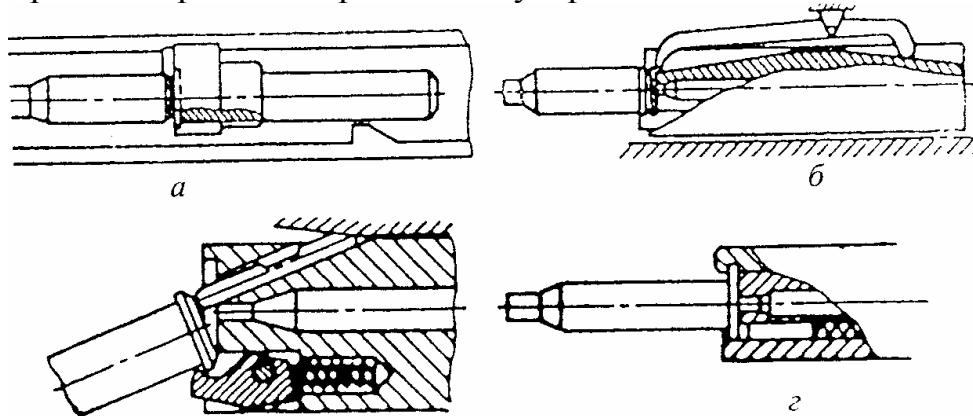


Рис. 2.44. Отражатели ударного действия:  
а - жесткий неподвижный; б - рычажный; в - жесткий подвижный;  
г - пружинный, расположенный в затворе.

В высокотемпных барабанных пушках применяется так называемая газовая экстракция, заключающаяся в том, что специальным клином, действующим на фланец, гильза смещается на 3-5 мм относительно патронника (освобождается от усилия защемления), а затем пороховыми газами, образующимися при следующем выстреле, удаляется (выдувается) из патронника барабана. Газовая экстракция наряду с

малой массой и габаритами устройств обеспечивает возможность экстрактирования гильзы с очень высокой скоростью (до 100 м/с). Недостатком этого вида экстракции является необходимость устройства газоотвода и применение сжатого воздуха для удаления патрона, давшего осечку.

В последнее время появилось несколько систем оружия, у которых отражение гильзы осуществляется вдоль ствола вперед. Такое отражение гильзы позволяет вести стрельбу из закрытых, защищенных объектов без влияния отражения на экипаж машины (авиапушка 3-23, малокалиберные пушки 2А42, 2А72).

В пушке 2А42 отражение гильзы осуществляется за счет сил инерции, которые действуют на гильзу при совместном ее движении вперед вместе с затворной рамой и затвором в конце наката (рис. 2.45).

При откате затворной рамы 7 отражатель 6 набегает на наклонный выступ *с* коробки 9 и поворачивается, сдвигая стрелянную гильзу 4 под углом к оси ствола 2. При накате выступ затвора 5 выталкивает гильзу в окно 1 над стволом. В исходное горизонтальное положение отражатель возвращается при контакте его выступа с наклонной площадкой *a* косынки 3 и фиксируется фиксатором 10 коробки.

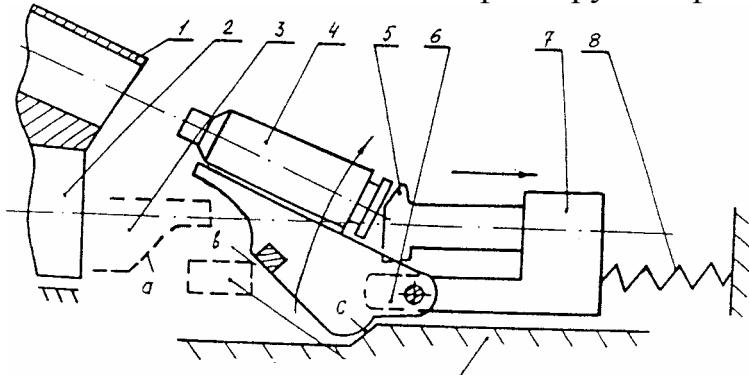


Рис. 2.45. Схема выбрасывания гильзы вперед.

### 2.3.6. Механизмы производства выстрела

Механизмом производства выстрела (стреляющим механизмом) называется совокупность деталей и устройств, обеспечивающих приведение в действие средства воспламенения порохового заряда в требуемый момент времени, то есть обеспечивающих непосредственное производство выстрела.

В зависимости от вида энергии, сообщаемой средству воспламенения в качестве начального импульса (удар или нагрев), механизмы производства выстрела делятся на механизмы механического действия, электрического действия и двойного электромеханического действия.

Механизмы производства выстрела механического действия обычно делят на два самостоятельных механизма: ударный и спусковой. В свою очередь, ударные механизмы в зависимости от вида движения детали, непосредственно получающей энергию от боевой пружины, подразделяются на механизмы ударникового типа и механизмы куркового типа.

Спусковые механизмы обычно делятся в зависимости от устройства их кинематической цепи на спусковые механизмы механического действия и спусковые механизмы электрического действия.

Конструкция механизма производства выстрела должна обеспечивать быструю и легкую передачу усилия стреляющего от спусковой рукоятки (~ 40 Н) или от педали (~ 80 Н) к спусковому рычагу при их ходе не более 0,05 м. При этом должно

обеспечиваться надежное воспламенение порохового заряда при отсутствии сквозного пробития средства воспламенения. Механизм должен также обладать достаточной живучестью и обеспечивать возможность его быстрой разборки и сборки без применения специального инструмента, в частности, замену бойка или электроконтакта в полевых условиях.

Механизмы производства выстрела механического действия. *Ударные механизмы* предназначаются для приведения в действие средства воспламенения порохового заряда путем удара по нему.

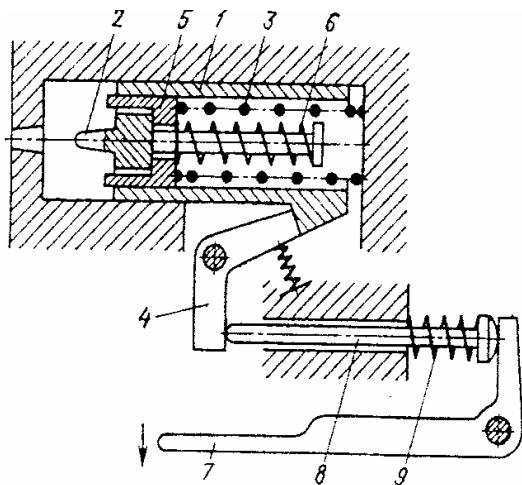
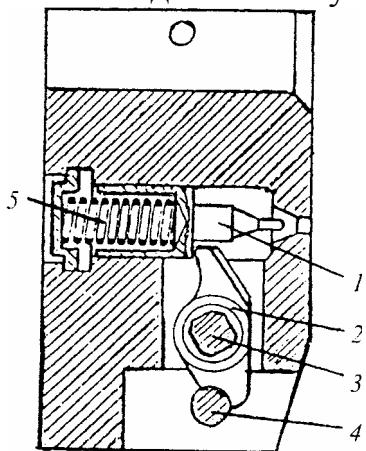


Рис. 2.46. Схема ударного механизма ударникового типа.

Принцип устройства и действия ударных механизмов заключается в том, что перед выстрелом тем или иным образом сжимается довольно сильная так называемая боевая пружина. После освобождения пружины ее потенциальная энергия преобразуется в кинетическую энергию движения деталей ударного механизма, обеспечивая внедрение бойка в тело капсюльной втулки. Обычно боек, имеющий малые массу и габариты, жестко соединяется или как одно целое изготавливается с более массивной деталью. Если эта деталь совершаает поступательное движение, она называется ударником, если вращательное - курком. В зависимости от этого ударные механизмы подразделяются на ударные механизмы ударникового типа и ударные механизмы куркового типа. Механизмы ударникового типа (рис. 2.46) состоят из ударника 1, бойка 2 и боевой пружины 3. Во взвешенном положении ударник или курок удерживаются деталью спускового механизма - спусковым рычагом 4 (шепталом).



2.47. Ударный механизм в клиновых затворах:  
1 – ударник с бойком; 2 – взвод ударника;  
3 – ось взвода; 4 – стопор; 5 – боевая пружина.

Энергия боевой пружины должна быть такова, чтобы не было осечек при стрельбе в ухудшенных условиях эксплуатации оружия (застывшая смазка, пыль,

песок и т. д.). Выход бойка за зеркало затвора должен быть таким, чтобы не было ни осечек из-за малого его выхода, ни пробития капсюльной втулки вследствие его большого выхода, то есть в пределах 1,8...2 мм. Наиболее распространенной формой конца бойка является сфера радиусом 1,5...2 мм. Так как после срабатывания ударного механизма боек остается внедренным в капсюльную втулку, то, чтобы не сломать его, необходимо перед открыванием затвора отводить боек за зеркало затвора. Обычно это осуществляется:

1) специальной возвратной пружиной 6, отводящей ударник 1 с бойком 2 после выключения боевой пружины 3 ограничительной шайбой-вилкой 5 (рис. 2.46);

2) кривошипом 1 привода затвора (см. рис. 2.31), который при вращении на фигурном участке паза *a* клина воздействует на рычаг взвода 4 и отводит ударник с бойком – для клиновых затворов (рис. 2.47);

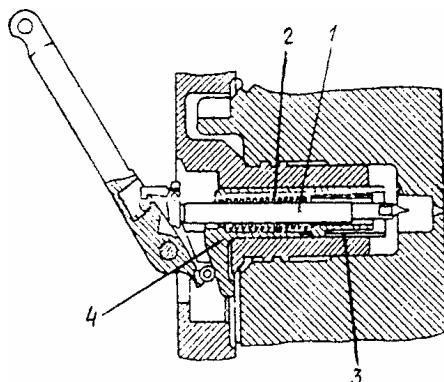


Рис. 2.48. Ударный механизм в поршневых затворах.

3) специальной кинематической связью между деталями ударного механизма (рис. 2.48), обеспечивающей при введении ударного механизма двухстороннее сжатие боевой пружины 2 между опорной муфтой 3 и трубкой 4, отводящей ударник 1 назад после удара. Необходимость отведения бойка за зеркало поршневого затвора объясняется не только необходимостью сбережения бойка от поломок, но и требованиями техники безопасности: если бы боек не убирался за зеркало затвора, то при закрывании затвора мог бы произойти удар бойка по капсюльной втулке.

Общими недостатками ударных механизмов ударного действия являются сравнительно большое время их срабатывания (0,005...0,01 с), большие габариты и большая масса устройства.

*Спусковые механизмы* предназначаются для приведения в действие ударного механизма в требуемый момент времени.

В соответствии с устройством кинематической цепи спусковые механизмы делятся на спусковые механизмы механического действия и спусковые механизмы электромеханического действия.

*Спусковые механизмы механического действия* представляют собой кинематическую цепь деталей, передающих усилие стреляющего от спусковой детали или рукоятки к спусковому рычагу. Например, на рис. 2.46 показан спусковой механизм неавтоматического орудия, состоящий из рукоятки огня 7, толкателя 8 с пружиной 9 и подпружиненного шептала 4. При воздействии на рукоятку 7 ударник 1 освобождается от шептала 4.

Спусковой механизм артиллерийских автоматов состоит не только из механизма ручного спуска, но и механизма автоматического спуска. Механизм автоматического спуска представляет собой кинематическую цепь деталей, заканчивающую-

щуюся автоматическим спусковым рычагом (автошепталом), удерживающим ударный механизм от срабатывания до тех пор, пока не произойдет необходимое срабатывание механизмов автоматики орудия.

Наличие в автоматической пушке двух спусковых рычагов приводит к необходимости согласования их работы.

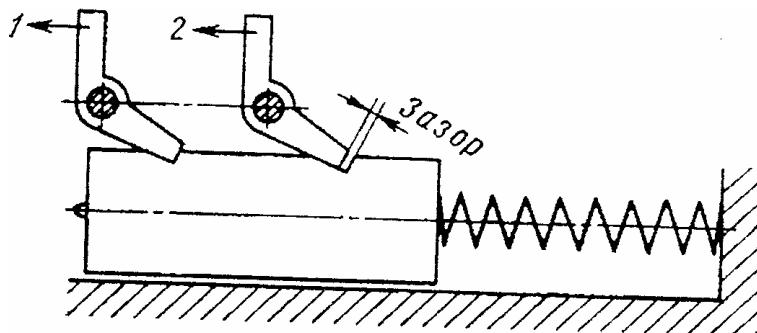


Рис. 2.49. Взаимное расположение ручного шептала и автошептала.

Автошептало 1 выполняется более длинным, чем ручное шептало 2, то есть если деталь с бойком (ударник, затвор) остановлена автошепталом 1, то между ее боевым взводом и ручным шепталом имеется гарантированный зазор порядка 1 мм (рис. 2.49). Этот зазор обусловлен требованием обеспечения безопасности эксплуатации автомата при устраниении задержки (не простым перезаряжанием). Стреляющий, видя задержку, отпускает ручное шептало и оно (благодаря указанному зазору) надежно становится на пути движения детали с бойком. По устраниении задержки автоматически будет выключено и автошептало, но непредвиденного выстрела в этом случае не будет, так как на пути движения детали с бойком находится ручное шептало.

В автоматах с продольно-скользящим затвором боек ударного механизма обычно соединяют с остовом затвора. При прекращении стрельбы затвор в крайнем заднем положении садится на шептало со значительной энергией, достигающей иногда  $(30\dots50)\cdot9,81$  Дж. Поэтому для предохранения деталей механизма от поломок спусковой рычаг часто подпружинивают (амортизируют), как показано на рис. 2.39.

Следует отметить, что главным достоинством спусковых механизмов механического действия является высокая надежность, недостатком - большие габариты и масса деталей, а также большое время их срабатывания (0,07...0,2 с).

*Спусковые механизмы электромеханического действия* (рис. 2.50) состоят из двух частей - электрической и механической.

Электрическая часть состоит из аккумуляторной батареи 1, гашетки 2, блокировочного контакта 3, соленоидной катушки электромагнита 5 и соединительных проводов 4.

Механическая часть состоит из штока 6 электромагнита 5 и спускового рычага 7. При замыкании электрической цепи происходит выталкивание из электромагнита 5 штока 6, который поворачивает спусковой рычаг 7 и освобождает ударник ударного механизма.

Достоинством спускового механизма электромеханического действия является удобство компоновки механизма, удобство введения различного рода блокировок; некоторое уменьшение времени срабатывания по сравнению с механизмом ме-

хнического действия.

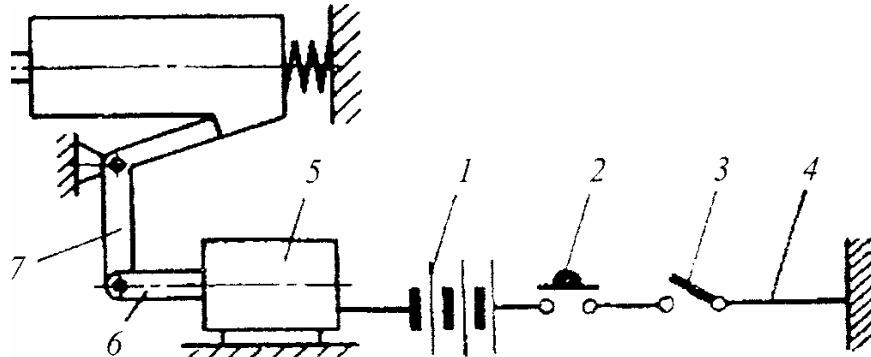


Рис. 2.50. Схема спускового механизма электромеханического действия.

**Механизмы производства выстрела электрического действия.** Принцип действия стреляющего механизма электрического действия (рис. 2.51) заключается в том, что в качестве энергии, необходимой для приведения в действие средства воспламенения (электрической капсюльной втулки), используется электрическая энергия, как правило, запасенная в аккумуляторных батареях 1. Непосредственно с капсюльной втулкой в этом случае контактирует подпружиненный небольшой пружиной 2 электрический контакт 3, изолированный от массы оружия, служащей вторым проводом электроцепи.

Остальная часть механизма этого типа в общем случае состоит из гашетки или кнопки огня 4, контакта электрической блокировки системы охлаждения ствола и стреляющего механизма 5, контакта электрической блокировки механизма обвода опасных зон и стреляющего механизма 6, электроКонтакта 7, работающего с выдержкой на замыкание и позволяющего очень просто изменять темп стрельбы путем замыкания электроцепи второй кнопкой огня 8, а также электропроводки, соединяющей элементы механизма производства выстрела в единое целое. Кроме того, в его цепь могут включаться также счетчики числа произведенных выстрелов или оставшихся патронов.

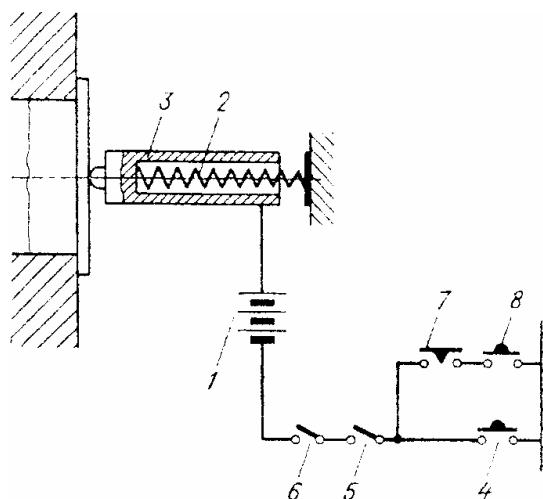


Рис. 2.51. Схема механизма производства выстрела электрического действия.

Достоинствами стреляющих механизмов электрического действия являются быстродействие (0,001 с), компактность, малая масса механизма и удобство введения различного рода блокировок. К недостаткам механизма следует отнести несколько меньшую, по сравнению с механизмами механического действия, надеж-

ность действия. Это объясняется возможностью нарушения электрической цепи вследствие окисления или загрязнения хотя бы одного из имеющихся контактов.

Механизмы производства выстрела двойного электромеханического действия. По конструкции механизмы производства выстрела двойного действия представляют собой совокупность двух рассмотренных выше механизмов - механизма механического действия и механизма электрического действия. На боек ударного механизма в этом случае возлагается также функция электроконтакта.

Наличие в орудии двух механизмов производства выстрела усложняет его конструкцию. Стреляющий механизм в этом случае обладает всеми положительными и отрицательными качествами, которые присущи механизмам механического и электрического действия.

Применяются механизмы производства выстрела двойного действия лишь в том случае, когда на вооружении орудия имеются артиллерийские выстрелы со средствами воспламенения порохового заряда как ударного, так и электрического действия.

## **2.4. ДУЛЬНЫЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА**

Практически все современные образцы артиллерийских орудий, особенно автоматического оружия, имеют дульные газодинамические устройства (ДГУ), выполняющие те или иные функции по уменьшению влияния на стреляющего или на орудие нежелательных эффектов, сопровождающих выстрел. ДГУ работают в периоде последействия и используют энергию газов, выходящих из канала ствола вслед за зарядом. Вследствие этого они не ухудшают баллистические характеристики образцов. Кроме того, они, как правило, просты по устройству и отличаются высокой надежностью.

За счет ДГУ можно существенно снизить энергию отдачи, уменьшить пламенность выстрела и звуковое воздействие, а также исключить обратное пламя, уменьшить загазованность боевых отделений танков и самоходных орудий, повысить кучность стрельбы из автоматического оружия и так далее. При этом часто различные функциональные назначения совмещаются в одном устройстве.

Основными требованиями к ДГУ являются следующие:

они должны обеспечивать целевое назначение;

звуковое воздействие выстрела на стреляющих должно находиться в допустимых пределах;

видимость пламени, воздействие на грунт (пыль, снежные вихри) при выстреле должны быть минимальными и не демаскировать боевую позицию;

кучность стрельбы из-за воздействия ДГУ на характер движения ствола не должна ухудшаться;

применение ДГУ не должно заметно увеличивать массу и габариты всего оружия;

конструкция ДГУ должна иметь простую форму, быть технологичной для производства;

прочность элементов ДГУ и его живучесть не должны уступать прочности и живучести ствола.

Из приведенных требований следует, что, выполняя заданные функции, ДГУ

не должны ухудшать (или, в крайнем случае, доводить до недопустимых пределов) другие эксплуатационные характеристики.

Наибольшее распространение среди ДГУ получили *дульные тормоза*, предназначенные для уменьшения энергии отдачи ствола или всего оружия за счет преобразования части энергии отдачи, возникающей при выстреле. Сущность работы дульного тормоза заключается в том, что после вылета снаряда (пули) из канала ствола пороховые газы попадают в полость дульного тормоза и через переднее и боковые отверстия истекают в атмосферу. Истечение пороховых газов через боковые каналы, которые могут быть направлены под различными углами к оси канала ствола, уменьшает осевую составляющую суммарного вектора количества движения пороховых газов, уменьшает осевую реакцию, действующую на ствол. К достоинству такой конструкции можно отнести то, что она не передает усилия на лафет, а замыкает его на ствол.

Эффективность дульного тормоза оценивается его энергетической характеристикой, которую принято выражать в процентах по следующей зависимости:

$$\Delta E = \frac{\frac{M_0 W_\tau^2}{2} - \frac{M_0 W_{\tau D}^2}{2}}{\frac{M_0 W_\tau^2}{2}} \cdot 100 \left[ 1 - \left( \frac{W_{\tau D}^2}{W_\tau^2} \right)^2 \right] 100, \quad (2.21)$$

где  $M_0$  - масса откатных частей (полагают, что она практически не зависит от наличия дульного тормоза);

$W_\tau$  - скорость свободного отката в конце периода последействия при отсутствии дульного тормоза;

$W_{\tau D}$  - скорость свободного отката в конце периода последействия при наличии дульного тормоза.

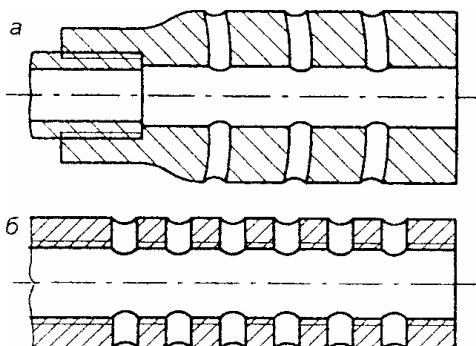


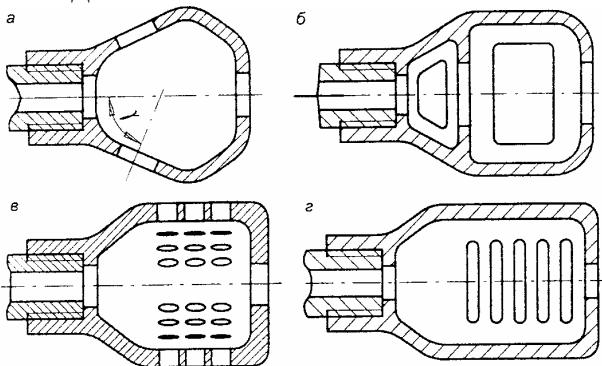
Рис. 2.52. Бескамерные дульные тормоза:  
а – цилиндрический; б – ствольный.

Повышение эффективности дульного тормоза, как правило, сопровождается усилением звукового воздействия вследствие направленности возникающей дульной волны в сторону стреляющего, что является сдерживающим фактором для полного использования потенциальных возможностей дульного тормоза как противооткатного устройства.

Дульные тормоза классифицируют по конструктивным признакам, главными из которых являются: наличие или отсутствие диафрагмы (передней стенки); число камер; число рядов боковых отверстий; форма боковых отверстий.

Дульные тормоза без диафрагмы называют бескамерными (рис. 2.52). Внутренний диаметр полости бескамерного дульного тормоза чаще всего бывает больше

калибра (рис. 2.52, а). Однако встречаются и калиберные дульные тормоза, у которых диаметр полости равен калибру (рис. 2.52, б). В ряде случаев они могут быть предпочтительнее, поскольку скорость снаряда, проходящего по такому тормозу, увеличивается до 2 %. К тому же он не влияет на начальные условия движения снаряда по траектории и поэтому не ухудшает кучность стрельбы. Бескамерные дульные тормоза могут выполняться как цельными со стволовом, так и в виде отдельных насадок.



Дульные тормоза с диафрагмами называются камерными (рис. 2.53). Наибольшее распространение получили однокамерные и двухкамерные тормоза. По сравнению с бескамерными они могут обеспечивать большую эффективность за счет удара истекающего газа о диафрагму.

Форма боковых отверстий выбирается в виде квадратных или прямоугольных окон, поперечных или продольных щелей, круглых отверстий. В соответствии с этим они называются оконными, щелевыми или сотовыми. В пределах каждой камеры отверстия могут располагаться в один или несколько рядов.

В табл. 2.6 приведены некоторые конструктивные характеристики ряда отечественных артиллерийских орудий. В таблице приняты следующие обозначения:  $L_T$  - расстояние от дульного среза ствола до переднего среза дульного тормоза;  $S$  - площадь канала ствола;  $S_0$  - площадь сечения бокового отверстия в передней диафрагме;  $S_F$  - суммарная площадь боковых отверстий;  $\alpha$  - конструктивная характеристика дульного тормоза, вычисленная по методу Б. В. Орлова;  $\Delta E$  - энергетическая характеристика дульного тормоза при приведенном значении  $\alpha$ .

При анализе работы дульных тормозов следует иметь в виду, что уменьшая скорость отката и нагрузку на лафет, они ухудшают условия уравновешивания качающейся части артиллерийских орудий, создают повышенные избыточные давления в зоне работы обслуживающего персонала, демаскируют местонахождение орудия и затрудняют стрельбу прямой наводкой.

В стрелковом оружии применяются камерные оконные однорядные дульные тормоза.

*Газовые локализаторы* предназначены для формирования определенным образом истекающих из канала струй с целью предотвращения воздействия их на находящиеся вблизи предметы. Локализаторы авиапушек предназначаются для отвода пороховых газов в стороны в плоскости, безопасной для работы компрессора турбореактивного самолета. При истечении пороховых газов из канала ствола происходит настолько сильный отсос (эжекция) воздуха от воздухозаборника двигателя, что возникающее разрежение атмосферы в этой части самолета, может привести к его нестабильной работе и даже к полному выключению в случае стрельбы очередями.

Рис. 2.53. Камерные дульные тормоза:  
а - однокамерный оконный; б - двухкамерный оконный;  
в - однокамерный сотовый;  
г - однокамерный щелевой.

Таблица 2.6

## Характеристики дульных тормозов

Индекс орудия	Калибр d, мм	Тип дульного тормоза	L <sub>T</sub> /d	S <sub>0</sub> /S	S <sub>F</sub> /S	α	Δ E%
2А-55	85	Ствольный с 14 рядами круглых отверстий	8,53	1,00	5,56	0,097	-
МТ-12	100	Ствольный с 16 рядами круглых отверстий	4,30	1,00	2,15	0,289	66,4
КИБ-227	100	Ствольный с 14 рядами круглых отверстий	10,20	1,00	5,50	0,017	81,9
С-60	57	Цилиндрический с круглыми боковыми отверстиями	4,38	1,66	4,94	0,431	37,3
М-46	130	Цилиндрический с круглыми боковыми отверстиями	3,54	1,31	2,90	0,560	28,6
С-23А	180	Однокамерный с круглыми боковыми отверстиями	3,31	1,23	2,37	0,659	—
С-23А4	203,2	Однокамерный с круглыми боковыми отверстиями	3,18	1,19	2,71	0,478	
Д-48	85	Однокамерный с круглыми боковыми отверстиями	4,94	1,38	7,73	0,347	49,7
Д-30	122	Цилиндрический с попечными пазами (5 рядов)	4,22	1,22	4,66	-0,261	44,9
М62-Т2	122	Цилиндрический с попечными пазами (6 рядов)	4,05	1,17	1,09	-0,015	58,8
МЛ-20	152,4	Цилиндрический с попечными пазами (12 рядов)	3,51	1,13	3,51	0,328	31,5
2А-36	152,4	Цилиндрический с попечными пазами (5 рядов)	4,17	1,24	4,70	0,103	
КС-19	100	Однокамерный, с попечными пазами (7 рядов)	5,50	1,26	4,80	0,306	41,6
2Б-16	120	Однокамерный решетчатый	- 3,02	1,27	6,70	0,222	-
Д-13К	125	Однокамерный оконный	2,72	2,56	8,68	0,026	47,3
4-26	57	Двухкамерный оконный	4,32	1,38	2,86	-0,210	71,5
ЗИС-3	76,2	Двухкамерный оконный	3,82	1,22	4,93	0,052	43,0
Д-44	85	Двухкамерный оконный	3,41	1,38	6,66	-0,183	62,2
Д-13	125	Двухкамерный оконный	2,64	2,74	5,84	-0,149	54,2
Д-50	152,4	Двухкамерный оконный	2,82	1,13	4,56	-0,075	32,4
2А-33	152,4	Двухкамерный оконный	4,13	1,13	7,55	-0,026	45,7

При внешнем сходстве с дульными тормозами локализаторы обеспечивают отвод максимального количества пороховых газов в стороны при меньшем, чем обычно у тормозов, изменении импульса отдачи. Локализаторы имеют камеру увеличенной длины с многорядным расположением окон.

*Газовые компенсаторы* или стабилизаторы устойчивости оружия при выстреле

ле представляют собой надульные устройства типа дульного тормоза, имеющие в отличие от последнего несимметрично расположенные относительно оси канала ствола боковые каналы (рис. 2.54). Несимметричное расположение окон боковых каналов позволяет создать поперечную (боковую) реакцию надульного устройства на ствол и тем самым компенсировать действие момента от динамической пары, опрокидывающей оружие при выстреле. Боковые каналы могут быть выполнены с несимметричным расположением окон (рис. 2.54, а) и с симметричным расположением окон разного размера (рис. 2.54, б). Главная задача – подобрать размеры боковых каналов и их взаимное расположение так, чтобы возникающие осевые и боковые усилия обеспечивали требуемое положение оси канала ствола перед очередным выстрелом.

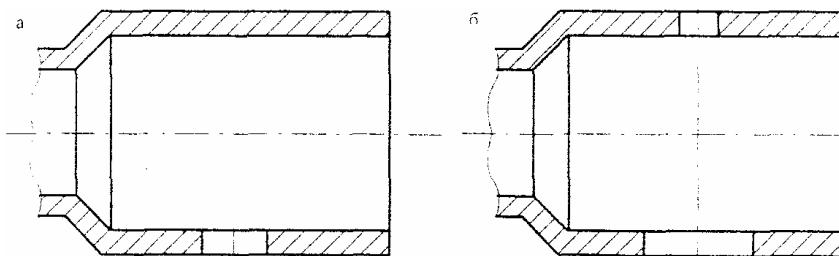


Рис. 2.54. Схемы компенсаторов

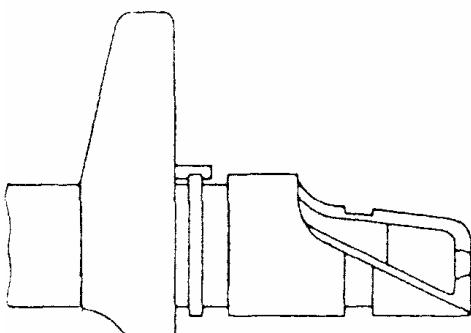


Рис. 2.55. Кососрезанный компенсатор автомата Калашникова

Типичные компенсаторы автоматического оружия имеют вид кососрезанных цилиндрических и конических насадок (рис. 2.55) и могут стабилизировать оружие водной или двух плоскостях.

*Пламегасители* - дульные газодинамические устройства, служащие для уменьшения демаскирующего действия пламени за счет снижения температуры и давления пороховых газов, вытекающих из канала ствола (рис. 2.56). Обычно они применяются для стрелкового оружия.

Пламегасители с коническим раструбом позволяют использовать их для увеличения скорости откатных частей. Они называются также *усилителями отдачи*.

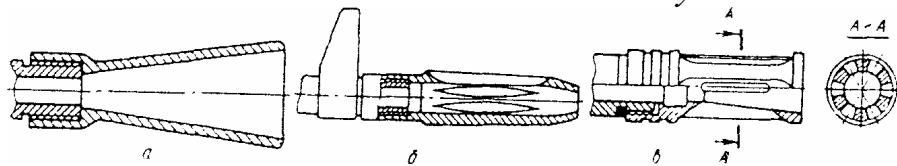


Рис. 2.56. Конструктивные типы пламегасителей:  
а - конический (сопловой); б - щелевой; в – комбинированный.

Щелевые пламегасители можно назвать устройствами распылительного действия, работа их основана на расщеплении струи пороховых газов на ряд мелких со-

ставляющих, направленных перпендикулярно оси канала ствола. Такой пламегаситель является более эффективным, так как в нем обеспечивается интенсивное дого-рание пороховых частиц и охлаждение газов вследствие большой площади поверхности контакта газовой струи с воздухом.

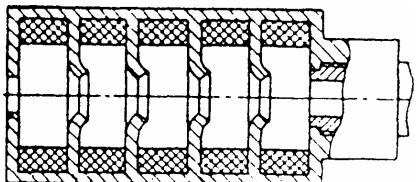


Рис. 2.57. Схема глушителя звука выстрела.

При несимметричном отводе газов через боковые щели пламегасителя такое устройство работает в качестве компенсатора.

*Глушители* предназначены для уменьшения звукового эффекта, возникающего при выстреле, и представляют собой емкость для поступающих из канала ствола пороховых газов (рис. 2.57).

Сущность действия глушителей состоит в резком увеличении времени выхода пороховых газов в атмосферу, а также в снижении их кинетической энергии за счет охлаждения при расширении и соприкосновении с металлическими стенками корпуса глушителя или специальными теплоемкими устройствами, помещаемыми в глушитель.

Одним из простых конструктивных решений является задержка пороховых газов при помощи специальной упругой обтюрирующей прокладки. Она устанавливается в первой камере глушителя, пробивается пулём и отсекает пороховые газы при упругом восстановлении. Применение указанного способа является неудобным из-за необходимости частой смены обтюратора для получения эффективного глушения звука.

Следует иметь в виду, что установкой глушителя невозможно устранить звук, возникающий при образовании баллистической волны, сопровождающей движение пули со сверхзвуковой скоростью. Поэтому для бесшумного оружия применяются специальные патроны с уменьшенным зарядом и дозвуковой начальной скоростью пули.

*Эжекторы* - особый вид ДГУ. При стрельбе из артиллерийского орудия, находящегося в башне (танка, самоходной установки, корабля, каземата и др.), происходит задымление боевого отделения пороховыми газами, остающимися в экстрактированных гильзах, а также газами, частично вытекающими из каморы при открывании затвора. Это вызывает вредное воздействие на обслуживающий боевой расчет (газы содержат до 40% окиси углерода).

Для надежного и быстрого удаления пороховых газов применяются различные специальные механизмы и устройства для продувания канала ствола. Например, часто применяется механизм продувания сжатым воздухом. Работа этого механизма заключается в том, что после открывания затвора или экстрактирования гильзы в канал ствола через сопла, расположенные в казеннике, подается воздух под давлением 1...4 МПа, который, протекая с большой скоростью через канал ствола, увлекает за собой оставшиеся пороховые газы и несгоревшие частицы пороха. Это предотвращает и появление обратного пламени. При этом способе продувания необходимо иметь баллоны со сжатым воздухом или компрессорные установки. Расход воздуха

на каждое продувание составляет 20...40 % от объема канала ствола.

Более современным и наиболее распространенным способом продувания является продувка с использованием эжектора.

Эжектор (рис. 2.58) представляет собой цилиндр (ресивер), надетый на ствол так, что между внутренней поверхностью последнего и наружной поверхностью ствола образуется резервуар, объем которого определяется заранее.

Ресивер эжекционного устройства располагается на расстоянии 8...10 калибров, считая от дульного среза до середины ресивера, и может крепиться к стволу при помощи неразъемного (сварного) или разъемного соединения. В случае неразъемного соединения ресивер приваривается только с одной стороны для исключения влияния температурных расширений.

Полость ресивера соединяется с полостью канала ствола отверстиями, имеющими наклон  $\alpha$  в сторону дульного среза. Во время выстрела, после прохождения снарядом зоны эжекционных отверстий, пороховые газы заполняют полость ресивера. Заполнение проходит до тех пор, пока давление в полости ресивера и канала ствола не сравняются. После вылета снаряда при снижении давления в канале ствола начнется обратное перетекание газов из резервуара по направлению к дульному срезу. Из-за наклона отверстий в сторону дульного среза резко возрастает скорость истечения пороховых газов.

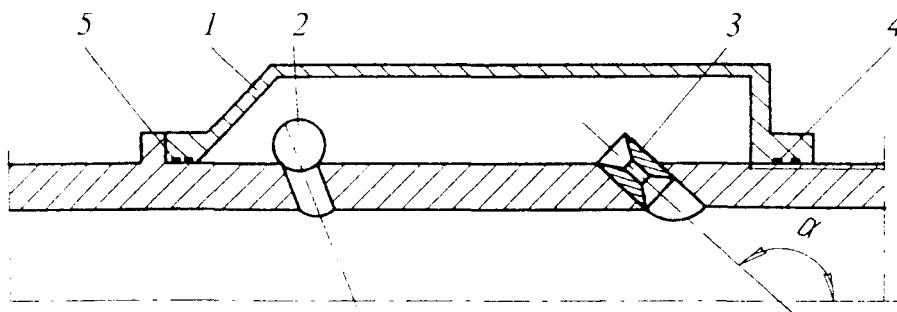


Рис. 2.58. Схема эжектора с клапаном:  
1- цилиндр (ресивер); 2 – клапан; 3 - втулка; 4, 5 - уплотнения.

Увеличение скорости газов приводит к падению давления в истекающем потоке. При этом пороховые газы, находящиеся в казенной части ствола, а также воздух, проникающий в канал при открывании затвора, будут эжектироваться (засасываться) с определенной скоростью в сторону дульного среза и продувать канал ствола.

Время истечения пороховых газов из резервуара должно быть больше времени последействия и больше времени открывания затвора и экстрактирования гильзы.

Проектирование механизма эжекторного типа обычно заключается в установлении количества сопел, их наклона к оси канала, наименьшего диаметра, объема резервуара и времени действия механизма для надежного продувания канала ствола.

Описанный способ наиболее полно отвечает требованиям, предъявляемым к механизмам продувания, которые включают в себя: полное продувание канала; автоматическое действие после каждого выстрела; сохранение скорострельности оружия; простота устройства и безопасность работы его.

Следует отметить, что применение эжекторов из-за наличия отверстий в стенке ствола накладывает дополнительные требования при обеспечении прочности

ствола в зоне их расположения. Кроме того, горячие, истекающие через отверстия пороховые газы могут вызывать эрозию металла ствола, особенно в зоне острой кромки при выходе из отверстий в канал ствола. Для уменьшения этого отрицательного явления обычно в отверстия вставляются специальные втулки, изготовленные из тугоплавких металлов.

## 3. ЛАФЕТЫ

### 3.1. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Лафетом называют часть артиллерийского орудия, на которой закрепляется ствол. Механизмы лафета обеспечивают приданье стволу требуемого положения в пространстве и передают на грунт возникающие при выстреле усилия. Кроме того, они обеспечивают орудию возможность передвижения. Таким образом, комплекс всех механизмов лафета составляет боевой станок при стрельбе и повозку на походе. Основными агрегатами и механизмами лафетов являются люльки, противооткатные устройства, верхние станки, боевой ход, механизмы подрессоривания и выравнивания, механизмы самодвижения.

#### 3.1.1. Лафет как боевой станок

Основными требованиями, предъявляемыми к лафету как боевому станку, являются:

конструкция лафета должна обеспечивать возможность производить наводку орудия плавно, но с требуемой скоростью и без приложения больших усилий на маховиках подъемного и поворотного механизмов;

устройство лафета должно обеспечивать несбиваемость наводки орудия при заряжании и при выстреле;

механизмы лафета должны быть надежно прочными при выстреле и на походе в широком диапазоне условий эксплуатации;

все механизмы лафета должны обладать большой живучестью при эксплуатации орудия в любых условиях;

механизмы лафета должны обеспечивать высокую надежность их эксплуатации при их длительном использовании и хранении;

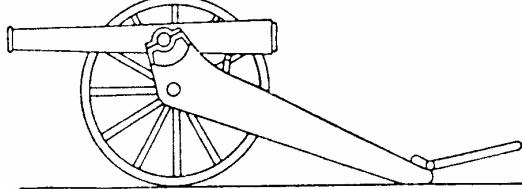


Рис. 3.1. Орудие с жестким лафетом.

орудие должно быть устойчивым при стрельбе, при этом должны сохраняться требуемые скорострельность, кучность и меткость стрельбы;

конструкция лафета должна обеспечивать высокую маневренность орудия на походе, при переводе из походного положения в боевое и обратно, во время стрельбы;

лафеты должны иметь вспомогательные устройства, обеспечивающие правильное обращение с орудием, исключение поломок

при эксплуатации, возможность обслуживания орудия малым количеством людей;

все механизмы лафета должны быть удобными в обращении и простыми в производстве.

С начала появления артиллерии и до середины XIX в. орудия не имели противооткатных устройств. Жесткая связь ствола с лафетом, осуществлявшаяся с помощью

цапф в цапфенных гнездах станка, приводила к тому, что при выстреле ствол и лафет перемещались вместе. Лафеты таких орудий получили название жестких (рис.3.1).

С появлением бездымных порохов, позволивших существенно увеличить давление в канале ствола, сила, действующая на дно канала ствола, существенно возросла. Приближенно ее можно определить по формуле:

$$P_{kh} = PS - R_n \approx 0,98 p S, \quad (3.1)$$

где  $p$  - давление пороховых газов в канале ствола;

$S$  - площадь поперечного сечения канала ствола;

$R_n$  - равнодействующая сил со стороны ведущего пояска снаряда, толкающая ствол вперед.

Оценку влияния этой силы на орудие можно получить, определив условие устойчивости орудия при выстреле. На рис. 3.2 приведена схема сил, действующих на орудие с жестким лафетом, при этом приняты следующие допущения:

ось цапф пересекается с осью канала ствола;

ствол и орудие являются абсолютно жесткими телами;

стрельба производится при некотором угле возвышения  $\varphi$  с горизонтальной недеформируемой площадки;

орудие и силы, действующие на него, имеют вертикальную плоскость симметрии (рассматривается плоская задача);

ось цапф горизонтальна;

центр площади сошника, взаимодействующей с грунтом, расположен на поверхности грунта (точка  $C$  на рис. 3.2)

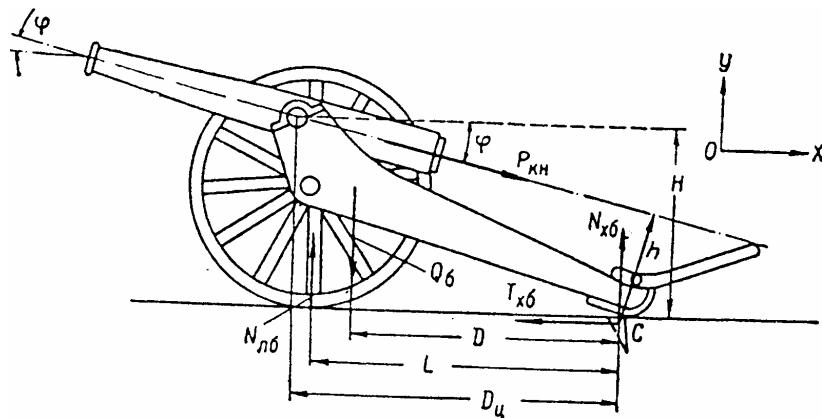


Рис. 3.2. Схема сил, действующих на орудие с жестким лафетом:

$H$  - высота линии огня;  $D_h$  - горизонтальная составляющая расстояния между осью цапф и точкой  $C$ ;  $M_0$  - масса орудия в боевом положении ( $Q_0 = M_0 \cdot g$  - сила тяжести орудия);  $L_0$  -- расстояние между передней и задней опорами по горизонтали;  $D$  - расстояние от задней опоры до центра массы;  $N_{l0}$  и  $T_{l0}$  - суммарные (вертикальная и горизонтальная) составляющие реакции грунта на сошник;  $N_{r0}$  - суммарная реакция грунта на переднюю опору; считаем ее вертикальной, горизонтальную составляющую учитываем в величине  $T_{l0}$ ;

$h$  - плечо действия силы  $P_{kh}$

Составляя уравнение моментов относительно точки  $C$ , имеем для устойчивого орудия:

$$P_{kh} h + N_{l0} L - Q_0 D = 0.$$

Условием устойчивости будет неравенство  $N_{l0} \geq 0$ , что означает: орудие ус-

тойчиво, если его передняя опора давит на грунт. Отсюда следует, что для устойчивости орудия необходимо соблюсти неравенство:

$$Q_\delta D \geq p_{kh} h. \quad (3.2)$$

Если пренебречь, ввиду его малости, углом наклона орудия ( $\varphi < 0$ ), то наихудшим, с точки зрения устойчивости, является угол  $\varphi = 0$ , то есть  $h = H$ . Таким образом, целесообразнее представлять приближенное условие устойчивости орудия с жестким лафетом в виде:

$$Q_\delta D \geq p_{kh} H. \quad (3.3)$$

Если принять  $p_{max} \approx 350$  МПа для 152-мм пушки и считать  $H \approx 1$  м,  $D \approx 4..4,5$  м, то масса такой пушки для обеспечения устойчивости должна быть порядка 150000 кг. Это и заставляло артиллеристов-конструкторов искать пути уменьшения массы орудия. Наиболее удачной связью ствола с лафетом является упругий лафет. Первым в мире орудием с упругим лафетом была 2,5-дюймовая пушка системы В. С. Барановского (1872). В качестве упругой связи им были использованы гидравлический тормоз отката и пружинный накатник.

Рассмотрим условие устойчивости артиллерийского орудия с упругим лафетом.

У орудия с упругим лафетом имеются две части: подвижная (откатные части) и неподвижная. Во время выстрела подвижная часть откатывается назад, неподвижная остается на месте.

Уравнение движения откатных частей по направляющим люльки можно записать в виде:

$$M \frac{dV}{dt} = P_{kh} - R, \quad (3.4)$$

где  $M$  - масса откатных частей;

$V$  - скорость движения откатных частей;

$R$  - равнодействующая всех сил сопротивления откату. Равнодействующая сила сопротивления откату приложена к центру массы откатных частей и равна:

$$P = \Phi + \Pi + T + F + R_{доп} - M - g \sin \varphi, \quad (3.5)$$

где  $\Phi$  - сила гидравлического сопротивления откату;

$\Pi$  - сила накатника;

$T = f M g \cos \varphi$  - сила трения на направляющих люльки; коэффициент трения обычно принимают  $f = 0,16$  для плоских направляющих и  $f = 0,20$  - для цилиндрических направляющих;

$F$  - суммарные силы трения в уплотнениях тормоза отката и накатника;

$R_{доп}$  - силы сопротивления механизмов, приводимых в действие движением откатных частей (могут и отсутствовать).

Условием устойчивости орудия является отсутствие вращения орудия относительно задней опоры. Рассмотрим это на схеме, показанной на рис. 3.3.

Примем, что расстояние от оси канала ствола до центра массы откатных частей равно  $e$ , а центр площади соприкосновения сошника с грунтом (место приложения силы  $T_{лб}$ ) расположен ниже поверхности грунта на величину  $\Delta H$ .

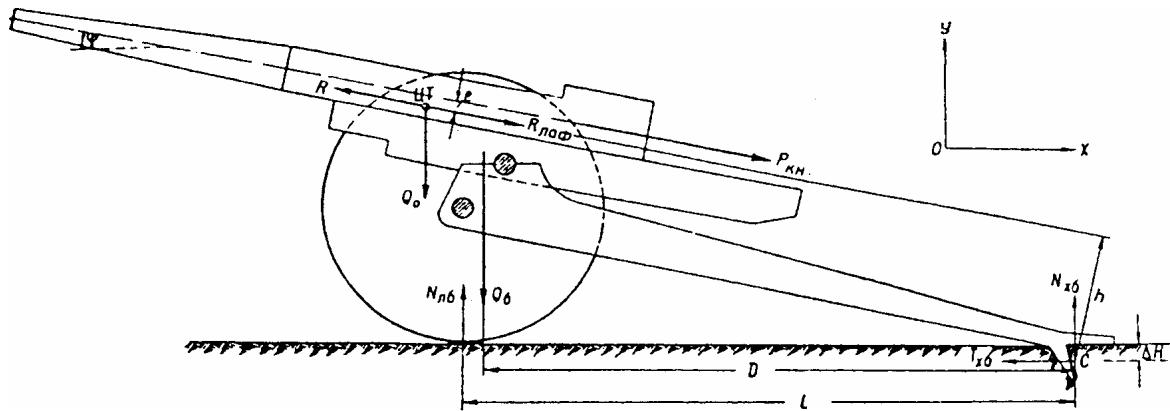


Рис. 3.3. Схема сил, действующих на орудие с упругим лафетом

Как и для орудия с жестким лафетом внешними силами и действующими реакциями со стороны грунта будут  $P_{\text{кн}}$ ,  $Q_0 = M_0 g$ ,  $N_{\text{лб.}}$ ,  $N_{x\delta}$  и  $T_{x\delta}$ . Приводя рассматриваемую систему к статической, по принципу Даламбера, к центру массы подвижного тела необходимо приложить силу инерции, направив ее противоположно ускорению. Силой инерции для подвижного тела в соответствии с (3.4) будет  $P_{\text{кн}} - R$ . Поскольку при действии силы давления пороховых газов на дно канала ускорение направлено в сторону отката, то к центру массы откатных частей необходимо приложить  $P_{\text{кн}} - R$ . В результате действие выстрела для орудия с упругим лафетом сводится к действию силы  $R$  (численно равна суммарной силе сопротивления, но направленной назад) и момента  $P_{\text{кн}} e$ , называемого *динамической парой*. Силу  $R$ , направленную назад, называют обычно *силой отдачи*.

Сумма моментов относительно точки  $C$  будет равна:

$$M_{\text{лб}} L + Rh + P_{\text{кн}} e - Q_0 D = 0 \quad (3.6)$$

Пределом устойчивости называют такое соотношение действующих на орудие сил, при котором орудие не вращается относительно точки  $C$  и не давит передней опорой на грунт ( $N_{\text{лб.}} = 0$ ). Называя сумму моментов  $Rh + P_{\text{кн}} e$  опрокидывающим моментом, а величину  $Q_0 D$  - стабилизирующим моментом, можно записать условие устойчивости в виде:

$$Q_0 D \geq Rh + P_{\text{кн}} e. \quad (3.7)$$

Из условия устойчивости можно получить предельно допустимое сопротивление отката:

$$R \leq \frac{Q_0 D - P_{\text{кн}} e}{h}. \quad (3.8)$$

Для надежной устойчивости орудия, с учетом возможных изменений условий стрельбы, принимают обычно  $R_{\text{доп}} \approx 0,9R$ . Анализируя условие (3.8), следует отметить, что входящие в него величины  $D$  и  $R_{\text{кн}}$  являются переменными в процессе выстрела и отката, а величина  $h$  - переменна в зависимости от угла возвышения  $\varphi$ . В связи с этим допускаемое сопротивление  $R_{\text{доп}}$  для конкретных орудий выбирают при наихудших условиях (минимальное  $D$ , максимальное  $R_{\text{кн}}$  и  $h$ ).

### 3.1.2. Лафет как повозка

Артиллерийские орудия должны иметь возможность передвижения по шоссейным и грунтовым дорогам, а также и по бездорожью. В зависимости от качества дороги скорость передвижения артиллерийского поезда (орудие в походном положении)

жении вместе с тягачом) должна достигать до 70... 80 км/ч, а по бездорожью - порядка 15 км/ч. Для обеспечения надежной транспортировки артиллерийский поезд должен удовлетворять ряду требований по проходимости, маневренности, устойчивости, легкости и плавности хода.

**Проходимость** - способность артиллерийского поезда к передвижению в различных дорожных условиях. Ее можно охарактеризовать следующими параметрами:

клиренс (или просвет орудия) - расстояние от грунта до нижней точки орудия. Различают клиренс между колесами  $k_{\text{л}}$  (рис. 3.4) и по сошнику  $k_{\text{с}}$ . Как правило  $k_{\text{л}} > k_{\text{с}}$ . Для орудий массой в походном положении  $M_{\text{пох}} < 3000$  кг величина клиренса составляет 300...320 мм, а массой более 10000 кг - 320...350 мм;

передний  $\alpha$  и задний  $\beta$  углы проходимости (рис. 3.4) характеризуют высоту препятствий, в которые не упирается ствол при заднем ходе артиллерийского поезда, а станины (сошники) - при движении вперед;

удельное давление колес на грунт, что особенно важно для слабых заболоченных, заснеженных грунтов; уменьшение удельного давления достигается за счет широких шин, двойных колес, увеличения числа осей или применения гусеничного хода; в зависимости от массы орудия (3...10 т) удельное давление рекомендуется не более 3,5... 5,5 кгс/см<sup>2</sup>;

правильный подбор тягача для буксируемого орудия; для надежного перемещения орудия, особенно по слабым грунтам, общая масса тягача должна быть больше 40 % массы всего артиллерийского поезда и составлять не менее 0,60...0,75 массы орудия.

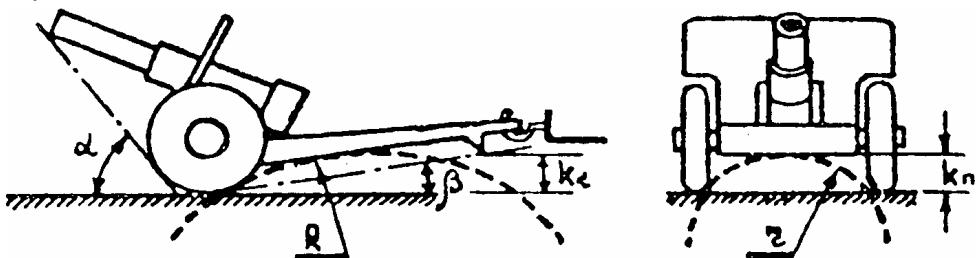


Рис. 3.4. К определению клиренса орудия:  
 $R$  и  $r$  - радиусы продольной и поперечной проходимости.

В качестве тягачей применяются колесные автомобили повышенной проходимости со всеми ведущими колесами. Для более тяжелых орудий применяются тягачи на гусеничном ходу. Тип тягача выбирается с учетом сопротивления движению орудия. При постоянной скорости это сопротивление определяется по формуле:

$$P_c = M'_{\text{пох}} g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (3.9)$$

где  $M'_{\text{пох}}$  - масса орудия, приходящаяся на колеса лафета (она несколько меньше массы  $M_{\text{пох}}$ , так как часть ее передается непосредственно на крюк тягача);  $\alpha$  - угол подъема дороги по ходу движения артиллерийского поезда;  $\mu$  - коэффициент сопротивления движению, который для ориентировочных расчетов можно принять: 0,03...0,04 - для асфальтированного шоссе; 0,06...0,08 - для щебенчатого шоссе; 0,09...0,12 - для грунтовой дороги в хорошем состоянии; 0,18... 0,24 - для грунтовой дороги в плохом состоянии.

При разгоне усилие на крюке должно учесть силы инерции:

$$P_{yck} = P_c + M_{nox} \frac{dV}{dt}, \quad (3.10)$$

где  $V$ -скорость движения.

Необходимая мощность на крюке (без учета сопротивления воздуха) будет:

$$N = P_{yck} V. \quad (3.11)$$

Мощность двигателя тягача определяется по величине  $N$  с учетом коэффициента полезного действия всей трансмиссии и сопротивления движению тягача.

**Маневренность** характеризует способность артиллерийского поезда производить повороты на малых радиусах, а также его гибкость. Оценка качества поворотливости осуществляется по наименьшему габаритному радиусу поворота  $R_r$  (рис. 3.5) и ширине полосы, необходимой для поворота поезда на  $180^\circ$  (ее принимают с учетом некоторого запаса, равной  $2R_r + 1\text{м}$ ). Кроме того, в понятие маневренности включают также углы поворотливости  $\gamma$  (рис. 3.5) и углы продольной ( $\beta$ ) и поперечной ( $\eta$ ) гибкости (рис. 3.6). Угол продольной гибкости достигает в некоторых орудиях  $60^\circ$ , а поперечной - до  $50^\circ$ .

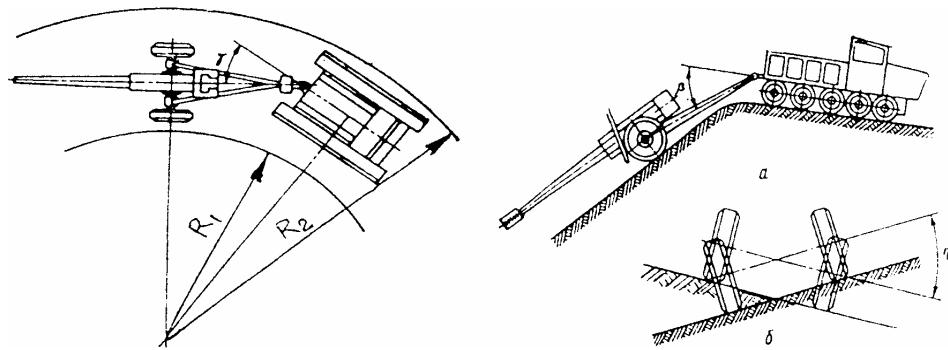


Рис. 3.5. Поворотливость орудия с тягачом.

Рис. 3.6. Гибкость орудия с тягачом.

**Устойчивость** характеризует способность артиллерийского поезда не опрокидываться при движении по косогору. Продольная устойчивость определяется достаточной длиной артиллерийского поезда. Более жесткие требования предъявляются к поперечной устойчивости (рис. 3.7). Она характеризуется предельно допустимым углом крена:

$$\delta = \kappa_{ycm} \operatorname{arctg} \frac{B}{2h}, \quad (3.12)$$

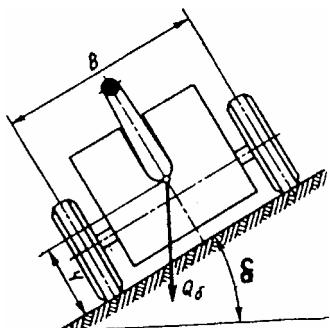


Рис. 3.7. Поперечная устойчивость орудия.

где  $B$  - ширина колеи орудия;  $h$  - расстояние от грунта до центра массы орудия, измеряемое по нормали к грунту;  $\kappa_{ycm} = 0,3 \dots 0,4$  - коэффициент уменьшения устойчивости, учитывающий влияние сил инерции при повороте, силу бокового ветра, не-

равномерность срабатывания механизмов подрессоривания.

Предельный угол крена должен быть не менее  $30^\circ$ .

Легкость и плавность хода достигается в основном конструктивными решениями. Для легкости хода используют колеса большого диаметра с широкими шинами, применяют подшипники качения на осях. Очень часто для походного положения орудия производят его перекомпоновку: ствол отсоединяется от противооткатных устройств и закрепляется на станинах; станины разворачиваются и прикрепляются к стволу, на котором смонтирована шворневая лапа. Плавность хода обеспечивается подрессориванием ходовой части; конструкцией узла сцепления с тягачом, обеспечивающей безударную передачу нагрузок от тягача к лафету; креплением всех механизмов по-походному.

Быстрая перехода из походного положения в боевое и обратно позволяет получать быструю смену позиций, что особенно важно в скоротечном бою. Она обеспечивается:

расположением агрегатов сцепки, при котором требуется небольшое усилие (до 500 Н) от каждого члена боевого расчета для разъединения или соединения шворневой лапы станин с крюком тягача;

применением простейших конструкций крепления шворневой лапы с крюком и всех стопоров крепления по-походному, не требующих специальных инструментов, приспособлений и больших усилий для работы с ними, но не допускающих самопроизвольного расстопорения на походе;

применением специальных приспособлений и механизмов в тяжелых системах, особенно при разборке их на части.

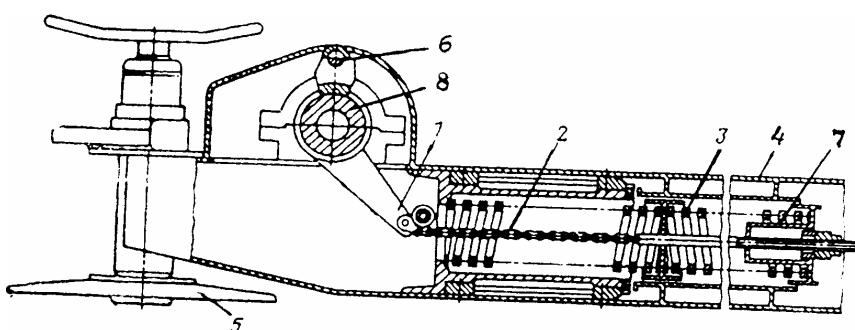


Рис. 3.8. Компенсатор силы тяжести:  
1 - рычаг; 2 - цепь; 3 - пружина; 4 - станина; 5 - тарель домкрата;  
6 - стопор; 7 - поршень; 8 - ось.

Для обеспечения работ, связанных с подъемом и опусканием орудий большого веса при переводе их из походного положения и обратно, применяют специальные компенсаторы силы тяжести. Такие устройства характерны для зенитных орудий. Компенсаторы силы тяжести представляют собой своеобразные уравновешивающие механизмы (рис. 3.8).

Для перехода в боевое положение освобождают стопор, под действием силы тяжести орудие опускается на тарели домкратов, а колеса поднимаются вверх относительно платформы. При повороте осей (переднего и заднего хода) рычаг поворачивается и увлекает за собой цепь, соединенную с поршнем. Последний давит на

пружину и сжимает ее. В сжатом состоянии пружина фиксируется стопором на оси. Накопленная энергия пружин компенсатора облегчает подъем орудия при переходе из боевого положения в походное.

В качестве компенсатора силы тяжести может также использоваться гидравлическая система, состоящая из гидравлического домкрата и гидравлического ручного насоса.

### 3.2. ЛЮЛЬКИ

Люлька служит для направления движения ствола и откатных частей при откате и накате, а также для обеспечения поворота качающейся части в вертикальной плоскости. В состав люльки входят: направляющие для перемещения ствола, опорные устройства для крепления противооткатных устройств, устройства соединения с верхним станком в виде цапф и сектора подъемного механизма. На ней крепятся прицельные устройства или отдельные их механизмы, опоры уравновешивающего механизма. Кроме того, на люльке могут размещаться: указатель длины отката, механизм изменения длины отката, скорости наката, механизм взаимной замкнутости противооткатных устройств со спусковым приспособлением и т. п.

Основными требованиями к люльке являются достаточная прочность и необходимая жесткость.

В процессе отката со стороны откатных частей на люльку действуют: динамическая пара ( $P_{kn} e$ ), вращающий момент от силы давления ведущего пояска снаряда на боевую грань нарезов в стволе  $M_{ch}$  сила сопротивления откату  $R$ , распределенная в местах крепления противооткатных устройств и весовые нагрузки. Эти силы, а также силы со стороны уравновешивающего и подъемного механизмов, вызывают на всех опорных элементах люльки изменяющиеся во времени реакции. В результате люлька будет находиться в сложном напряженном состоянии, ибо указанные реакции могут быть весьма значительными.

Для обеспечения прочности и жесткости элементы люльки, как правило, имеют ребра жесткости и усиливающие связи. Основные размеры люльки и усиливающих ее ребер и связей зависят от размеров ствола, противооткатных устройств и других агрегатов орудия, взаимодействующих с люлькой. Обычно ее высота составляет 1/8... 1/10 от общей ее длины.

В современных артиллерийских орудиях применяются люльки различной конфигурации. Однако все разнообразие их форм можно разделить на два основных типа: корытные и обойменные. Встречаются также люльки смешанного типа, содержащие элементы люлек корытного и обойменного типа.

На рис. 3.9 показана люлька корытного типа. Основой такой люльки является корыто (короб) 1, к которому прикреплены передняя 2 и задняя 3 обоймы и направляющие 4, служащие опорой для откатных частей. Внутри короба, как правило, размещается тормоз отката, соединенный штоком или цилиндром с передним дном 5 люльки. К передней обойме люльки крепится накатник. На задней обойме имеется зубчатый сектор 6 механизма вертикального наведения и цапфы 7, которыми люлька опирается на верхний станок, что обеспечивает возможность наведения в вертикальной плоскости. Направляющие 4 изготавливаются из стали, имеют хорошо обработанную поверхность для взаимодействия с бронзовыми или лагунными захвата-

тами на стволе. Для уменьшения расхода цветных металлов захваты изготавливают из стали, прикрепляя к ним бронзовые или латунные пластины.

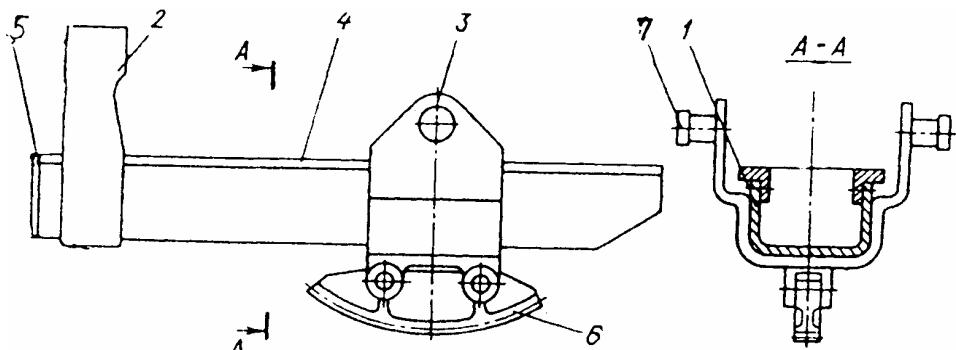


Рис. 3.9. Люлька корытного типа.

Люльки корытного типа изготавливают, используя штампосварные конструкции, обеспечивая при этом небольшую массу люльки. Жесткость штампованных короба повышают за счет усиливающих листов, передней и задней обойм, а также при помощи внутренних или внешних ребер, которые часто используются для соединения люльки с противооткатными устройствами.

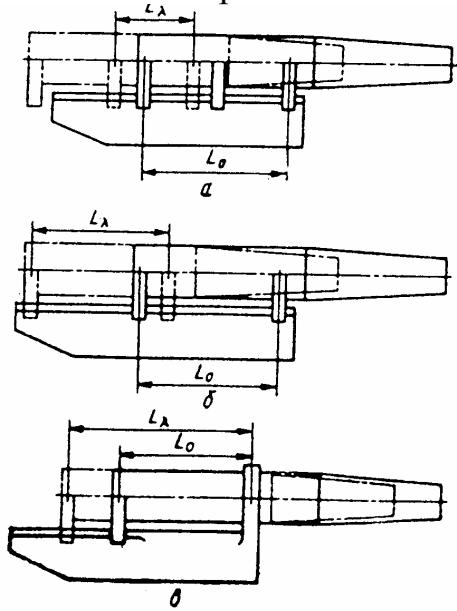


Рис. 3.10. Схемы опорной базы ствола:  
а – уменьшающаяся опорная база; б - постоянная опорная база; в - увеличивающаяся опорная база;  $L_0$  и  $L_x$  - длина базы в начале и в конце отката.

Корытообразные люльки обеспечивают хорошие условия для перемещения откатных частей. Если тормоз отката размещается внутри люльки, она является дополнительной защитой от поражения его случайными осколками или пулями.

Люльки корытного типа в качестве опоры для откатных частей могут иметь постоянную или переменную длину, что показано на рис. 3.10. В схеме с уменьшающейся опорной базой между средними захватами и направляющими мгновенно возникает реакция люльки на средний захват, что ухудшает стабильность движения откатных частей. Увеличение длины базы уменьшает реакции на откатные части, уменьшает износ полозков.

При движении снаряда по нарезам на ствол и скрепленные с ним элементы откатных частей действует момент от реакции врачающегося снаряда, стремящийся повернуть ствол вокруг его продольной оси. Этот момент воспринимается плоскими направляющими люльки, что предотвращает от возможного изгиба штоки противооткатных устройств.

Недостатком люлек корытного типа является увеличение высоты линии огня из-за расположения тормоза отката ниже ствола.

На рис. 3.11 показана люлька обойменного типа, иногда называемая круглой люлькой. Она представляет собой цилиндр 1, внутри которого располагается ствол, опирающийся на прикрепленные к цилиндру бронзовые полозки 2 с канавками для смазки трущихся поверхностей. Снаружи обоймы крепятся цапфы 3 и сектор 4 подъемного механизма. Для крепления противооткатных устройств на цилиндре имеются специальные приливы. Как правило, в заднем приливе имеется гнездо для штыря казенника. Длину штыря назначают не менее  $3X_3$  ( $X_3$  - перемещение откатных частей к моменту вылета снаряда из канала ствола), что гарантированно предохраняет откатные части от их поворота относительно люльки, вызываемого реакцией от вращения снаряда в канале ствола. Этот же штырь препятствует провороту ствола в орудиях, имеющих полуавтоматику ударного или копирного типа. Вместо штыря встречается также специальная шпонка.

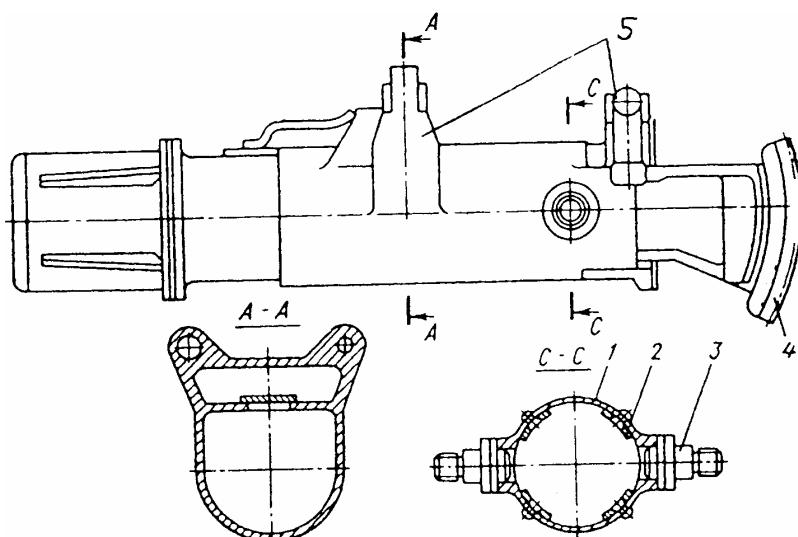


Рис. 3.11. Обойменная люлька.

К обойменным люлькам относят и конструкцию, приведенную на рис. 3.12. Связывающим элементом такой люльки являются короб 1, к которому прикреплены обоймы 2 и 3. Внутри задней обоймы 3 имеются полозки 4 для направления движения ствола. В передней обойме 2 установлены подпружиненные катки 5, на которые опирается передняя часть ствола. Катки представляют собой металлические кольца, посаженные с натягом на шарикоподшипники.

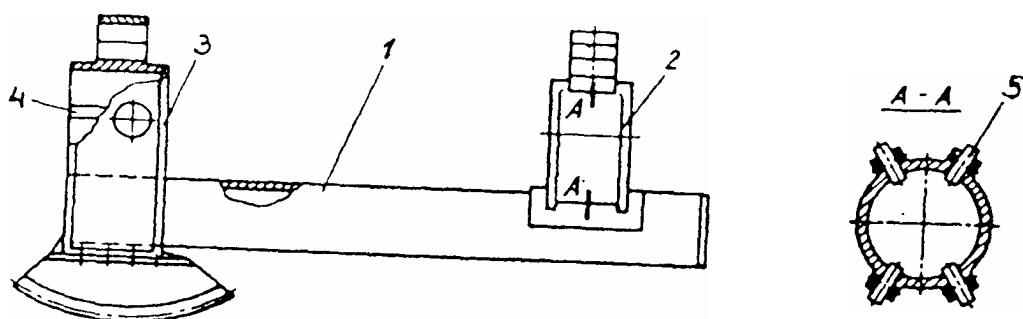


Рис. 3.12. Обойменная люлька открытого типа.

Обойменные люльки, по сравнению с корытными, значительно компактнее, имеют большую жесткость и более технологичны в изготовлении. Исключением яв-

ляется лишь конструкция, показанная на рис. 3.12 и применяемая крайне редко. Уменьшенные габариты обойменных люлек и расположение противооткатных устройств выше ствола позволяют уменьшить высоту линии огня, поэтому подобные люльки находят широкое применение в настоящее время.

### 3.3. ПРОТИВООТКАТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Противооткатные устройства предназначены для удержания откатных частей артиллерийского орудия в исходном положении перед выстрелом. После выстрела они тормозят откат, обеспечивая заданную длину отката; возвращают откатные части в исходное положение, не допуская удара их о люльку в этом положении. В соответствии с этим противооткатные устройства обычно состоят из накатника, тормоза отката и тормоза наката, а также дополнительных агрегатов, обеспечивающих нормальное функционирование основных агрегатов. К дополнительным агрегатам могут быть отнесены механизм регулирования длины отката в зависимости от угла возвышения, механизм регулирования скорости наката в зависимости от угла возвышения, дополнительный буфер наката, компенсатор жидкости в тормозе отката, устройства для производства искусственного отката и т. д.

Наличие противооткатных устройств позволяет значительно уменьшить силы, действующие на лафет при выстреле; улучшить условия устойчивости орудия при стрельбе; обеспечить отсутствие сбивания наводки при выстреле и повысить тем самым скорострельность орудия; уменьшить массу лафета и всего орудия в целом.

Конструктивно основные агрегаты противооткатных устройств -накатник, тормоз отката и тормоз наката - компонуются в следующих вариантах:

тормоз отката, тормоз наката и накатник являются отдельными агрегатами;

тормоз отката и тормоз наката объединены в единый агрегат, накатник является отдельным агрегатом;

все три основных агрегата представляют собой единое целое;

при такой компоновке встречается вариант отдельного тормоза наката, включающегося в работу только на конечном участке наката (например, в 100-мм зенитной пушке КС-19).

Выбор той или иной схемы компоновки противооткатных устройств зависит от типа орудия, от требований к нему, а также от традиций, сложившихся в некоторых конструкторских бюро.

К противооткатным устройствам предъявляются следующие требования:

безотказное действие, однообразное при заданных условиях выстрела;

автоматическое обеспечение заданной длины отката в допускаемых пределах;

отсутствие ударов откатных частей в крайнем заднем положении и допустимая скорость наката в крайнем переднем положении;

сохранение работоспособности в широком диапазоне изменяющихся условий стрельбы (температура, пыль, влага и т. п.);

сохранение надежности работы при длительном хранении;

простота конструкции, удобство сборки и разборки;

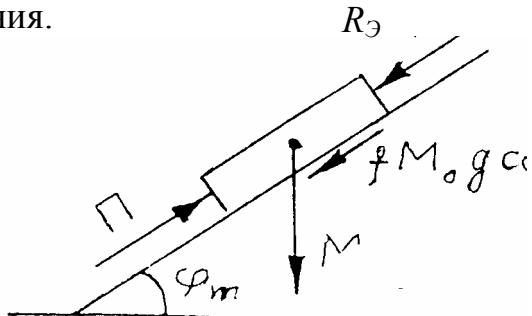
возможность регулирования механизмов и ремонта неисправных деталей: экономичность изготовления, применение доступных материалов.

### 3.3.1. Накатники

Основным назначением накатника является удержание откатных частей в исходном положении и надежное возвращение их в это положение при всех углах возвышения, как при неподвижном орудии, так и при его движении.

Во время отката накатник поглощает часть кинетической энергии откатных частей, накапливая для производства наката потенциальную энергию.

Основными характеристиками накатника являются начальное усилие накатника  $P_0$  и степень сжатия упругого тела в накатнике  $m$ . Для надежного действия накатника его начальное усилие выбирается так, чтобы накатник обеспечивал доведение ствола в исходное положение при всех возможных углах возвышения орудия. На рис. 3.13 показана схема действия сил на откатные части при накате при максимальном угле возвышения  $\varphi_m$ . Там же введены следующие обозначения:  $M_0$  - масса откатных частей;  $f$  - коэффициент трения на направляющих люльки;  $R_D$  - дополнительные силы сопротивления, зависящие от трения в уплотнениях противооткатных устройств, а также от наличия дополнительных механизмов, например, механизмов заряжания.



3.13. Схема действия сил на откатные части.

При выборе начального усилия накатника не принимается во внимание инерционное движение накатывающихся частей. Полагают, что могут быть случаи, когда в конце наката может возникнуть препятствие движению; после устранения препятствия накатник должен дожать накатывающиеся части в исходное положение.

Исходя из схемы действия сил, начальное усилие накатника определяется по формуле:

$$P_0 \geq M_0 g \sin \varphi_m + f M_0 g \cos \varphi_m + R_D. \quad (3.13)$$

Коэффициент трения  $f$  рекомендуется принимать равным 0,16 - для плоских направляющих и 0,20 - для цилиндрических направляющих. Величину  $R_D$ , можно определить по формуле:

$$R_D = \left( \frac{2}{d} + 0,05 \right) M_0 g, \quad (3.14)$$

где  $d$  - калибр ствола в см.

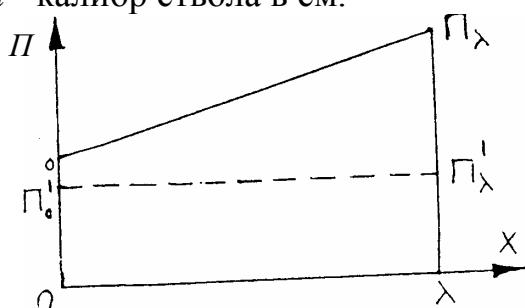


Рис. 3.14. Диаграмма требуемых усилий накатника:  
 $P_0$  и  $P_\lambda$  - усилия накатника в начале и конце отката;  
 $P'_0$  и  $P'_\lambda$  - усилия при угле возвышения  $\varphi = 0$ .

Для оценочных расчетов  $P$  иногда принимают:

$$P_0 = \beta_0 M_0 g. \quad (3.15)$$

Величина  $\beta_0$  зависит от максимального угла возвышения орудия:

$\beta_0 = 0,9 \dots 1,1$ , если  $\phi_m = 20 \dots 30^\circ$ ;

$\beta_0 = 1,1 \dots 1,4$ , если  $\phi_m = 30 \dots 45^\circ$ ;

$\beta_0 = 1,5 \dots 2,0$ , если  $\phi_m = 45 \dots 85^\circ$ .

На рис. 3.14 показана диаграмма усилий пружинного накатника при откате.

Если определение величины  $P_0$  вести при угле  $\phi = 0$ , то получим  $P'_0 < P_0$ .

Потребная от накатника энергия для возвращения откатных частей в переднее положение в этом случае равна площади фигуры  $O P'_0 P'_\lambda \lambda$ . Следовательно, площадь фигуры  $P'_0 P_0 P_\lambda P'_\lambda$  представляет собой для данного случая избыточную энергию. Именно для ее поглощения необходим тормоз наката. Уменьшить избыточную энергию можно за счет применения пневматического накатника, что будет показано ниже, или за счет уменьшения степени сжатия накатника:

$$m = \frac{P_\lambda}{P_0}. \quad (3.16)$$

Выбор степени сжатия накатника зависит от его конструктивных особенностей. В существующих орудиях степень сжатия встречается в пределах от 1,4 до 4,4.

В зависимости от используемого упругого тела накатники могут быть следующих типов.

Пружинные накатники. Как правило, в накатниках применяют винтовые цилиндрические пружины. Рассмотрим несколько вариантов их использования.

На рис. 3.15 изображена схема пружинного накатника с расположением пружины на стволе.

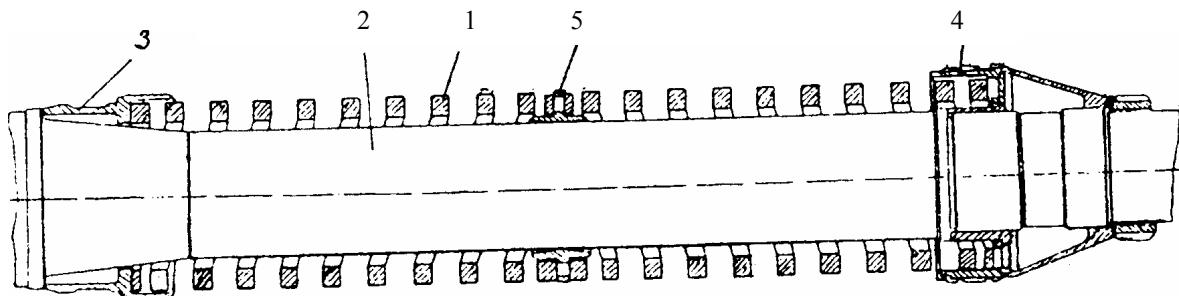


Рис. 3.15. Пружинный накатник

Во время отката пружина 1 сжимается между дном неподвижной люльки 3 и кольцом 4, закрепленным на стволе 2. При накате пружина разжимается и возвращает ствол в исходное положение. Пружина 1 может состоять из двух пружин меньшей длины. В этом случае между пружинами ставится разделительная втулка 5, а пружины целесообразно делать с левой и правой навивкой, что уменьшает крутящий момент на опорных концах пружин, возникающий при их сжатии. Разделительная втулка является одновременно направляющей для пружин.

Преимуществом схемы с расположением пружин на стволе является ее простота и компактность. Недостаток - относительно большие габариты пружины, за-

висящие от наружного диаметра ствола, что увеличивает массу орудия.

На рис. 3.16, *а* приведены схемы пружинных накатников, расположенных эксцентрично относительно оси канала ствола. Пружина 1, размещенная на цилиндре 2 тормоза отката, во время отката сжимается между буртиком 4 цилиндра 2, соединенного с бородой 5 казенника, и дном неподвижной люльки 3. При накате пружина разжимается, давит на буртик цилиндра, который увлекает казенник и всю накатывающуюся часть вперед.

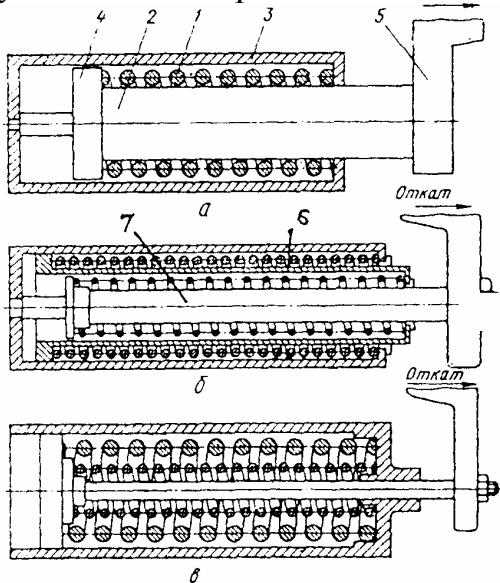


Рис. 3.16. Пружинные накатники, эксцентричные относительно ствола.

Схема на рис. 3.16, *б* отличается телескопическим расположением пружин друг от друга и введением подвижного цилиндра 6. При откате шток 7 давит своей головкой на внутреннюю пружину накатника. Из-за действия сжимающейся внутренней пружины подвижный цилиндр отходит назад и сжимает наружную пружину накатника между дном неподвижной люльки и фланцем подвижного цилиндра. Обе пружины работают одновременно, что уменьшает общую жесткость накатника. Последовательное их соединение позволяет получить относительно большую длину отката при сокращенной длине накатника; поперечные размеры при этом будут больше, чем при расположении пружин в одну колонку.

На рис. 3.16, *в* показано иное расположение пружин. В этом случае они работают параллельно, общая жесткость накатника будет равна сумме жесткостей обеих пружин. Достоинством такого типа накатника будет возможность разместить достаточно большое количество упругого тела накатника (стали) в малом объеме, не прибегая к введению одной пружины с большим сечением проволоки.

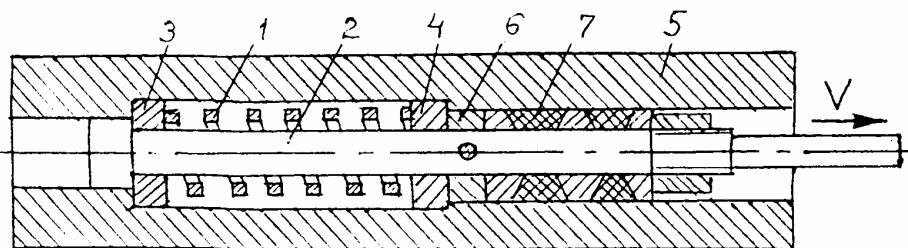


Рис. 3.17. Пружинный накатник двустороннего действия

Как следует из диаграммы усилий пружины накатника (см. рис. 3.14), избы-

точная энергия в пружинном накатнике будет большей, чем в других вариантах накатника. В некоторых малокалиберных автоматических пушках для обеспечения надежности прихода ствола в переднее положение допускается удар его о люльку. Для смягчения такого удара можно использовать пружинный накатник, схема которого показана на рис. 3.17.

При откате пружина 1 сжимается головкой штока 2 через шайбу 3, при этом шайба 4 упирается в корпус 5, а соединенное штифтом кольцо 6 перемещает сальник 7. После отката пружина 1 воздействует на шайбу 3 и шток 2, происходит накат. В конце наката набравшие скорость накатывающиеся части через шток 2 и шайбу 4 сжимают пружину накатника, которая после сжатия снова толкает ствол со штоком назад. Для гашения такого колебательного движения откатных частей сальник 7 выполнен из материала, имеющего высокий коэффициент трения. При эксплуатации подобного накатника необходимо предусматривать меры, не допускающие попадания смазки на сальник.

Формы сечения проволоки, из которой изготавливаются пружины, показаны на рис. 3.18.

Соотношение сторон в пружинах с прямоугольным сечением витков обычно принимается следующим:  $a < b < 4a$ . Для уменьшения чрезмерных пластических деформаций при изготовлении пружин рекомендуется принимать средний радиус витка больше  $b$ , а для получения прямоугольного сечения применяется проволока трапециoidalного сечения, которое в результате остаточных деформаций при навивке становится прямоугольным.

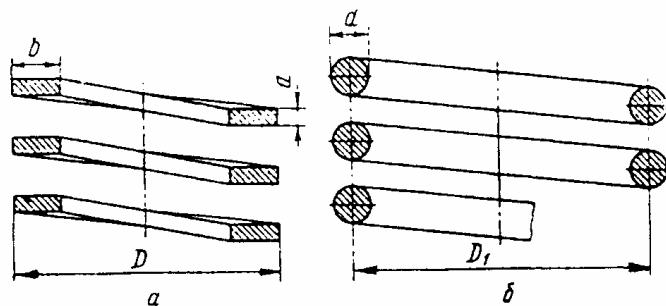


Рис. 3.18. Формы сечения пружины накатника.

Пружины подвергаются при изготовлении термической обработке, испытаниям на специальных стендах и заневоливанию (продолжительной выдержке в предельно сжатом состоянии).

В зависимости от диаметра используемой для навивки пружин проволоки допускаемое напряжение кручения в накатниках принимается для пружин прямоугольного сечения до  $1400 \text{ МН/м}^2$ , а для круглого сечения -  $800 \text{ МН/м}^2$ . Как видно, выигрыш в массе будет выше для пружин прямоугольного сечения, зато использование круглого сечения проволоки проще в производстве. Следует заметить, что для пружинных накатников вполне допустимо применять завышенные допускаемые напряжения по сравнению с общим машиностроением (например, автомобильным). Такой подход позволяет получить выигрыш в массе, но не обеспечивает высокой долговечности пружин. Однако для артиллерийских орудий и неизбежно добиваться долговечности пружин, измеряемой миллионами циклов сжатия, ибо срок работы даже малокалиберной артиллерии гораздо ниже.

Преимуществами пружинных накатников являются простота их устройства и обслуживания, практическая независимость от внешних условий эксплуатации. К недостаткам относятся большие массы и размеры накатников, а также их значительная избыточная энергия. В связи с этим в настоящее время пружинные накатники применяются, в основном, в стрелковом оружии и в малокалиберной автоматической артиллерии.

Пневматические и гидропневматические накатники. В качестве упругого тела в пневматических накатниках используется сжатый воздух или сжатый азот. Различают пневматические и гидропневматические накатники.

Пневматическими накатниками называются такие, которые или совсем не снабжаются жидкостью, или содержат небольшое ее количество только для смачивания уплотнений, примеры таких накатников приведены на рис. 3.19.

В схеме 3.19. а используется так называемый нормально выдвинутый шток 1, являющийся частью откатных частей орудия. При откате он входит в цилиндр 2, скрепленный с неподвижной люлькой, и сжимает находящийся там газ. Поршень 3 мультипликатора давит на жидкость, поддерживая в ней давление большее, чем в цилиндре 2, что позволяет удерживать газ в цилиндре.

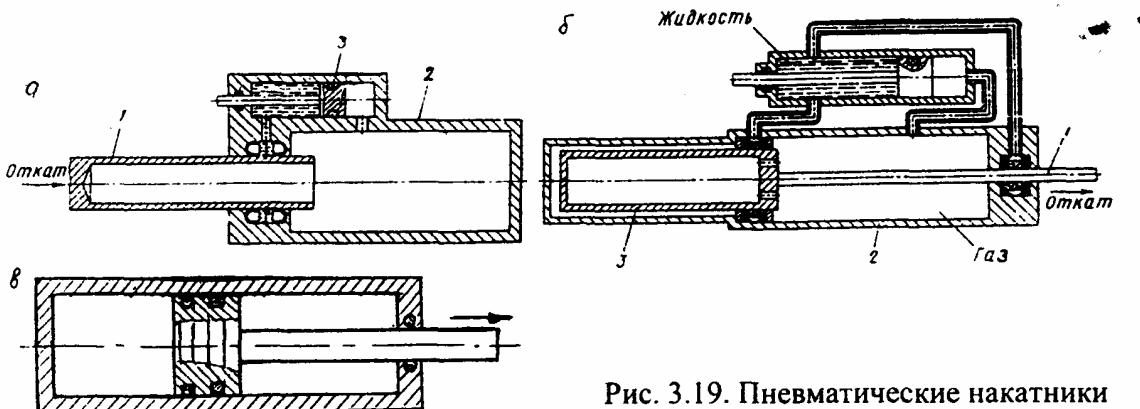


Рис. 3.19. Пневматические накатники

Аналогично работает мультипликатор в схеме 3.19, б. В схеме 3.19, в давление газа удерживается кольцевыми уплотнениями. Накатник в этом случае будет компактнее, но сила трения будет больше. Давление газа в накатнике возрастает по политропическому закону от величины, обеспечивающей начальное усилие накатника  $P_0$ , до максимальной в конце отката. Газ в процессе сжатия разогревается, так как его возросшая внутренняя энергия не успевает рассеяться из-за скоротечности отката. После окончания отката сжатый газ давит на шток (иногда его называют плунжером), а через него - на откатные части, и возвращает их в исходное до выстрела положение. Давление газа при этом уменьшается также по политропическому закону, газ охлаждается. Однако часть энергии все же теряется на нагревание деталей накатника, поэтому прямая и обратная политропические зависимости в принципе не совпадают.

Состояние газа в накатнике подчиняется общему уравнению газового состояния:

$$pW=RT, \quad (3.17)$$

где  $W$  - объем, занятый газом;

$T$  - температура газа,  $^{\circ}\text{K}$ ;

$R$  - газовая постоянная для количества газа в накатнике.

Учитывая, что объем, занимаемый газом, уменьшается по закону:

$$W = W_0 - A_h x, \quad (3.18)$$

где  $W_0$  - начальный объем газа в накатнике;

$A_h$  - рабочая площадь элемента накатника (плунжера, поршня), которой этот элемент воздействует на газ;

$x$  - путь отката (точнее, путь движения указанного выше элемента), а объем и давление газа связаны также уравнением политропы:

$$pW^k = p_0 W_0^k = \text{const}, \quad (3.19)$$

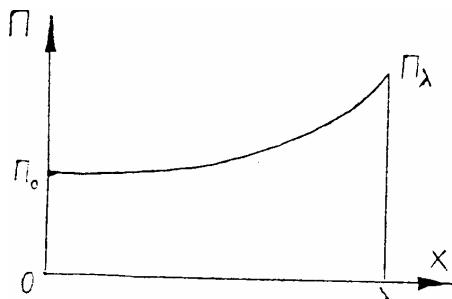


Рис. 3.20. Диаграмма изменения усилий пневматического накатника.

можно получить выражение для изменения давления в накатнике в зависимости от пути отката:

$$p = p_0 \left( \frac{H_0}{H_0 - x} \right)^k, \quad (3.20)$$

где  $H_0 = \frac{W_0}{A_h}$  - приведенная высота начального объема газа;

$k$  - показатель политропы.

Графически изменение давления представлено на рис. 3.20.

Вогнутость кривой  $\Pi_0 \Pi_\lambda$  на рис. 3.20 свидетельствует о том, что при прочих равных с пружинными накатниками данных избыточная энергия пневматического (и гидропневматического также) накатника будет меньше.

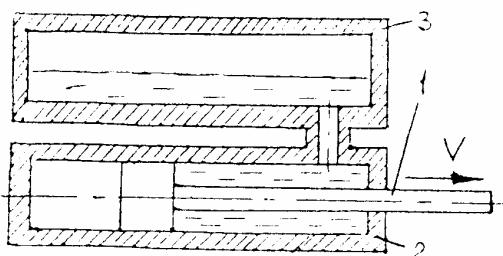


Рис. 3.21. Гидропневматический накатник:  
1- шток с поршнем; 2 - рабочий цилиндр;  
3 - воздушный цилиндр.

Показатель политропы  $k$  зависит от условий теплообмена между газом в накатнике, жидкостью и стенками цилиндров. При полном отсутствии теплообмена в условиях реально существующих накатников он равен отношению теплоемкостей при постоянном давлении и при постоянном объеме, то есть  $k = 1,41$ . Если бы существовал идеальный обмен теплом между всеми элементами накатника (изотермический процесс), то  $k = 1$ . Исходя из этих предпосылок, для расчета пневматических накатников можно рекомендовать следующие значения показателей политропы:

$k = 1,1 \dots 1,2$  - для гидропневматических накатников с непосредственным со-прикосновением жидкости и газа;

$k = 1,25 \dots 1,30$  - для чисто пневматических и для гидропневматических накатников при наличии плавающего поршня.

Меньшие значения  $k$  относятся к орудиям более крупных калибров, с длинным продолжительным откатом; большие - к орудиям меньших калибров с коротким и быстрым откатом. Следует также отметить, что показатель политропы  $k$  при накате несколько больше, чем при откате, хотя в большинстве случаев при расчетах его принимают постоянным.

Возможные схемы гидропневматических накатников показаны на рис. 3.21 и рис. 3.22.

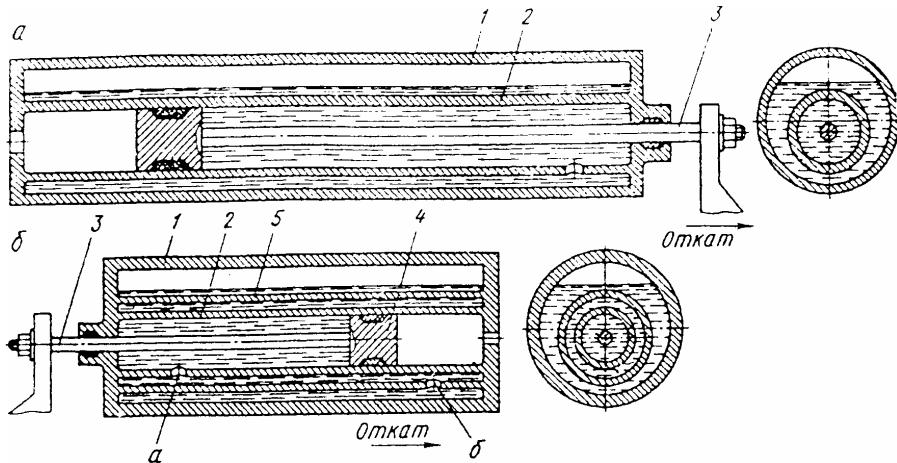


Рис. 3.22. Гидропневматические накатники с охватывающими цилиндрами:  
1 - воздушный цилиндр; 2 - рабочий цилиндр; 3 - шток; 4 - поршень;  
5 - промежуточный цилиндр; а, б - каналы для перетекания жидкости.

Накатники, выполненные по схемам рис. 3.22, компактнее. Эксцентричность цилиндров (рис. 3.22, а) позволяет уменьшить внутренний диаметр воздушного цилиндра при сохранении площади поперечного сечения газа и его объема. Поскольку накатники обычно располагают над стволовом, то эксцентричное расположение цилиндров уменьшает момент силы накатника, действующий на откатные части.

Особенностью схемы, показанной на рис. 3.22, а, является то, что компоновка ее на орудии возможна только в случае отката штока. Если же допустить откат цилиндров при неподвижном штоке, то при больших углах возвышения канал для перехода жидкости из рабочего цилиндра в воздушный при откате окажется вверху, что приведет к попаданию воздуха в рабочий цилиндр. Это приведет к возможной утечке воздуха, а также к прерывистому откату. С целью устранения подобных явлений при компоновке противооткатных устройств с откатом цилиндров накатника обычно вводится дополнительный промежуточный цилиндр, как показано на рис. 3.22, б.

При откате перетекание жидкости из рабочего цилиндра накатника в воздушный происходит со значительной скоростью, в результате чего в воздушном цилиндре возникает густая пена-эмulsionия. Попадание ее в рабочий цилиндр при накате крайне нежелательно, поэтому вместо схем, показанных на рис. 3.21 и 3.22, часто применяют схемы, показанные на рис. 3.23, содержащие плавающий поршень, отделяющий газ от жидкости.

В этих схемах газ не перемешивается с жидкостью, эмульсия не образуется, но конструкция получается более сложной. При расчетах необходимо учесть дополнительные энергетические затраты на перемещение плавающего поршня.

В канале *A* можно установить клапан для торможения отката. Если сделать два канала, то во втором можно разместить клапан для торможения наката. Подобные конструкции реализованы в 100-мм зенитной пушке КС-19 - (вариант *б*) И 130-мм зенитной пушке КС-30 (вариант *а*). Такие накатники одновременно являются и тормозами отката-наката.

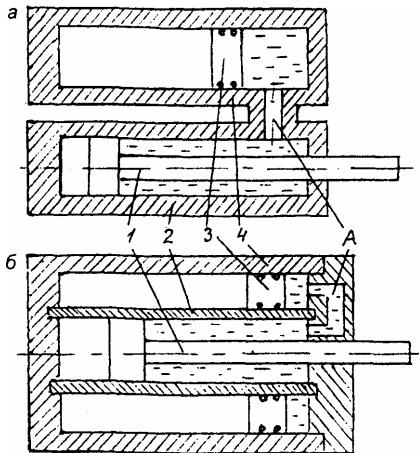


Рис. 3.23. Гидропневматические накатники с плавающим поршнем: / - шток с поршнем; 2 - рабочий цилиндр; 3 – воздушный цилиндр; 4 – клапан; 5 – пружина клапана; 6 – кран; 7 – рычаг; *a* – канал для перетекания жидкости при откате; *b* – канал для перетекания жидкости при накате.

Канал *A* можно использовать для регулировки скорости наката в зависимости от угла возвышения. Схема такого накатника в варианте с отсутствием плавающего поршня показана на рис. 3.24 (85-мм зенитная пушка КС-1).

В таком накатнике при откате жидкость давит на клапан *4*, отодвигает его и проходит в воздушный цилиндр *3* по каналу (*окну*) *a*, сжимая газ. При накате под действием пружины *5* клапан закрывается (могут быть варианты с небольшими отверстиями в клапане), жидкость поступает в рабочий цилиндр *2* по каналу *b*. Площадь проходного отверстия в канале *b* регулируется краном *6*, поворачивающимся в зависимости от изменения угла возвышения рычагом *7*. Увеличение площади при больших углах возвышения уменьшает силу гидравлического сопротивления, что увеличивает скорость наката. Но поскольку при больших углах возвышения увеличивается и составляющая силы тяжести откатных частей, то скорость остается постоянной при всех углах возвышения.

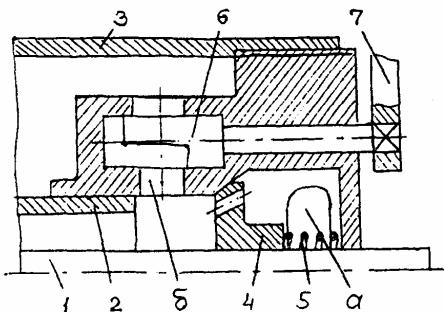


Рис. 3.24. Схема регулировки скорости наката:  
1 - шток накатника; 2 - рабочий цилиндр; 3 - воздушный цилиндр; 4 – клапан; 5 – пружина клапана; 6 - кран; 7 – рычаг; *a* - канал для перетекания жидкости при откате; *b* - канал для перетекания жидкости при накате.

Применение пневматических и гидропневматических накатников дает ряд преимуществ по сравнению с пружинными, значительно снижаются габариты и масса конструкции. Необходимое начальное усилие накатника можно обеспечивать, задавая требуемое начальное давление. Обычно  $p_0 = 2,5 \dots 7,5$  МПа. Величину давле-

ния принимают с учетом эксплуатационных возможностей орудия. В танковых, самоходных и других орудиях, располагающих в комплекте компрессором, начальное давление можно назначать большим. В Приложении (табл. П. 3) приведены некоторые характеристики накатников ряда артиллерийских орудий.

В то же время пневматические и гидропневматические накатники имеют ряд недостатков:

- зависимость работы накатников от наружной температуры;
- изменяется давление внутри накатника;
- сложнение конструкции из-за наличия уплотнительных устройств;
- необходимость защиты цилиндров от повреждения пулями и осколками.

**Газовые накатники.** В малокалиберных пушках, чаще всего в автоматических, применяются накатники, использующие в качестве рабочего тела пороховые газы при выстреле. На рис. 3.25 показан накатник автоматической пушки НР-30.

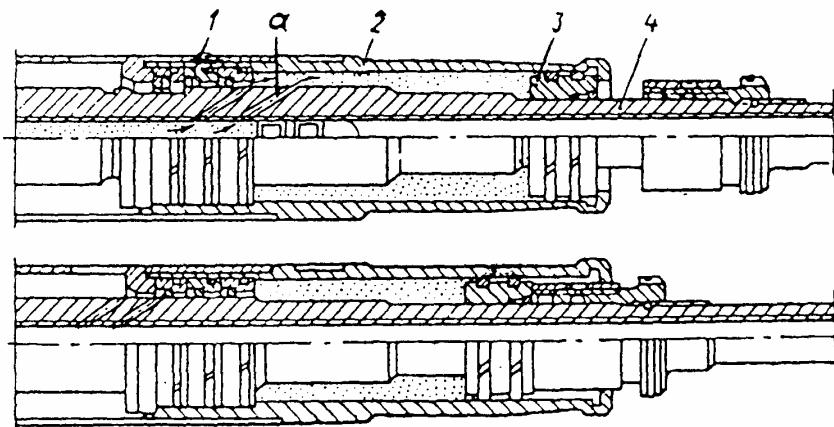


Рис. 3.25. Газовый тормоз-накатник.

При выстреле пороховые газы из ствола через несколько каналов, расположенных симметрично и в шахматном порядке, поступают в полость накатника, об разуемую его корпусом 2, поршнем 1, поршневой втулкой 3 и стволов 4. В процессе отката ствола относительно корпуса накатника и соединенного с ним поршня (при мерно в конце периода после действия) каналы  $\alpha$  перекрываются поршнем. Образовавшийся замкнутый объем с давлением пороховых газов порядка 1...2 МПа как раз и представляет собой накатник. При дальнейшем движении ствола его упорное кольцо давит на поршневую втулку, давление газа в накатнике возрастает. Площадь и число каналов, площадь поршня и начальный объем рабочей полости выбираются таким образом, чтобы обеспечить торможение ствола при заданной длине его отката. После отката сжатые пороховые газы возвращают ствол в исходное положение, в конце наката через открывшиеся каналы пороховые газы вытекают в канал ствола.

Газовые накатники компактны, удобно вписываются в общую конструкцию автоматического оружия. К их недостаткам следует отнести необходимость устройств, фиксирующих ствол в крайнем переднем положении, и обязательность периодической чистки пружинных колец и поверхности ствола.

**Гидравлические накатники.** В качестве рабочего тела в накатниках можно использовать жидкость. Однако для использования ее упругих свойств необходимо создавать весьма значительные давления (в несколько десятков МПа). С этой целью можно рекомендовать конструктивную схему, показанную на рис. 3.26.

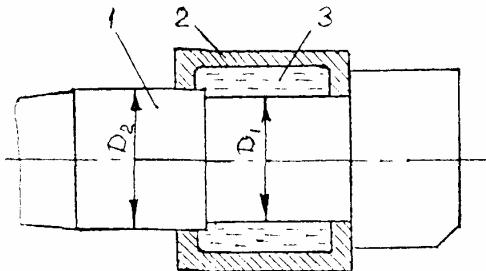


Рис. 3.26. Гидравлический накатник:  
1 - ствол; 2 - люлька; 3 – жидкость.

Поскольку  $D_2 > D_1$ , при откате жидкость, находящаяся внутри люльки, будет сжиматься, а после отката возвращать ствол в исходное положение. Достоинством такой конструкции является совмещение в одном агрегате функций накатника, тормоза отката, люльки и устройства для охлаждения ствола. Однако необходимость создания давлений порядка 80 МПа требует разработки работоспособных и надежных уплотнительных устройств, обеспечивающих нормальное функционирование агрегата не только в условиях повышенных давлений, но и при переменных диаметрах  $D_1$  и  $D_2$  из-за разогрева ствола при стрельбе.

### 3.3.2. Гидравлические тормоза отката

**Сила гидравлического сопротивления.** В простейшем случае тормоз отката представляет собой шток с поршнем, перемещающийся вместе с откатными частями внутри неподвижного цилиндра, заполненного жидкостью. Для обеспечения возможности перемещения в цилиндре поршень имеет одно (или несколько) отверстий для перетекания жидкости, при этом площадь отверстия в процессе отката может быть как постоянной, так и переменной. Схематично тормоз отката показан на рис. 3.27.

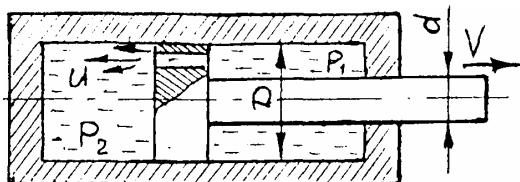


Рис. 3.27. Расчетная схема простейшего тормоза отката.

Принцип действия такого гидравлического тормоза отката заключается в том, что кинетическая энергия откатных частей преобразуется в кинетическую энергию струи жидкости, проходящей через отверстие истечения. В существующих тормозах отката скорость движения этой струи достигает нескольких сотен метров в секунду. Часть энергии откатных частей теряется, переходя в тепло при трении частиц жидкости о стенки тормоза и при трении в уплотнениях. Остальная часть кинетической энергии струи превращается в тепловую энергию после удара жидкости о стенки, после чего направленный поток струи деформируется, жидкость движется беспорядочно. Жидкость нагревается, тепло через стенки попадает в окружающее пространство. Если пренебречь сжимаемостью жидкости в тормозе отката, то вся поглощенная им кинетическая энергия откатных частей превращается в тепловую.

Физическую картину образования силы гидравлического сопротивления тормоза отката нагляднее всего представить на примере простейшего тормоза отката

постоянной площадью отверстия истечения жидкости (рис. 3.27).

Объем жидкости, вытесняемой из правой части тормоза за единицу времени, равен:

$$A_\tau \frac{dx}{dt} = A_\tau V, \quad (3.21)$$

где  $A_\tau = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$  - рабочая площадь поршня тормоза отката.

При возникающих в процессе отката давлениях в рабочей полости жидкость практически несжимаема. Следовательно, в левую часть тормоза перетекает тот же объем жидкости, величину которого можно выразить через скорость струи, проходящей через отверстие площадью  $\alpha_0$ :

$$A_\tau V = \varepsilon \alpha_0 U,$$

где  $U$  - средняя скорость по сечению;

$\varepsilon$  - коэффициент, учитывающий сжатие струи.

Тогда

$$U = \frac{A_\tau}{\varepsilon \alpha_0} V. \quad (3.22)$$

Уравнение Бернулли для потока жидкости в тормозе отката с учетом равенства высот левой и правой части может быть записано в виде:

$$P_1 + \frac{\rho V^2}{2} = P_2 + \frac{\rho U^2}{2} (1 + \zeta) \quad (3.23)$$

где  $\rho$  - плотность жидкости;

$\zeta$  - коэффициент местных потерь, учитывающий трение пограничного слоя потока о стенки и особенности конструкции отверстия истечения.

Поскольку в процессе отката шток выходит из цилиндра, то в левой части тормоза образуется вакуум. Следовательно,  $P_2 \approx 0$

Теперь

$$P_1 = \frac{\rho}{2} [u^2 (1 + \zeta) - V^2]. \quad (3.24)$$

Подставляя из (3.22) величину  $U$  и учитывая, что  $\alpha_0^2 \ll A_\tau^2$ , получим:

$$P_1 = \frac{1 + \zeta}{\varepsilon^2} \frac{A_\tau^2}{\alpha_0^2} \frac{\rho V^2}{2}. \quad (3.25)$$

При определении величины  $\varepsilon$  следует учитывать вязкость жидкости, то есть вместо  $\varepsilon$  принимать  $\mu \varepsilon$ , где  $\mu \approx 0,95$  - коэффициент расхода с учетом вязкости.

Сила гидравлического сопротивления равна произведению давления на рабочую площадь поршня:

$$\Phi = \frac{k \rho}{2} \frac{A_\tau^3}{\alpha_0^2} V^2, \quad (3.26)$$

где  $k = \frac{1+\zeta}{\varepsilon^2}$  - коэффициент сопротивления тормоза отката.

Для других типов тормозов отката структура выражения для силы  $\Phi$  остается такой же, но отношение  $\frac{A_\tau^3}{\alpha_0^2}$  может быть выражено более сложной зависимостью.

Классификация гидравлических тормозов отката. Классифицировать гидравлические тормоза отката можно по различным признакам.

*По соединению с откатными частями:* тормоза отката с подвижным штоком и неподвижным цилиндром; тормоза отката с подвижным цилиндром и неподвижным штоком.

В действии этих двух видов тормозов принципиальной разницы нет. Выбор типа определяется общей компоновкой орудия. Если масса цилиндра существенно больше массы штока с поршнем, рекомендуется делать подвижным цилиндр, что не меняет общей массы орудия, но увеличивает при этом массу откатных частей и уменьшает силу отдачи.

*По регулированию длины отката в зависимости от угла возвышения:* тормоза отката с постоянной длиной отката; тормоза отката с регулируемой длиной отката.

Применение той или иной схемы определяется требованиями к орудию по обеспечению устойчивости и уменьшения габаритов. При длинном откате уменьшается сила отдачи и, соответственно, опрокидывающий момент, что позволяет уменьшить высоту линии огня и габариты орудия. Однако при длинном откате возникает опасность утыкания казенника в грунт, усложняются условия заряжания и удаления стрелянных гильз.

В связи с этим целесообразно ввести переменный откат: при малых углах возвышения обеспечить длинный откат, а при больших углах, когда условие устойчивости будет выполняться, и при больших силах отдачи - короткий откат.

*По связи с накатником:* тормоза отката, независимые от накатника; в этом случае тормоз отката и накатник представляют собой отдельные агрегаты; тормоза отката, органически связанные с накатником; к таковым можно отнести, например, схему, показанную на рис. 3.23 при постановке в канал  $A$  клапана; тормоза отката, полусвязанные с накатником; это может быть схема, показанная на рис. 3.16,  $a$ ; полусвязанность заключается в том, что цилиндр тормоза отката является одновременно и штоком для пружинного накатника, что ограничивает свободный выбор размеров тормоза отката.

*По способу регулирования по щади отверстия истечения при откате.* По данному признаку тормоза отката могут быть следующих типов: без регулировки; канавочные; шпоночные; веретенные; золотниковые; клапанные; комбинированные.

Более подробно указанные типы тормозов будут рассмотрены в следующем параграфе.

Поскольку в большинстве случаев тормоза отката конструктивно увязаны с тормозом наката в один агрегат, этот анализ будет проводиться совместно.

Кроме указанных признаков классификации тормозов отката могут приниматься также наличие или отсутствие противодавления внутри цилиндра, расположение штока относительно цилиндра (шток выдвигается или входит внутрь при откате), наличие или отсутствие компенсатора жидкости и другие признаки.

Конструктивные схемы гидравлических тормозов отката. Для анализа возможностей тормозов отката рассмотрим силы, действующие на откатные части орудия. График сил торможения в самом общем виде представлен на рис. 3.28.

Силу  $R_f = R_{y_{nn}} + M_0 g f \cos \varphi$ , представляющую собой сумму всех сил трения при движении откатных частей, обычно принимают постоянной в процессе отката ввиду ее относительной малости по сравнению с другими силами, хотя реально силы трения в процессе отката переменны. Сила накатника  $\Pi$  изменяется линейно для пружинного накатника или по политропическому закону для гидропневматических накатников. Дополнительная сила сопротивления  $R_{\text{доп}}$  включает в себя силу гидравлического сопротивления при перетекании жидкости из рабочего цилиндра в воздушный, а также силы, потребные для обеспечения работы механизма заряжания. Однако ли силы относительно невелики. Часть из них вообще может отсутствовать, например, в случае взведения механизма заряжания при накате.

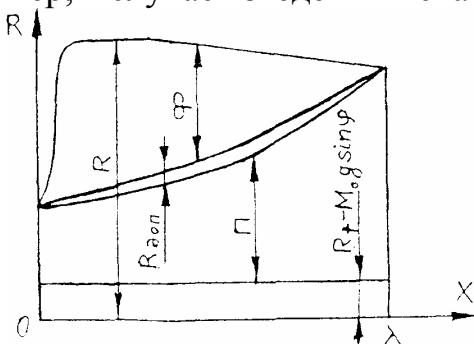


Рис. 3.28. График сил торможения при откате:  $M_0$  – масса откатных частей.

Общая сила сопротивления  $R$  определяется при расчете орудия. На ее величину влияют условие обеспечения устойчивости при выстреле и приемлемая длина отката. Приняв закон изменения и конкретные величины силы  $R$ , можно определить все элементы движения откатных частей при выстреле. Следовательно, можно вычислить скорость движения откатных частей в каждой точке по пути отката. В то же время из графика, представленного на рис. 3.28, можно определить силу гидравлического сопротивления тормоза отката  $\Phi$  для тех же самых точек. Для этого из общей силы сопротивления  $R$  необходимо вычесть все ее составляющие.

Таким образом, можно отметить, что для простейшего тормоза отката, пользуясь выражением (3.26), можно записать площадь отверстия истечения в виде:

$$\alpha_0 = \sqrt{\frac{k\rho A_\tau^3}{2} \frac{V^2}{\Phi}}. \quad (3.27)$$

Очевидно, что в формуле (3.27) в подкоренном выражении величина  $V^2 / \Phi$  является переменной, поэтому целесообразнее площадь отверстия истечения выразить в виде:

$$\alpha_x = A \sqrt{\frac{V^2}{\Phi}}, \quad (3.28)$$

где  $A = \sqrt{\frac{k\rho A_\tau^3}{2}}$  величина постоянная.

Если отношение  $V^2 / \Phi$  соответствует приведенным на графике, то тем самым обеспечивается устойчивость орудия в процессе отката при заданной его длине.

Для других типов тормозов отката выражение для  $\alpha_x$  будет более сложным.

Например, формула для тормоза отката веретенного типа может иметь вид:

$$\alpha_x = \frac{A_\tau - A_p}{\sqrt{Z - 1}}, \quad (3.29)$$

где  $A_T = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$  - рабочая площадь поршня;

$A_p = \frac{\pi}{4}d_p^2$  - площадь отверстия регулирующего кольца;

$$Z = \frac{1}{A_T - A_p} \left[ \frac{2}{k_1 \rho V^2} \frac{\Phi}{V^2} - \frac{k_3}{r_1} \frac{A_{TH}^3}{(A_T - A_p)^2} \right];$$

$A_{TH} = \frac{\pi}{4}d_1^2$  - рабочая площадь тормоза наката;

$D$  - диаметр поршня тормоза отката;

$d$  - диаметр штока;

$d_p$  - диаметр отверстия регулирующего кольца;

$d_1$  - диаметр внутренней полости штока;

$k_1$  - коэффициент сопротивления для перетекания жидкости через регулирующее кольцо;

$k_3$  - коэффициент сопротивления для перетекания жидкости в полость штока.

Как видно, формула (3.29) гораздо сложнее (формулы (3.28)). однако отношение  $V^2 / \Phi$  сохранилось, изменились лишь постоянные величины, входящие в формулу. Это позволяет судить о возможностях той или иной конструктивной схемы тормоза отката с единых позиций.

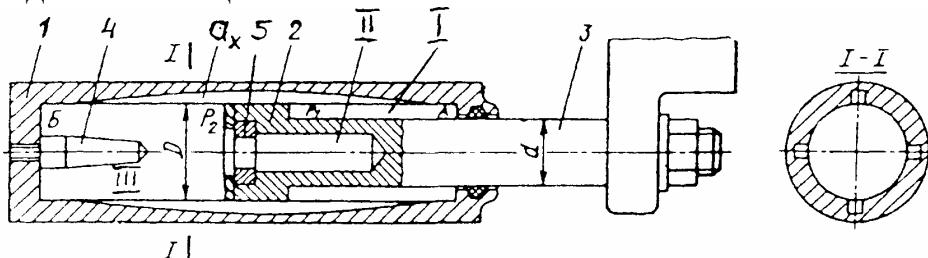


Рис. 3.29. Тормоз отката канавочного типа с игольчатым тормозом наката.

*Тормоз отката без регулировки площади отверстия истечения.* Тормоз такого типа показан на рис. 3.27. Его отличают исключительная простота и небольшое количество деталей, что способствует надежности работы. Вместе с тем такой тормоз не обеспечивает заданной расчетной длины отката, ибо постоянная площадь отверстия истечения не соответствует переменному отношению  $V^2 / \Phi$  за исключением случаев, когда  $A\Phi = V^2$  во всех точках отката. В связи с этим применение таких тормозов можно рекомендовать только для малокалиберной автоматической артиллерии при обязательном ударе откатных частей о буфер в крайнем заднем положении. Удар будет компенсировать несоответствие переменности отношения  $V^2 / \Phi$  и постоянства площади отверстия истечения.

*Тормоз отката канавочного типа.* На рис. 3.29 показан тормоз отката канавочного типа с игольчатым тормозом наката.

Цилиндр 1 заполнен жидкостью, которая при откате вытесняется из рабочей

полости I через канавки переменной глубины  $a_x$  в запоршневое пространство III и полость штока II, при этом в полости I создается давление  $P_1$ . Величина его зависит от плотности и вязкости жидкости, от суммарной площади канавок на срезе поршня 2, от величины рабочей площади поршня и от скорости движения штока 3 с поршнем 2.

Суммарную площадь канавок  $\alpha_x$ , будет определять тот срез поршня 2, который в данный момент времени будет контактировать с меньшей глубиной канавок  $h_x$ , поскольку площадь отверстия  $\alpha_x$ , в любом случае должна быть наименьшей в данный момент времени. Это наглядно видно на рис. 3.30. где показаны два положения поршня и соответствующие площади  $\alpha'_x$  и  $\alpha''_x$ . Следовательно, при изготовлении канавок необходимо предусматривать постоянную их глубину в средней части на длине, равной длине поршня  $l_n$ .

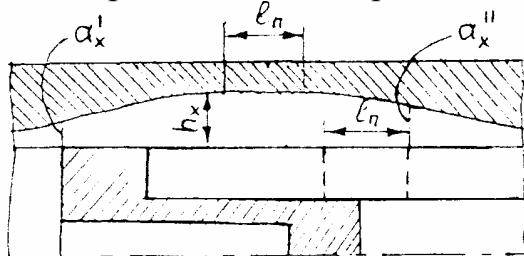


Рис. 3.30. Схема определения площади отверстия истечения.

Так как при откате часть штока выходит из полости цилиндра, заполненной жидкостью, внутри цилиндра освобождается некоторый объем, называемый объемом вакуума, сосредоточенный в полостях II и III. В этих полостях при откате будет давление  $p_3 \approx 0$ , то есть такой тормоз откату будет работать без противодавления (в тормозах с противодавлением  $p_3 > 0$ ).

При накате под действием силы накатника откатные части движутся вперед, толкают шток 3 с поршнем 2 и вдвигают их в цилиндр. Сначала происходит перемещение незаполненного жидкостью объема из запоршневого пространства в рабочую полость ("выбор вакуума").

Длина такого пути будет составлять:

$$I_{\text{бс}} = \frac{d^2}{D^2} \lambda, \quad (3.30)$$

где  $\lambda$  - длина откаты.

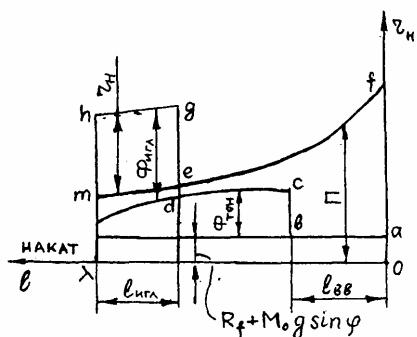


Рис. 3.31. График сил при накате.

До момента полного выбора вакуума жидкость практически не перетекает по канавкам, давление в полостях цилиндра близко к нулю. После выбора вакуума из полостей II и III жидкость пробрызгивается через канавки  $a_x$ , возникает сила гидравлического сопротивления тормоза откату при накате  $\Phi_{\text{тон}}$ . На последнем участке наката игла 4 (рис. 3.29) входит в полость штока II, при этом образуется сила гид-

равлического сопротивления выдавливаемой из полости  $\Pi$  жидкости  $\Phi_{th}$ . Для компенсации возможной несоосности иглы и штока в начале его полости смонтировано плавающее кольцо 5. Все действующие при накате силы графически представлены на рис. 3.31.

Поскольку профиль канавок в стенках цилиндра определен необходимостью обеспечения желаемого закона силы сопротивления при откате, то при накате сила  $\Phi_{th}$  окажется недостаточной для торможения наката. Это объясняется существенно меньшей скоростью наката, поэтому возникает необходимость в дополнительном сопротивлении накату. Именно для этой цели и служит игла, представляющая собой вместе с полостью  $\Pi$  тормоз наката. Для обеспечения безударного прихода откатных частей в переднее положение необходимо равенство работ движущих сил при накате и всех сил сопротивления накату. Графически это означает равенство площадей фигур, обозначенных на рис. 3.31 точками:

$$S_{abcdef} = S_{cghm}.$$

Очевидно, что для обеспечения данного равенства необходимо или увеличивать длину пути работы иглы  $l_{иглы}$ , или увеличивать равнодействующие всех сил при накате  $r_h$  в конце наката. Существенное увеличение длины  $l_{иглы}$  нежелательно, ибо это будет увеличивать требуемый для обеспечения продольной устойчивости диаметр иглы и тем самым увеличивать все поперечные размеры тормоза отката. Увеличивать же равнодействующую всех сил  $r_h$  также нежелательно, так как это может привести к потере устойчивости орудия при накате. Проиллюстрируем это на рис. 3.32.

В конце наката при замедлении движения откатных частей вперед равнодействующая всех сил  $r_h$  направлена вперед, как показано на рисунке. Для отсутствия клевка стабилизирующий момент должен быть больше опрокидывающего:

$$\begin{aligned} M_\delta g l_{on} &\geq r_h H \\ \text{или } r_h &\leq \frac{M_\delta g l_{on}}{H}. \end{aligned} \quad (3.31)$$

Чтобы обеспечить это условие, необходимо увеличивать  $l_{on}$  и уменьшать высоту линии огня  $H$ , которую при проектировании всегда стараются уменьшить. Увеличение же расстояния  $l_{on}$  может затруднить обслуживание орудия, так как для разведения станин вручную необходимо приложить силу  $F_c$ , которую может развить член боевого расчета, то есть надо иметь  $F_c L \geq M_\delta g l_{on}$ .

Отсюда получаем условие

$$r_h \leq \frac{F_c L}{H}. \quad (3.32)$$

Как видно, это очень жесткое условие для полевой артиллерии. Следовательно, довольно простая конструкция гидравлического тормоза отката канавочного типа может применяться только для относительно тяжелых орудий (например, танковых) при большой массе  $M_\delta$ , а также для орудий с вынесенной далеко вперед поперечной опорой. Таковыми могут быть зенитные пушки малого калибра.

*Тормоз отката шпоночного типа.* В тормозе отката шпоночного типа с игольчатым тормозом наката (рис. 3.33) изменение площади отверстия истечения жидкости достигается за счет шпонки 1 переменной высоты, закрепленной в цилин-

дре 2, и соответствующего выреза в поршне 3.

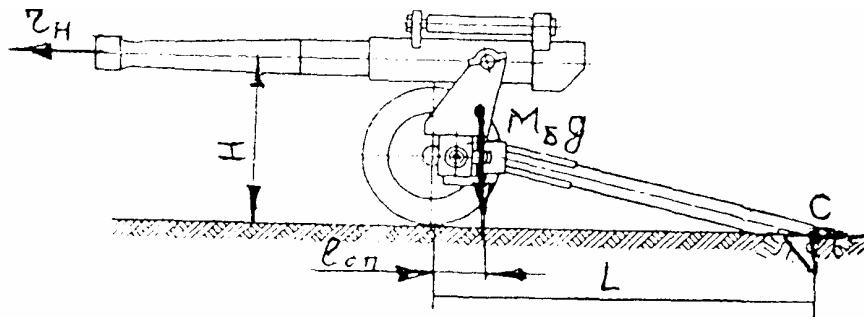


Рис. 3.32. К расчету устойчивости при накате:  
 $H$  – высота линии огня;  $M_b$  - масса орудия в боевом положении;  
 $L$  - расстояние между опорами.

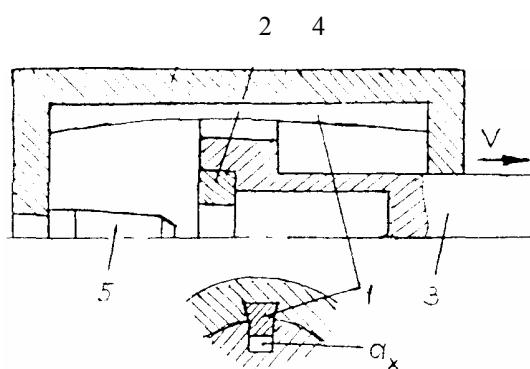


Рис. 3.33. Тормоз отката шпоночного типа с игольчатым тормозом наката:  
1 – шпонка; 2 – цилиндр; 3 – шток с поршнем; 4 – плавающее кольцо;  
5 – игла;  $\alpha_x$  – отверстие истечения.

Действие тормоза отката шпоночного типа аналогично действию тормоза канавочного типа. Схеме присущи те же достоинства и недостатки.

Дополнительно можно отметить лучшую технологичность изготовления, зато усложняются условия сборки и фиксации штока с поршнем относительно цилиндра.

*Тормоз отката веретенного типа.* Один из вариантов тормоза отката веретенного типа приведен на рис. 3.34.

Цилиндр тормоза 1 с веретеном 3 во время отката и наката закреплены в люльке и неподвижны. Шток 2 соединен с откатными частями и движется вместе с ними (возможен также вариант с неподвижным штоком и перемещающимися вместе с откатными частями цилиндром: принцип действия тормоза от этого не изменяется). На головке 6 веретена укреплен клапан модератора 5, иногда весь этот узел называется модераторным устройством. На внутренней поверхности полости штока имеются канавки  $b$  переменной глубины. В поршне штока закреплено регулирующее кольцо 4, зазор между внутренним диаметром которого и веретеном 3 образует кольцевое отверстие  $\alpha_x$ , являющееся основным местом образования силы гидравлического сопротивления жидкости при откате.

Во время отката жидкость из рабочей полости I вытесняется поршнем в две полости: замодераторное пространство II и запоршневое пространство III. Соотношение площадей истечения жидкости в эти две полости рассчитывается таким образом, чтобы жидкость отодвигала клапан модератора 5 и полностью заполняла замодераторное пространство, создавая там давление  $P_2 > 0$ . Поток жидкости через регулирующее кольцо в запоршневое пространство III встречает большее сопротивление; образующийся при откате внутри цилиндра вакуум в связи с этим находится в

полости III.

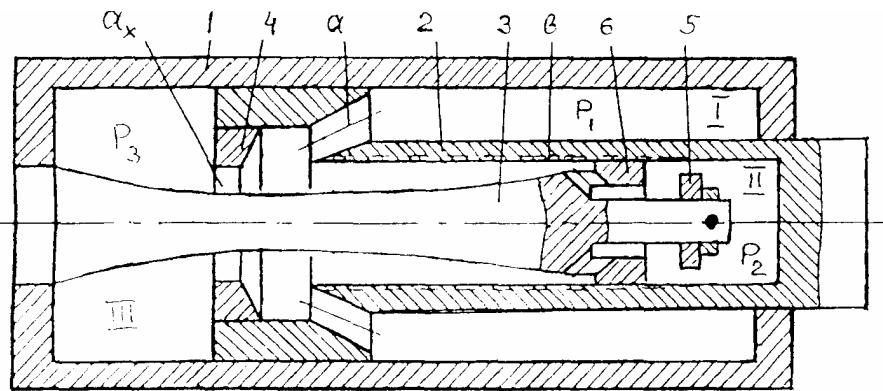


Рис. 3.34. Тормоз отката веретенного типа.

При накате под действием давления в полости II клапан модератора закрывается (в некоторых вариантах он дополнительно поджимается пружиной). Входящее в полость штока веретено выдавливает жидкость из полости II через канавки b переменной глубины, при этом обеспечивается заданный закон силы гидравлического сопротивления  $\Phi_{\text{тон}}$ . После выбора вакуума в полости III вступает в действие и тормоз отката, образуя силу гидравлического сопротивления тормоза отката при накате  $\Phi_{\text{тон}}$ . Принципиальная схема действия всех этих сил при накате для веретенного тормоза отката показана на рис. 3.35.

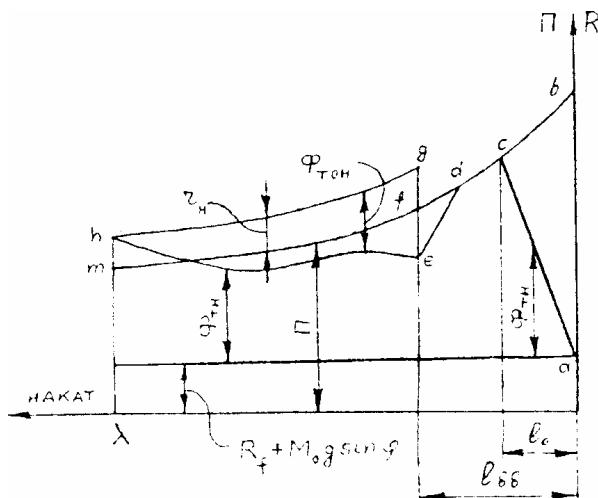


Рис. 3.35. График сил при накате.

Как и при анализе сил, действующих при накате в канавочном тормозе отката, так и при веретенном тормозе отката, для обеспечения безударного прихода откатных частей в переднее положение необходимо равенство работ сил активных (силы накатника) и сил сопротивления. Следовательно, необходимо равенство площадей:

$$S_{abc} + S_{def} = S_{fghm}.$$

Поскольку величина  $l_0$  выбирается только с одним ограничением по приемлемости скорости и времени наката, то для веретенного тормоза отката можно получить практически любую наперед заданную величину равнодействующей всех сил на замедленном участке наката.

Относительно простая конструкция, ясность расчетной схемы, обеспечение устойчивости орудия при откате и накате приводят к тому, что веретенные тормоза

отката с модератором в качестве тормоза наката получили наибольшее распространение, особенно в полевой артиллерии.

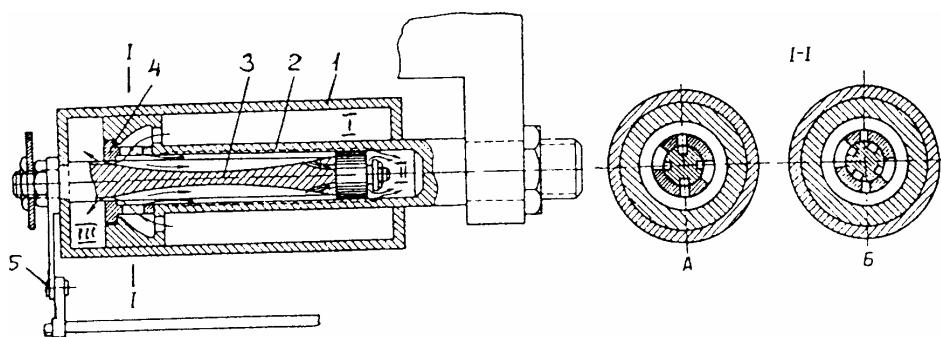


Рис. 3.36. Схема поршня и веретена для обеспечения переменной длины отката.

Недостатком рассмотренной схемы является невозможность регулирования длины отката в зависимости от угла возвышения. Решить такую задачу в тормозах отката веретенного типа можно, видоизменив веретено и его взаимодействие с регулирующим кольцом. Вариант подобного решения приведен на рис. 3.36.

Веретено 3 представляет собой стержень постоянного диаметра с четырьмя канавками переменной глубины: две короткие и две длинные. Длинные и короткие канавки попарно диаметрально противоположны. В поршне штока 2 в качестве регулирующего кольца установлен неподвижный вкладыш (втулка) 4, имеющий окна. Шток 2 соединен с откатными частями, поршень перемещается в цилиндре 1, закрепленном в люльке. Веретено размещено в дне цилиндра 1 таким образом, что имеет возможность с помощью механизма поворота вращаться в зависимости от угла возвышения.

При откате жидкость из рабочей полости I через окна в поршне, окна во вкладыше и канавки в веретене вытесняется в запоршневое пространство III. Второй поток жидкости образуется при перетекании ее через кольцевой зазор между веретеном и внутренней поверхностью штока, а также через модераторное устройство заполняет освобождающую полость II.

В сечении I - I на видах А и Б показаны крайние положения канавок веретена относительно окон вкладыша. Взаимное расположение канавок и окон на виде А соответствует длинному откату. На виде Б, соответствующему короткому откату, длинные канавки веретена перекрыты, жидкость в полость II поступает только через короткие канавки. Поскольку площадь отверстия истечения уменьшается, сила гидравлического сопротивления увеличивается, обеспечивая тем самым уменьшение длины отката. Торможение при накате осуществляется так же, как и в описанном ранее тормозе отката с веретеном переменного диаметра.

*Тормоз отката и наката золотникового типа.* У золотникового тормоза площадь отверстия истечения изменяется за счет поворота регулирующих деталей относительно друг друга. На рис. 3.37 показан один из вариантов золотникового тормоза.

В цилиндре 1 перемещается поршень 2, насыженный на шток 3 таким образом, что он может вращаться относительно штока, но не перемещаться вдоль. По обе стороны поршня на штоке размещены золотники 4 и 5, которые могут перемещаться вдоль штока, нодерживаются от вращения шпонками. На внутренней поверхности

цилиндра изготовлена канавка *a*, в которую входит зуб *7* поршня. На конце штока закреплен зубчатый сектор *6*.

При откате цилиндр перемещается вместе с откатными частями, жидкость прижимает золотник *4* к поршню и через отверстие в золотнике и фигурный вырез в поршне из полости *I* выдавливается в полость *II*, при этом золотник *5* отодвигается от поршня и практически не препятствует движению жидкости. Зуб *7*, контактируя с канавкой *a*, вращает поршень относительно золотника, в результате чего площадь отверстия истечения регулируется по закону, обеспечивающему получение заданной длины отката.

При накате после выбора вакуума в полости *II* золотник *5* прижимается к поршню, и процесс истечения жидкости происходит в обратном направлении. Необходимая сила гидравлического сопротивления при накате обеспечивается взаимодействием отверстий в золотнике *5* и вырезов в поршне.

Тормоз отката золотникового типа является тормозом без противодавления, площадь отверстий истечения меняется вне зависимости от изменения давления.

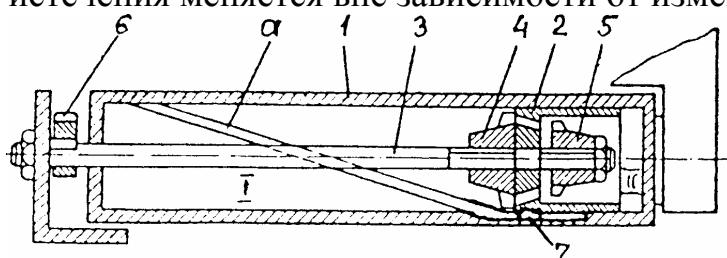


Рис. 3.37. Золотниковый тормоз отката – наката.

Достоинством золотникового тормоза является простота конструкции и возможность автоматической регулировки длины отката в зависимости от угла возвышения. Это достигается за счет поворота штока *3* зубчатым сектором *6*, вращение которого происходит при изменении углов возвышения.

Недостатками подобного тормоза являются наличие ударяющихся о поршень золотников, что снижает надежность действия, а также повышенный износ при контакте зуба поршня с канавкой на внутренней поверхности цилиндра.

*Тормоз отката клапанного типа.* На рис. 3.38 показана конструктивная схема клапанного тормоза отката и наката, объединенного с накатником.

В дне *1* цилиндров смонтированы рабочий цилиндр *2* и воздушный цилиндр *3*, в котором перемещается плавающий поршень *4*. В дне *1* расположены клапанное устройство *5* тормоза отката и клапанное устройство *6* тормоза наката, соединенные каналами с воздушным и рабочим цилиндрами. Внутри рабочего цилиндра расположен шток *7* с поршнем. Более подробно клапанное устройство *5* тормоза отката показано отдельно.

При откате поршень вытесняет жидкость из рабочего цилиндра в воздушный через клапанное устройство тормоза отката, при этом клапанное устройство тормоза наката жидкость не пропускает. При движении жидкости клапан *8* сжимает возвратную пружину *9*. После выбора свободного хода *h* клапан воздействует на регулирующий стержень *10*, ввинченный во втулку *11*, а через нее - на тарельчатую пружину *12*, сжимая ее между втулкой *11* и опорным корпусом *13*. Величина этого сжатия, регулирующая площадь отверстия истечения жидкости в процессе отката, зависит от силы давления на клапан.

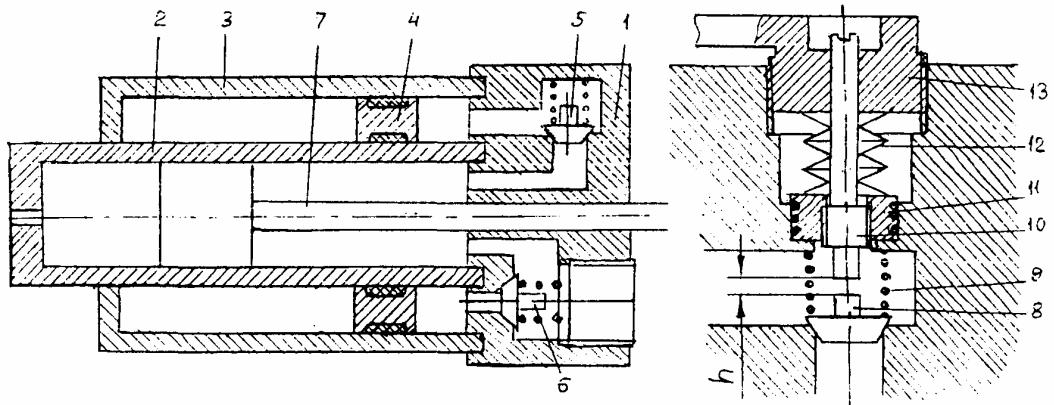


Рис. 3.38. Тормоз отката-наката клапанного типа.

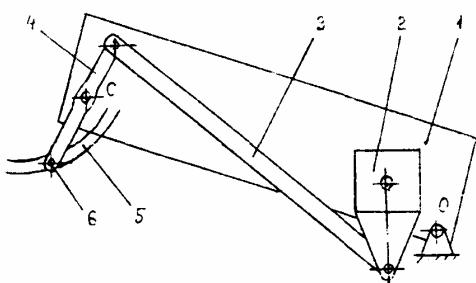


Рис. 3.39. Механизм изменения длины отката.

Эту площадь можно регулировать перед стрельбой, ввинчивая регулирующий стержень 10 во втулку 11. При накате клапанное устройство 5 закрывается, жидкость возвращается в рабочий цилиндр через клапанное устройство 6, которое может быть идентично рассмотренному или отката выполнено по какой-либо иной схеме.

Достоинством клапанного тормоза отката является простота регулировки длины отката в зависимости от угла возвышения. С этой целью опорный корпус 13, имеющий многозаходную резьбу для ввинчивания в дно цилиндров, соединен своим рычагом с механизмом изменения длины отката. На рис. 3.39 изображена схема действия такого механизма. При изменении углов возвышения точка С вместе со всей качающейся частью 1 вращается относительно оси цапф орудия  $O$ , при этом палец 6 двуплечего рычага 4 скользит по пазу 5. Профиль последнего подбирается так, чтобы тяга 3 поворачивала опорный корпус 2 (на рис. 3.38 это корпус 13) на угол, обеспечивающий требуемое усилие тарельчатой пружины, тем самым регулируется ход клапана  $h$ .

Другими преимуществами тормозов отката клапанного типа являются:

компактность конструкции;

меньшая зависимость от внешних условий, ибо их изменение ведет к изменению давления в накатнике и автоматической регулировке хода клапана  $h$ ;

отсутствие необходимости в компенсаторе жидкости.

К недостаткам таких тормозов можно отнести:

сравнительную сложность устройства клапанов;

трудность обеспечения желаемого закона сопротивления при накате, в связи с чем в противооткатные устройства часто вводится дополнительный тормоз наката в виде отдельного агрегата.

Комбинированные тормоза отката могут иметь различные сочетания рассмотр-

ренных выше типов. Например, клапанный тормоз отката с канавочным тормозом наката; одновременное действие веретена и канавок переменной глубины и т. п.

**Компенсаторы жидкости.** Как было указано выше, большая часть кинетической энергии откатных частей переходит в тепловую энергию в противооткатных устройствах. Процесс нагрева жидкости в тормозе при стрельбе и процесс охлаждения происходят неравномерно. Нагрев за время цикла отката-наката происходит быстро (приблизительно за 1...1.5 с), а охлаждение, определяемое явлениями теплопроводности и лучеиспускания, происходит гораздо медленнее. При интенсивной стрельбе жидкость постепенно разогревается. Повышение температуры жидкости за один выстрел допускается до 0,5... 1,5 К и зависит от количества жидкости и ее удельной теплоемкости, от металлоемкости и площади поверхности охлаждения, от режима стрельбы и количества поглощенной энергии.

Нагрев стенок цилиндров тормоза практически не увеличивает их внутреннего объема, в то же время увеличение объема жидкости при нагревании весьма существенно. В результате шток тормоза при накате может войти в цилиндр не полностью, произойдет так называемый недокат. Последующие выстрелы при стволе, находящемся не в исходном положении, могут оказаться опасными для орудия из-за повышенных нагрузок на лафет и возможной потери устойчивости.

Для устранения негативного влияния недокатов используются следующие три решения:

недолив жидкости при сборке тормоза; тогда излишний объем нагретой жидкости займет часть воздушной прослойки и создаст предварительное давление в тормозе; такое решение часто принимают в танковой и самоходной артиллерии, ибо увеличение габаритов тормоза при этом невелико, а отклонения в законе торможения не приводят к потере устойчивости из-за значительной массы всей установки;

применение тормозов-накатников (например, по схеме, показанной на рис. 3.38); в этом случае излишний объем жидкости сместит на небольшое расстояние плавающий поршень и повысит давление в накатнике, что практически не скажется на работе противооткатных устройств;

применение компенсаторов.

Принцип действия компенсатора заключается в том, что избыточный объем разогретой жидкости через отверстие малого диаметра перегоняется в дополнительную полость, сжимая там упругий элемент. При охлаждении жидкости сжатый упругий элемент перегоняет жидкость обратно в основную полость тормоза отката. Малый диаметр отверстия позволяет избежать интенсивного циркулирования жидкости в процессе отката-наката, ибо такое циркулирование может привести к искаложению расчетного закона торможения. Малое отверстие истечения жидкости в компенсатор обеспечивает постепенное (почти статическое) перетекание жидкости, как при нагревании, так и при охлаждении.

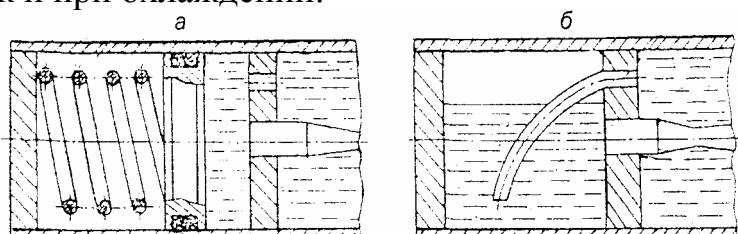


Рис. 3.40. Схема компенсатора:  
а – пружинного; б – пневматического.

В зависимости от вида упругого элемента компенсаторы делятся на два типа: пружинные и пневматические. Конструктивные схемы компенсаторов показаны на рис. 3.40.

Как видно из приведенных схем, не исключено небольшое перетекание жидкости в компенсатор и обратно в процессе отката-наката. С целью исключения такого перетекания в некоторых случаях ставится специальный клапан, например, показанный на рис. 3.41.

При откате поршня 4 со штоком клапан 2, прижимаемый пружиной 3, перекрывает отверстие в диафрагме 1 и держит его закрытым до тех пор, пока в конце наката поршень не нажмет на стержень клапана и не откроет последний. Отверстие будет открыто до следующего выстрела, а пружина при этом сжата, что можно отнести к недостаткам данной конструкции. Кроме того, усложняется устройство компенсатора.

Использование плавающих поршней в компенсаторах, что обязательно для пружинных компенсаторов, хотя может быть применено и для пневматических, вызывает повышенное сопротивление трения в уплотнениях, искажение работы компенсатора. Во избежание вредного влияния инерционных свойств плавающего поршня и пружины применение пружинных компенсаторов целесообразно только при неподвижном цилиндре тормоза отката и движущемся в откат штоком.

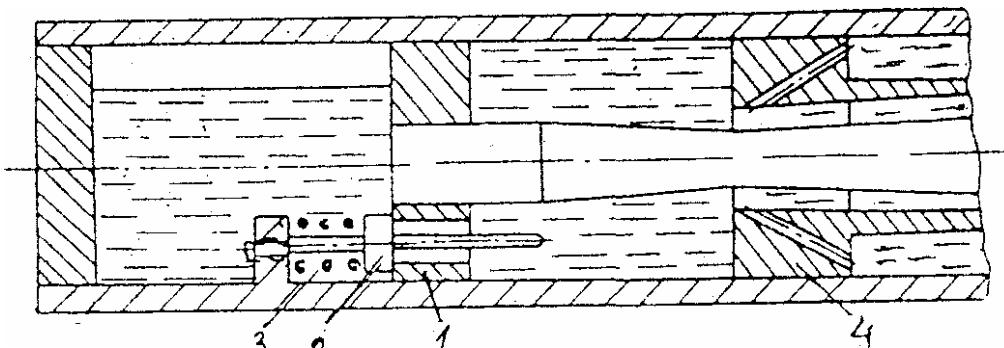


Рис. 3.41. Схема пневматического компенсатора с клапаном.

В пневматических компенсаторах следует предусматривать, чтобы отверстие для перехода жидкости в компенсатор при всех углах возвышения не позволяло попадания в него воздуха. Если в откат движутся поршень со штоком тормоза, то отверстие располагают в нижней части диафрагмы. Если же в откат идет цилиндр тормоза, то целесообразно применение наклонной трубки малого диаметра.

В рассмотренных схемах компенсаторов корпус компенсатора является продолжением цилиндра тормоза отката и отделяется от последнего только диафрагмой. Такая конструкция несколько увеличивает продольные размеры тормоза отката. Если это недопустимо, то можно применять компенсатор, отделенный от тормоза и соединенный с ним шлангом или металлической трубкой. Отдельный цилиндр компенсатора в этом случае может быть расположен произвольно относительно тормоза отката, что позволит компоновать его в меньших габаритах противооткатных устройств.

Основные характеристики тормозов отката некоторых артиллерийских орудий приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

### Характеристики некоторых тормозов отката

Орудие	Индекс	Длина отката, м	Объем жидкости, л	Диаметр поршня тормоза, мм	Диаметр штока, мм
57-мм противотанковая пушка	ЗИС-2	0,97-1,06	4,4	75	42
76-мм пушка	ЗНС-3	0,68-0,75	4,4	75	42
100-мм пушка	БС:-3	1-1,14	6,8	95	58
122-мм гаубица	М-30	1,065	10,0	110	50
122-мм гаубица	Д-30	0,79-0,93	10,3		
152-мм гаубица	Д-1	0,96-1,07	10,0	110	50
130-мм пушка	М-46	0,78 -1,25	28,7	170	98
280-мм мортира	Бр-5	1,3-1,4(дл) 0,83-0,85 (кор)	22,0	142	82
85-мм зенитная пушка	КС-1	0,95-1,15 (дл) 0,6-0,7 (кор)	7,1	85	40
122-мм пушка	М62-Т2	0,55	10,4	150	45
180-мм пушка	С-23	0,7-1,35	53	225	130

### 3.3.3. Газы и жидкости, применяемые в противооткатных устройствах

Нормальная работа противооткатных устройств во многом зависит от правильного выбора заполняющих их газа и жидкости.

Основные требования к применяемым газам:

газ и его примеси не должны вызывать коррозию металла и разрушение уплотнительных устройств, для чего газ следует обезвоживать и очищать от примесей твердых частиц;

неядовитость, негорючность и невзрывоопасность газа;

дешевизна производства газа и его недефицитность.

Указанным требованиям лучше других соответствует азот. Он инертен, широко распространен, однако уступает воздуху по экономическим характеристикам. В воздухе же содержится кислород, который способствует образованию коррозии, особенно при длительном хранении. В связи с этим обычно рекомендуют применять в военное время воздух, а в мирное - азот.

Заполнение цилиндров газом осуществляется или от баллонов, или от насосов. При применении баллонов или насосов высокого давления рекомендуется начальное давление в накатниках порядка 5... 10 МПа, при ручных насосах - 2... 5 МПа.

Жидкость, применяемая для заполнения противооткатных устройств, выполняет две функции: в тормозах отката она поглощает тепловую энергию, в которую переходит основная часть кинетической энергии откатных частей; в накатниках — служит для передачи давления и запирания газа. В соответствии с этим к жидкости

предъявляются следующие требования:

стабильность состава, вязкости и теплофизических свойств в широком диапазоне условий использования (температура от 213 К до 323 К, давление от 0 до 50 МПа), а также при длительном хранении;

низкая температура застывания (не выше 213 К) и высокая температура кипения (более 323 К);

негорючность и взрывобезопасность;

высокая теплоемкость;

химическая нейтральность к металлам и другим материалам в противооткатных устройствах;

дешевизна изготовления и наличие отечественного сырья.

В настоящее время наиболее употребительны такие жидкости, как веретенное масло АУ, стеол М, ПОЖ-70. Веретенное масло АУ является одной из фракций при перегонке нефти, это наиболее дешевая из применяемых жидкостей. Стеол М представляет собой смесь глицерина (46,3%), этилового спирта (20%), воды (32 %) и добавок хромовокислого калия и едкого натра для повышения устойчивости против окисления кислородом воздуха; производство стеола М гораздо дороже, чем производство веретенного масла АУ. Жидкость ПОЖ-70 на 90 % состоит из этиленгликоля, небольшого количества примесей (до 0,1 %) и воды, что делает ее более дешевой, чем стеол М. Морозостойкая жидкость АМГ-10 применяется в некоторых авиационных установках.

Основные характеристики некоторых жидкостей приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

### Основные характеристики жидкостей

Характеристика	Единица измерения	Веретенное масло АУ	Стеол М	ПОЖ-70	АМГ-10
Плотность	кг/дм <sup>3</sup>	0,89-0,90	1,09-1,10	1,09-1,10	~0,9
Температура застывания	°C	-45	-65	-70	-70
Температура кипения при атмосферном давлении	°C	350	90		90
Удельная теплоемкость	Дж/кг·град	1,8	2,9		
Коэффициент температурно-го объемного расширения	1/град	0,00069	0,00065		
Кинематическая вязкость при +50 °C	мг/с	1,06·10 <sup>-5</sup>	0,338·10 <sup>-5</sup>	0,22	1·10 <sup>-5</sup>
Изменение вязкости при изменении температуры от -30 °C до +80 °C	Во сколько раз	1000	200	300	150

#### 3.3.4. Уплотнения и вентили в противооткатных устройствах

Уплотнительные устройства, или уплотнения, предназначены для герметизации жидкости или газа в подвижных и неподвижных разъемных соединениях противооткатных устройств. К ним предъявляются следующие требования:

надежное запирание жидкости или газа во всех возможных диапазонах температур и давлений;

сохранение своих конструктивных и эксплуатационных характеристик в тече-

ние длительного времени при контакте с рабочими жидкостями и газами;  
отсутствие коррозии деталей и порчи жидкости в противооткатных устройствах:

малый коэффициент трения по стали, малый износ трущихся поверхностей, отсутствие надиров и царапин при монтаже и в процессе работы;

простота изготовления и сборки, возможность быстрой замены деталей.

Конструктивные особенности уплотнений зависят от типа соединений, в которых они применяются: неподвижные или подвижные соединения.

Для неподвижных соединений, как правило, применяют кольца из отожженной красной меди. Отжиг колец необходим для уменьшения твердости меди, что позволяет снизить требуемые усилия при завинчивании пробок (крышек). Удельное давление на кольцо во время сборки должно превосходить предел текучести меди, примерно равный  $80 \text{ МН/м}^2$ . На рис. 3.42 изображены различные варианты уплотнений для неподвижных соединений.

В варианте рис. 3.42, а медное кольцо 1 зажимается и деформируется между буртиком вставного дна 2 и цилиндром 3. На вставное дно давит затяжная пробка 4. При больших диаметрах цилиндров для облегчения сборки на вставное дно 2 (рис. 3.42, б) давит не затяжная пробка, а специальные нажимные винты 5, располагаемые по окружности (8... 12 винтов) и позволяющие обеспечить необходимую большую силу надавливания на кольцо. При относительно небольших диаметрах цилиндров вставное дно 2 и затяжная пробка 4 могут составлять одну деталь. В этом случае предъявляются повышенные требования к шероховатости поверхности буртика дна 2, соприкасающейся с кольцом 1.

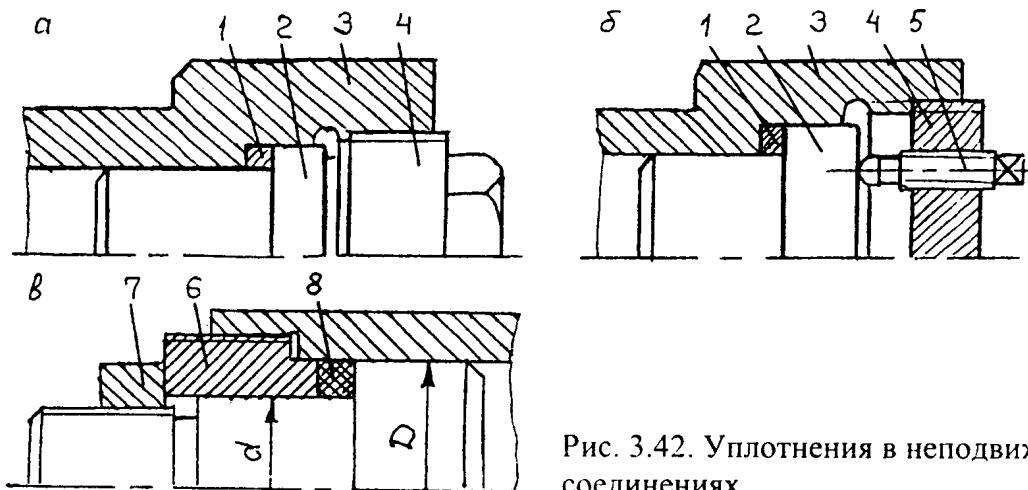


Рис. 3.42. Уплотнения в неподвижных соединениях

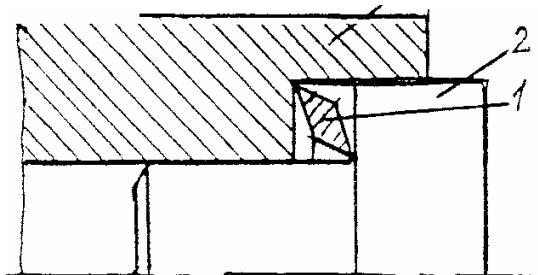


Рис. 3.43. Форма уплотнительного кольца:  
1 - кольцо; 2 - вставное дно, 3 – цилиндр.

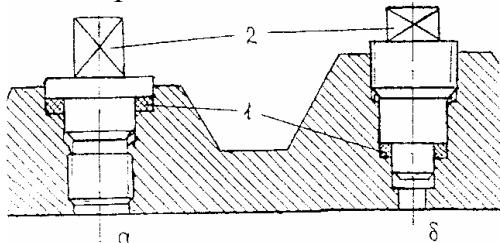
При повышении давления в цилиндре из-за упругих деформаций в соединениях дна с цилиндром в уплотнении уменьшается внутреннее напряжение, что может

привести к утечкам газа (жидкости). В этом отношении более надежным является уплотнение, приведенное на рис. 3.42, в. Конструкция вставного дна в виде грибовидного стержня обеспечивает автоматическое повышение напряжения в кольце 1, зажатом между буртиком дна (грибовидного стержня) и опорным кольцом 6, если будет повышаться давление внутри цилиндра. Предварительное поджатие кольца осуществляется гайкой 7, навинчиваемой на выступающий наружу конец вставного дна 2. Необходимое напряжение в кольце 8 обеспечивается за счет выбора диаметра  $D$  цилиндра и диаметра  $d$  вставного дна.

Для предотвращения возможных утечек газа (жидкости) из-за постепенной осадки колец рекомендуется периодическое их поджатие затяжной пробкой 4, нажимными винтами 5 или гайкой 7.

С целью облегчения деформации колец их можно изготавливать по форме, показанной на рис. 3.43. Острые углы кольца при сборке необходимо устанавливать в глухие выемки цилиндра и дна, как изображено на рисунке.

Кроме уплотнительных колец из отожженной красной меди в некоторых случаях применяют прокладки из специальной кожи или резины. Особенно часто это встречается при постановке пробок, варианты установки уплотнений под пробки показаны на рис. 3.44.



3.44. Постановка пробок.

В первом варианте (рис. 3.44, а) прокладка 1 уплотняется между выточкой в цилиндре и буртиком пробки 2. Из-за больших сил трения при закручивании пробки кольцо может проворачиваться и перекашиваться, что будет уменьшать надежность герметизации. Для лучшей работы уплотнения площадь кольца следует уменьшать. Такой вариант показан на рис. 3.44, б; кольцо поджимается не буртиком, а специальным уступом на пробке с гораздо меньшей площадью соприкосновения с кольцом. В этом случае несколько увеличиваются размеры уплотнительного устройства в осевом направлении.

Для уплотнения *подвижных соединений* применяются уплотнительные устройства следующих типов: сальниковые; воротниковые; кольцевые; уплотнения методом точной пригонки.

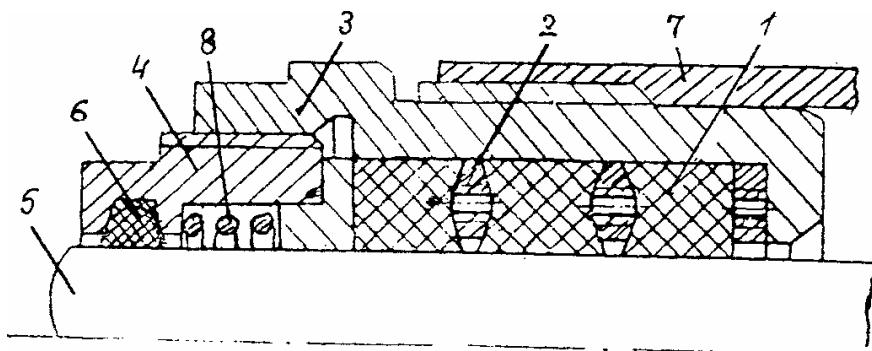


Рис. 3.45. Сальниковое уплотнение.

Работа *сальникового уплотнения* (рис. 3.45) основана на использовании упру-

го-пластических свойств сальниковой набивки 1, изготовленной из хлопчатобумажных или асbestosовых шнурков, пропитанных церезиновым составом и спрессованных при температуре  $\sim 350$  К. Для осуществления обтюрации сальниковая набивка может поджиматься пружиной 8; применяются также сальниковые уплотнения без пружины; тогда набивка прижимается гайкой 4. Между отдельными элементами набивки вставляются распорные кольца 2 ромбоидального или трапецидального сечения, что обеспечивает автоматическое перемещение материала набивки к уплотняемой поверхности штока 5. Все элементы сальникового уплотнения монтируются в корпусе 3 сальника, который соединен с цилиндром 7. С целью предохранения от попадания к набивке пыли и грязи в корпусе устанавливается войлочная уплотняющая прокладка 6. Для удобства извлечения распорных колец при разборке сальникового уплотнения в кольцах делаются резьбовые отверстия для рыма.

Давление в сальниковой набивке находится обычно в пределах 1,0...1,5 МПа. Этого вполне достаточно для надежного удерживания жидкости в тормозах отката до выстрела. При откате давление в тормозе резко повышается, сальниковое устройство при этом может пропускать жидкость. Для уменьшения протекания сальниковое устройство состоит из двух-трех секций набивки. Поскольку время действия повышенного давления в тормозе невелико (порядка 0,1с), то вынос жидкости незначителен. Техническими условиями для таких уплотнений допускается вынос 1 кубического сантиметра жидкости за один выстрел.

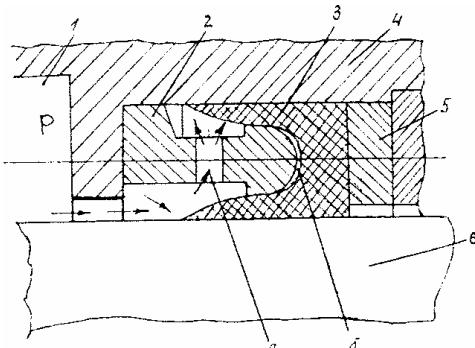


Рис. 3.46. Воротниковое уплотнение.

Общую длину сальниковой набивки принимают в зависимости от величины запираемого давления и диаметра уплотняемой поверхности. Приблизительно она равна:

$$I = (6 \dots 10) h, \quad (3.33)$$

где  $h$  - толщина сечения набивки.

Действие воротникового уплотнения показано на рис. 3.46 и основано на плотном прижатии рабочих кромок воротника 3 к уплотняемым поверхностям штока 6 и цилиндра 4 давлением жидкости, поступающей из полости 1 цилиндра. Для надежности действия воротникового уплотнения необходим подвод жидкости, находящейся под давлением  $P$ , к рабочим кромкам воротника, поэтому в подворотниковых кольцах 2 делаются специальные проходные отверстия  $a$ . Эффективность действия воротников будет лучше, если надворотниковое кольцо 5 обеспечит при сборке наличие зазора  $b$  порядка 0,5..2,0 мм; пережатый воротник работает хуже.

Воротники изготавливаются из кожи или маслостойкой и морозостойкой резины. На рис. 3.46 показан резиновый воротник с плоской поверхностью соприкосновения воротника с надворотниковым кольцом. При применении кожаных воротников в надворотниковых кольцах делается выемка, частично облегающая воротник

с наружной стороны. В настоящее время кожаные воротники применяются редко из-за их дороговизны и умения создавать специальные резины с необходимыми свойствами.

Воротниковые уплотнения могут применяться в комбинации с сальниковыми, что позволяет их использовать для тормозов отката, при этом утечки жидкости практически исключаются. Устройство уплотнений, состоящих только из воротников, применяются при наличии постоянно имеющегося в полости цилиндра давления, то есть в накатниках.

Принцип действия *кольцевых уплотнений* основан на деформации резинового кольца за счет его натяга. Примеры кольцевых уплотнений показаны на рис. 3.47.

Канавка для закладывания резиновых колец изготавливается или прямоугольной, или трапецидальной. Размеры канавки и кольца назначаются такими, чтобы при сборке по поверхностям уплотняемых деталей образовывался некоторый натяг. Слишком большой натяг приводит к увеличенному трению в подвижном соединении, к остаточным деформациям кольца и его повышенному износу, а слишком малый натяг может приводить к утечкам.

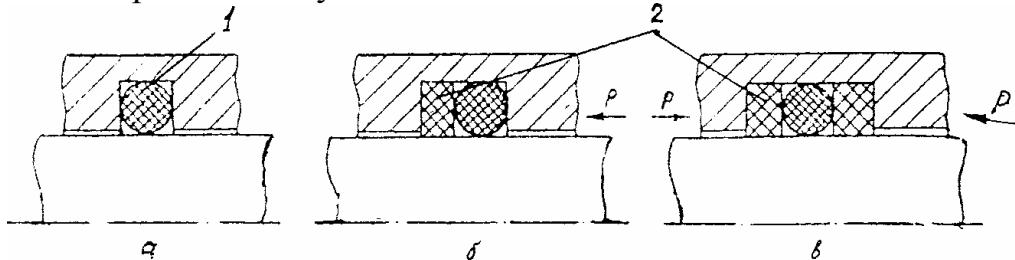
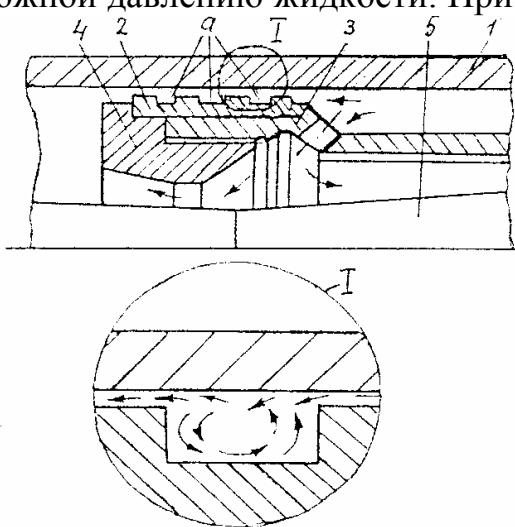


Рис. 3.47. Кольцевые уплотнения:  
1 - резиновое кольцо; 2 - защитная шайба.

Во избежание выдавливания в процессе работы таких уплотнений через имеющиеся зазоры в подвижных соединениях, в канавки для колец устанавливают фторопластовые защитные шайбы. Шайба устанавливается со стороны, противоположной давлению жидкости. При давлении с двух сторон устанавливаются две шайбы. В зависимости от диаметра уплотняемой поверхности толщину защитной шайбы принимают в пределах 1,5...3,0 мм. Применение защитных шайб в кольцевых уплотнениях позволяет применять последние при давлениях до 35 МПа.



Для обеспечения надежной работы кольцевых уплотнений рабочие поверхности цилиндров и штоков должны иметь шероховатость не более 0,8 мкм, а для поверхностей канавок - не более 6,3 мкм.

Рис. 3.48. Уплотнение методом точной пригонки.

Достоинством кольцевых уплотнений является простота устройства, сборки и ремонта.

*Уплотнения методом точной пригонки* широко применяются в артиллерий-

ской технике, особенно в тех случаях, когда утечка жидкости через такое уплотнение допускается, но она должна быть в минимальных объемах. Пример такого уплотнения показан на рис. 3.48.

Принцип работы уплотнения заключается в следующем. При движении штока 3 относительно цилиндра 1 жидкость из полости высокого давления протекает через окно *a* и зазор между регулирующим кольцом 4 и веретеном 5 в полость низкого давления.

Часть жидкости при этом пропрызгивается через зазор между рубашкой 2 поршня и цилиндром. Для уменьшения расхода через этот зазор в рубашке поршня делаются кольцевые канавки (обычно 3-5), которые образуют несколько расширительных камер. Попадая в такую камеру, струя расширяется, жидкость теряет свою скорость, появляется турбулентное перемешивание ее массы и существенное повышение сопротивления движению жидкости. Для улучшения уплотняющей способности такого лабиринтного уплотнения кромки канавок следует выполнять острыми, без скруглений. Число и размеры расширительных камер обычно устанавливаются опытным путем. Для уменьшения трения рубашка поршня изготавливается из бронзы с гарантированным зазором между рубашкой и цилиндром порядка 0,2...0,3 мм.

Специфичными видами уплотнений являются *вентильные устройства*, применяемые в накатниках. Они позволяют заполнять накатник жидкостью и газом и периодически проверять в нем давление. Варианты вентильных устройств показаны на рис. 3.49, *a*.

Отверстие, перекрытое вентилем 1, через трубку 7 сообщается с жидкостью, находящейся под давлением газа в накатнике. Запирание жидкости осуществляется плотным прижатием притертой конической поверхности вентиля к седловине отверстия. Вентиль уплотнен сальником 3, который поджимается гайкой 4, фиксирующейся контргайкой 5. Оба гнезда вентиля от попадания пыли и грязи, а также от случайных воздействий на вентиль, закрываются крышками 6.

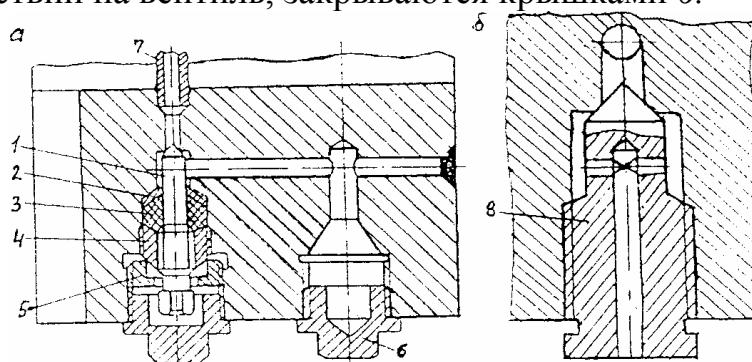


Рис. 3.49. Вентильные устройства.

При проверке давления в накатнике или пополнении его газом сначала вывинчиваются крышки, затем в свободное гнездо ввинчивается манометр или соединительный тройник к газовому баллону, компрессору или насосу. После этого вывинчивается на 1...2 оборота вентиль, что дает возможность открыть канал для сообщения внутренней полости накатника с баллоном (компрессором, насосом). Перемещение вентиля для безопасности должно быть медленным, с этой целью резьба на вентиле выполняется мелкой (1М), что также способствует уменьшению габаритов вентильного устройства. Для обеспечения поверхностной твердости вентиля и изно-

соустойчивости контактного участка вентиль закаливается.

Вентиль, показанный на рис. 3.49, б, применяется в аварийных случаях для обеспечения безопасной разборки вентильного устройства. Аварийный вентиль 8 имеет внутри продольный осевой канал, соединенный с радиальным отверстием диаметром порядка 1 мм. При вывинчивании такого вентиля на 1...2 оборота газ (жидкость) выпускается в атмосферу.

Способы заполнения противооткатных устройств жидкостью и газом зависят от конструктивных особенностей тормоза отката и накатника. Однако при любом способе должны соблюдаться общие правила: тормоз отката заполняется жидкостью при полностью ввинутом внутрь цилиндра штоке; при заполнении тормоза жидкостью необходимо обеспечить выход воздуха из всех полостей тормоза; в накатниках заполнение жидкостью должно предшествовать заполнению газом.

Конструкции тормоза отката и накатника должны обеспечивать надежное опорожнение их и добавление жидкости и газа без демонтажа с орудия, а также возможность контроля количества жидкости и давления газа в процессе эксплуатации.

Для надежного выхода воздуха из тормоза отката при заполнении его жидкостью обычно делается два отверстия, одно из которых (для выхода воздуха) при заполнении должно находиться в наивысшей точке полости тормоза. Для слива жидкости в нижней точке тормоза имеется еще одно отверстие. Все отверстия должны иметь пробки с уплотнениями, обеспечивающими отсутствие утечек жидкости. Отверстия в цилиндре должны располагаться в нерабочей полости между дном цилиндра и полностью ввинутом поршне. Заполнение жидкости прекращается, когда она начинает вытекать из отверстия, через которое выходит воздух.

Нормальная работа накатника зависит от количества газа в нем, то есть от его энергоемкости, что позволяет обеспечить заданный закон изменения усилия накатника в зависимости от пути отката и наката. Количество газа измеряется косвенно, путем контроля количества жидкости в накатнике. Способы такого контроля зависят от конструкции накатника и подробно описываются в руководствах службы для конкретных орудий.

### 3.4. ВЕРХНИЕ СТАНКИ

Основное значение верхних станков - служить опорой для качающейся части орудия и обеспечивать возможность наведения его в вертикальной плоскости. Вместе с качающейся частью верхний станок образует врачающуюся часть, которая должна опираться на нижний станок. Это предопределяет наличие в верхнем станке необходимых агрегатов и устройств. Типичный верхний станок показан на рис. 3.50.

Между щеками 1 размещается качающаяся часть, опирающаяся своими цапфами на цапфенные гнезда *a* и удерживается в них специальными наметками. Расстояние между щеками определяется габаритами качающейся части, а высота их - возможностью вращения качающейся части в пределах необходимого угла возвышения.

Для повышения прочности и жесткости элементы станка усиливаются ребрами и связями. Станок обычно имеет несколько кронштейнов для крепления к нему различных механизмов и устройств (уравновешивающего механизма, прицельного

устройства, щитового прикрытия и т. п.). Кронштейны могут быть отлиты вместе с верхним станком, приварены к нему или прикреплены с помощью болтов и гаек.

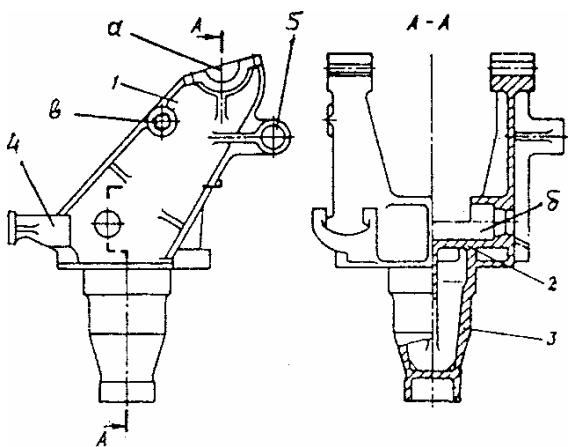


Рис. 3.50. Верхний станок с длинным штырем:

*a* - гнездо под цапфу; *b* - гнездо для коренного вала; *v* - отверстие для крепления щитового прикрытия; 1 - щеки; 2 - основание; 3 - штырь; 4 - кронштейн уравновешивающего механизма; 5 - кронштейн прицельного устройства.

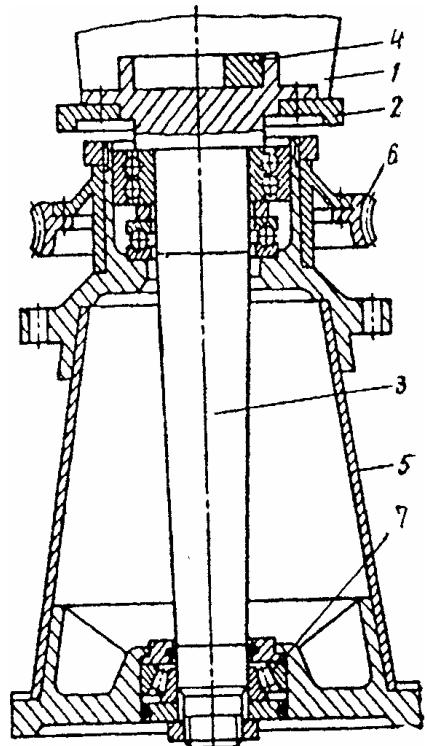


Рис. 3.51. Тумбовая установка:

1 - щеки; 2 - основание; 3 - штырь; 4 - клинья; 5 - тумба; 6 - червячное колесо поворотного механизма; 7 - опорное устройство.

Показанный на рис. 3.50 верхний станок имеет длинный штырь для соединения с нижним станком, что обеспечивает малый угол качания его относительно нижнего станка. Разновидностью такого станка является тумбовая установка, применяемая в зенитных орудиях (рис. 3.51). Установка позволяет вести круговой обстрел. В отличие от представленного на рис. 3.50 литого верхнего станка эта установка является сборной. Для обеспечения прочного и неподвижного соединения в пазы штыря 3 и основания 2 вкладываются клинья 4.

Верхние станки с длинным штырем имеют существенный недостаток: увеличенная высота линии огня. В связи с этим их применение в современных полевых орудиях нецелесообразно. На рис. 3.52 показан верхний станок с коротким штырем, что позволяет значительно уменьшить высоту линии огня.

Для предотвращения выворачивания верхнего станка при действии силы отдачи из-за малой длины штыря применяют передний захват 3, зацепляющийся за соответствующую дугообразную площадку на нижнем станке 6. Рядом с захватом находится стопор 7 крепления верхнего станка в походном положении. На внутренней стенке щеки 1 может находиться кулиса 8 механизма регулирования длины отката в зависимости от угла возвышения. Тарельчатые пружины 5 воздействуют на верхний станок и способствуют образованию зазора между верхним и нижним станками, что уменьшает силы трения при наведении вращающейся части поворотным механизмом. В процессе выстрела пружины сжимаются, зазор выбирается, и верхний станок плотно прилегает к нижнему. Подобные верхние станки с короткими штырями применяются во многих современных полевых орудиях.

Верхние станки танковых и самоходных орудий имеют существенные отличия от приведенных выше. Один из вариантов размещения в башне танка приведен на

рис. 3.53.

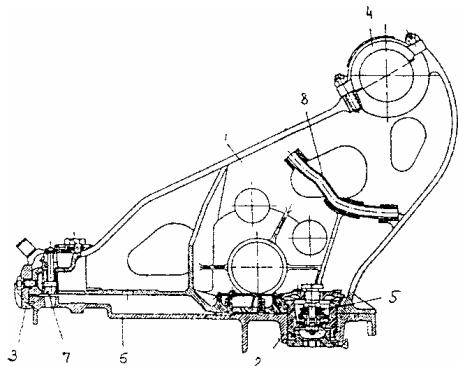


Рис. 3.52. Верхний станок с коротким штырем:  
1 щека; 2 - штырь; 3 - передний захват; 4 - наметка; 5 - тарельчатые пружины; 6 - нижний станок; 7 - стопор; 8 - кулиса

1 щека: 2 - штырь; 3 - передний захват; 4 - наметка; 5 - тарельчатые пружины; 6 - нижний станок; 7 - стопор; 8 - кулиса

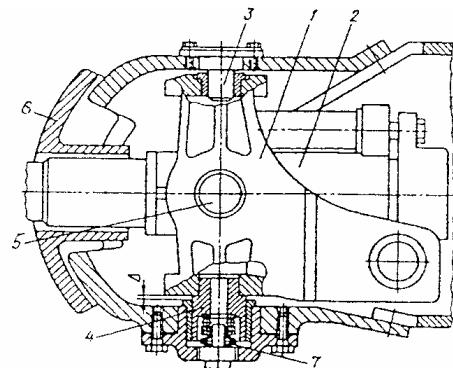


Рис. 3.53. Шарнирная рамка:  
1 рамка; 2 - качающаяся часть; 3, 4 - верхняя  
и нижняя вертикальные цапфы; 5 горизонтальная  
цапфа; 6 - маска; 7- пружинная опора

Шарнирная рамка 1 представляет собой замкнутую конструкцию, к которой прикреплены или приварены кронштейны поворотного или подъемного механизмов. Качающаяся часть 2 при наведении в вертикальной плоскости поворачивается вокруг горизонтальных цапф 5, прикрепленных к боковым стенкам рамки. Поворот ствола вместе с рамкой в горизонтальной плоскости осуществляется относительно вертикальных цапф 3 и 4, соединяющих шарнирную рамку с корпусом машины. Нижняя цапфа 4 для создания зазора  $\Delta$  и уменьшения сил трения при наведении опирается на пружинную опору 7.

Для уменьшения сил трения в соединении верхнего станка с нижним применяют подшипники трения или качения. В башенных, зенитных и танковых орудиях чаще всего используют опорно-поворотные устройства, схемы которых приведены на рис. 3.54.

Вертикальные нагрузки воспринимаются шарами (чаще всего) или роликами, перекатывающимися по беговым дорожкам (погонам) верхнего и нижнего станка. При наличии коротких штырей и значительных опрокидывающих моментов возможна потеря устойчивости врачающейся части относительно нижнего станка. Для предотвращения таких случаев в верхних станках предусматриваются специальные подхваты, опирающиеся на плоские поверхности нижних станков (рис. 3.54, а) или шары (рис. 3.54, б). Двухрядный шаровой погон позволяет существенно уменьшить момент трения, облегчить работу привода горизонтального наведения.

В некоторых башенных и зенитных орудиях используют универсальные шаровые сочленения, воспринимающие все виды нагрузок со стороны верхнего станка. Форма направляющих поверхностей погонов бывает ромбической и сферической (рис. 3.54, в и 3.54, г). Контакт шаров с беговыми дорожками происходит по окружностям разных диаметров, поэтому сопротивление при горизонтальном наведении в орудиях с универсальными шаровыми сочленениями будет больше, чем при применении устройств с коротким штырем и подхватами. Однако преимуществами универсальных сочленений являются простота конструкции и компактность.

Способ соединения верхнего станка с нижним зависит от величины углов горизонтального наведения, условий обеспечения необходимой скорости наведения, легкости и плавности наведения и кучности стрельбы.

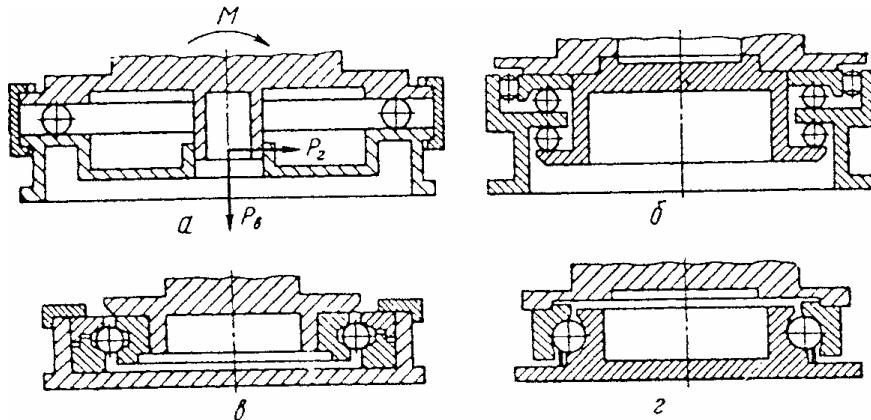


Рис. 3.54. Опорно-поворотные устройства.

В случае ограничения углов горизонтального наведения к верхнему станку обычно привариваются специальные упоры, взаимодействующие с аналогичными ограничениями на нижнем станке.

Необходимая скорость наведения обеспечивается устройством механизмов наведения, а на верхнем станке должны быть площадки для соответствующих приводов наведения.

На легкость и плавность наведения существенное влияние оказывает статический момент сопротивления горизонтальному наведению, который зависит от конструкции опорных устройств между верхним и нижним станками. С целью уменьшения момента сопротивления в опорных устройствах имеются пружины, позволяющие создать между верхним и нижним станками небольшой зазор порядка 0,2...0,5 мм, который выбирается при выстреле. Легкость наведения для механизма ручного наведения определяется усилием на рукоятке соответствующего маховика. В орудиях с механическим приводом оценкой легкости наведения считают мощность, затрачиваемую на наводку.

С точки зрения кучности стрельбы необходимо постоянство направления реакций со стороны нижнего станка на верхний.

До выстрела направление реакций и их величина зависят от расположения центра массы вращающейся части относительно оси вращения. Наименьшими они будут при нахождении центра массы на оси вращения, однако практически выполнить такую конструкцию невозможно. При расположении центра массы вращающейся части за осью вращения (рис. 3.55, а) направление реакций не будет менять знак в процессе выстрела. Возникающие при выстреле дополнительные составляющие реакций из-за действия момента  $M$  и силы отдачи  $R$  будут лишь увеличивать эти реакции. Для их уменьшения расположение центра массы вращающейся части должно быть возможно ближе к оси вращения.

При расположении центра массы спереди от оси вращения (рис. 3.55, б) направление реакций до выстрела будет иным. Для исключения знакопеременности реакций и качания верхнего станка относительно нижнего в процессе выстрела центр массы необходимо выносить далеко вперед, ибо надо учесть не только появление момента  $M$  и силы отдачи  $R$ , но и уменьшение плеча действия силы тяжести из-за отката откатных частей. В этих случаях для уменьшения усилий наведения необходима установка станка. Кроме того, наличие катка может обеспечить направление реакций со стороны нижнего станка на верхний по схеме, показанной на

рис.3.55, а.

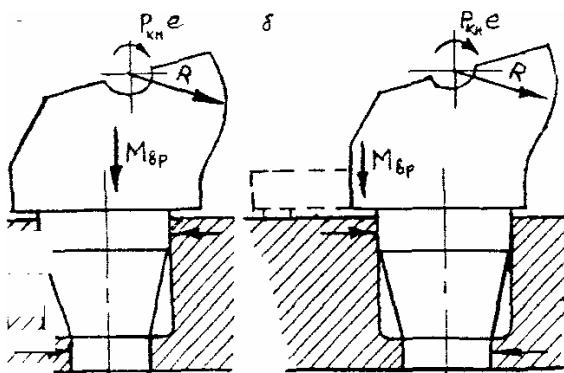


Рис. 3.55. К определению положения центра массы вращающейся части:  
а – центр массы позади оси вращения;  
б – центр массы впереди оси вращения.

Цапфы люлек соединяются со щеками верхних станков через специальные устройства, называемые подцапфенниками.

В полевых орудиях, предназначенных для стрельбы по наземным целям и установленных на неподвижных основаниях, применяют в основном подцапфенники скольжения. Один из них показан на рис. 3.56.

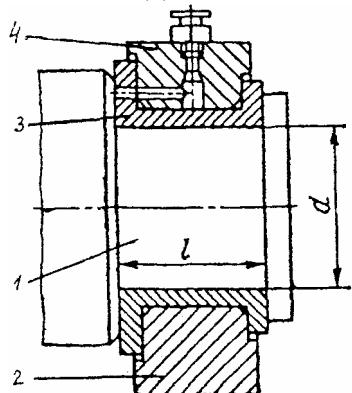


Рис. 3.56. Подцапфенник скольжения:  
1 - цапфа; 2- щека верхнего станка; 3  
вкладыши; 4 – наметка.

Длину опорных поверхностей вкладышей 3 выбирают в пределах  $0,8 \dots 1,5 d$ . При меньших длинах существенно возрастает удельное давление в опоре, что может приводить к повышенному износу вкладышей и к увеличению усилий на маховике подъемного механизма. Увеличение длины опоры приводит к повышенной чувствительности цапф к перекосам в соединении.

При наличии сравнительно больших осевых усилий применяются комбинированные устройства, в которых радиальные усилия воспринимаются роликовыми подшипниками, а осевые – упорными шариковыми. Такой подцапфенник показан на рис. 3.57. Часто опорой цапф являются игольчатые подшипники с тонкими и длинными ( $5 \dots 10 d$ ) роликами-иглами, не имеющими сепараторов. Большое количество игл в подшипнике увеличивает поверхность контакта, что позволяет получить более равномерную нагрузку, чем при роликовых и тем более шариковых подшипниках. Кроме того, игольчатые подшипники имеют больший зазор между иглами и беговыми дорожками колец. В результате таких особенностей игольчатых подшипников они обеспечивают небольшой момент от сил трения при вертикальной наводке орудия, имея при этом меньшие удельные давления на опоры.

В артиллерийских установках крупного калибра, при больших усилиях, действующих на цапфы во время выстрела, необходимо увеличивать размеры опор качения. Во избежание этого применяют подцапфенники, показанные на рис. 3.58.

Сила тяжести качающейся части при наведении воспринимается подшипником качения 1, насаженным на более тонкую часть цапфы 5, при этом утолщенная часть цапфы из-за наличия зазора  $\delta$  (0,1 ...0,15 мм) не контактирует с подшипником скольжения 4. При выстреле тарельчатые пружины 3 сжимаются, зазор  $\delta$  выбирается, цапфа опирается на подшипник скольжения, имеющий возможность воспринять удельные давления гораздо больше, нежели подшипники качения.

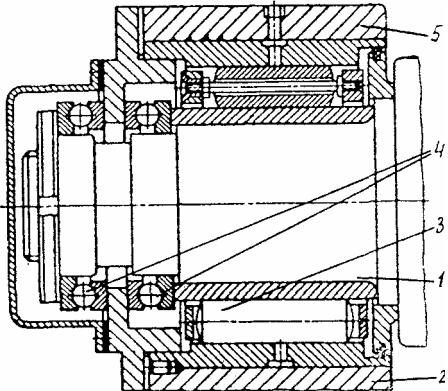


Рис. 3.57. Подцапфенник качения:  
1 - цапфа; 2 - щека; 3 - роликовый подшипник; 4 - упорные подшипники; 5 - наметка.

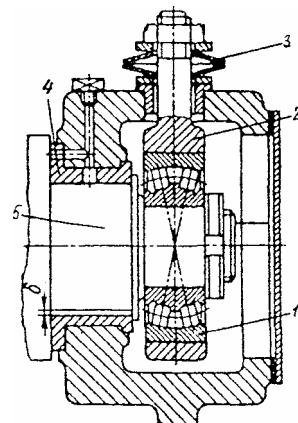


Рис. 3.58. Подрессорный подцапфенник: 1-подшипник качения; 2 – обойма; 3 - тарельчатые пружины; 4 - подшипник скольжения; 5 - ступенчатая цапфа.

Наметки подцапфенников обычно крепятся к верхнему станку болтами или шпильками. Для разгрузки крепежных деталей от поперечных нагрузокстык наметки и верхнего станка выполняют с уступом.

### 3.5. УРАВНОВЕШИВАЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ

#### 3.5.1. Способы уравновешивания качающейся части орудия

Различают два способа уравновешивания качающейся части: грузовое и с помощью компенсаторов, то есть уравновешивающих механизмов.

При грузовом уравновешивании искусственно утяжеляют казенную часть ствола или задний конец люльки. Если исходить из условия прочности деталей затвора, то казенник должен иметь массу примерно 17...22 % от массы ствола. Однако реально масса казенника у корабельных орудий составляет до 55%, а у танковых и самоходных орудий - до 35% от массы ствола. Таким образом, применение грузового уравновешивания связано с увеличением массы орудия, что является его основным недостатком.

В буксируемых и самоходных артиллерийских орудиях, к которым предъявляются жесткие требования в отношении массы и маневренности, применяют уравновешивающие механизмы, которые представляют собой механизмы с упругим элементом между верхним станком и качающейся частью. В качестве упругого элемента используют либо предварительно поджатую пружину, либо сжатый газ (воздух или азот). Соответственно различают пружинные, пневматические и пневмоп-

ружинные уравновешивающие механизмы. В зависимости от направления действия на качающуюся часть выделяют уравновешивающие механизмы толкающего и тягущего типов.

Уравновешивающий механизм представляет собой устройство для компенсирования момента веса качающейся части орудия. Применение уравновешивающих механизмов позволяет разгрузить привод вертикальной наводки от действия момента силы тяжести качающейся части. Момент веса возникает по той причине, что центр тяжести качающейся части смешен относительно оси цапф:

$$M_e = Q_e l_e \cos(\varphi \pm \alpha), \quad (3.34)$$

где  $Q_e$  - сила тяжести качающейся части;

$l_e$  - расстояние от центра тяжести качающейся части до оси цапф орудия;

$\varphi$  - угол возвышения орудия;

$\alpha$  - угол, составленный радиусом от оси цапф до центра тяжести качающейся части орудия с направлением оси канала ствола (рис. 3.59).

Из вышеприведенного выражения следует, что: момент веса всегда изменяется по закону косинуса; максимальный момент веса равен  $M_e \max = Q_e l_e$  при  $\varphi \pm \alpha = 0$ , т. е. момент веса принимает максимальное значение при таком угле возвышения качающейся части, когда ее центр тяжести находится на одном горизонте с осью цапф.

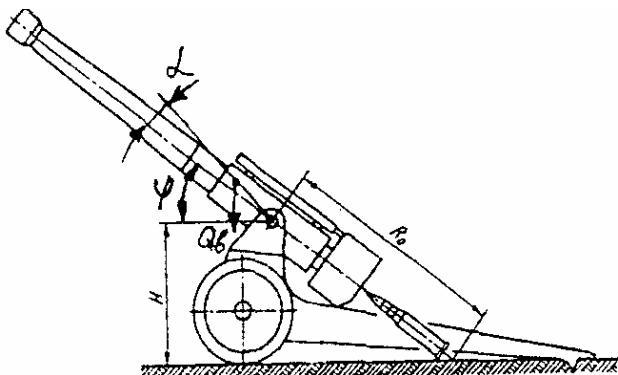


Рис. 3.59. К определению момента веса качающейся части орудия.

Компенсирование осуществляется уравновешивающим механизмом путем создания момента  $M_y$ , направленного в противоположную сторону. Поэтому моменты  $M_e$  и  $M_y$  имеют различные знаки (рис. 3.60). Обычно считают весовой момент положительным, а момент компенсатора (уравновешивающего механизма) отрицательным. Для удобства их изображают на диаграмме по одну сторону от оси абсцисс, как показано на рис. 3.61.

Разница между абсолютными значениями  $M_e$  и  $M_y$  называется моментом неуравновешенности:

$$\Delta M = |M_e| - |M_y|. \quad (3.35)$$

Рассмотрим различные варианты диаграмм неуравновешенности качающейся части орудия (рис. 3.62). При рассмотрении диаграмм под моментом неуравновешенности  $\Delta M$  понимается теоретическая неуравновешенность, определенная без учета потерь на трение и влияния веса самого механизма. Следует заметить, что для артиллерийских орудий вес выстрела (снаряда и заряда) в несколько десятков раз меньше веса качающейся части, поэтому моменты веса заряженного и незаряженного орудия мало отличаются друг от друга, и этой разницей пренебрегают.

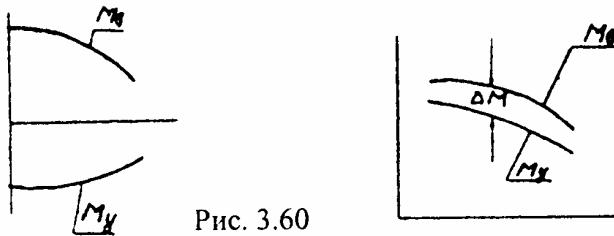


Рис. 3.60

Рис. 3.61. Изменение величины момента веса и момента уравновешивающего механизма от угла возвышения

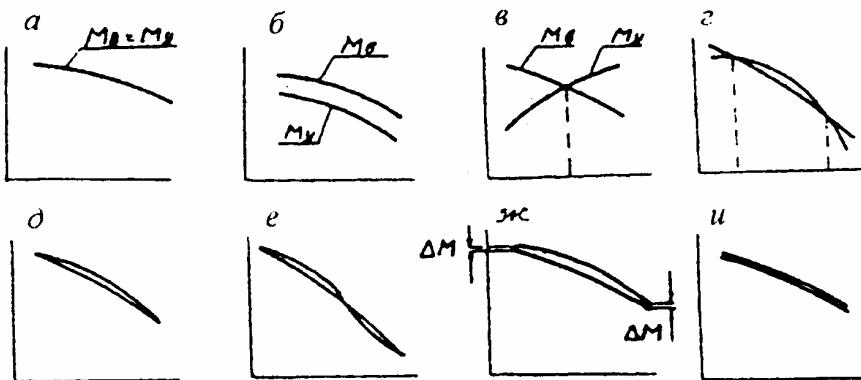


Рис. 3.62. Возможные схемы неуравновешенности

На рис. 3.62, *a* изображен случай, когда на всем диапазоне углов вертикального наведения  $M_v = M_y$  и момент неуравновешенности  $\Delta M = 0$ . Это случай полного уравновешивания.

При постоянном перевесе дульной части на всем диапазоне углов наводки (рис. 3.62, *b*) момент веса  $M_v$  больше момента компенсатора  $M_y$  и, следовательно,  $\Delta M > 0$ .

Диаграмма на рис. 3.62, *c* соответствует случаю, когда момент неуравновешенности  $\Delta M$  меняет знак, то есть на одном промежутке углов наводки имеет место перевес казенной части, а на другом -перевес дульной части. Это приводит к тому, что при наведении в момент перехода ( $\Delta M = 0$ ) все люфты в механизме вертикального наведения, выбранные в одну сторону, теперь выбираются в другую сторону и происходит самопроизвольный разворот качающейся части на величину углового люфта.

На рис. 3.62, *г* и 3.62, *д* представлены схемы с уравновешиванием в двух точках, то есть когда при двух углах возвышения  $\Delta M = 0$ . Абсолютная величина момента неуравновешенности в схеме 3.62, *д* больше, чем в схеме 3.62, *г*, однако при наведении системы с компенсатором, выполненным по схеме 3.62, *г*, знак момента  $\Delta M$ , а, следовательно, и направление перевеса качающейся части дважды изменяется. Схема 3.62, *д* свободна от этого недостатка, но вследствие разброса в величинах  $M_v$  и  $M_y$ , она фактически может превратиться в схему 3.62, *г*.

В схеме 3.62, *е* кривые  $M_v$  и  $M_y$  пересекаются в трех точках - при минимальном, максимальном и на одном из промежуточных углов возвышения. Указанная диаграмма носит название схемы уравновешивания в трех точках. Она дает меньшую величину момента неуравновешенности, но обладает тем же недостатком, что и схема 3.62, *г*. Если перемена знака момента неуравновешенности  $\Delta M$  в процессе наводки орудия нежелательна, то можно уменьшить величину  $M_y$ , как показано на рис. 3.62, *ж*. По этой же причине вместо диаграммы 3.62, *а*, лучше принять диаграмму 3.62, *и*, которая обеспечивает гарантированный перевес дульной части на

всех углах возвышения.

При выборе той или иной схемы руководствуются тем, какой из факторов является наиболее важным - получение наименьшей абсолютной величины момента неуравновешенности или постоянство знака этого момента на всем диапазоне углов вертикального наведения.

### 3.5.2. Типы уравновешивающих механизмов

*Уравновешивающие механизмы толкающего типа.* Схема уравновешивания качающейся части механизмом толкающего типа приведена на рис. 3.63.

Уравновешивающий механизм шарнирно соединен одним концом (точка  $A$ ) с люлькой, а другим (точка  $B$ ) - с верхним станком. В результате действия силы упругого тела  $P$  на плече  $h$  относительно оси цапф появляется момент  $M_y = Ph$ , направленный навстречу моменту силы тяжести. При повороте качающейся части центр  $A$  перемещается по дуге окружности радиуса  $r$  с центром в точке  $O$  (ось цапф). В результате меняется плечо  $h$  и расстояние между шарнирными опорами механизма  $AO$ , от которого зависит величина  $P$ .

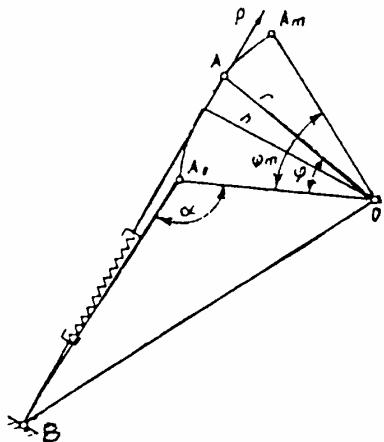


Рис. 3.63. Схема уравновешивания механизма толкающего типа

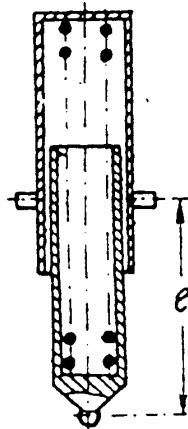


Рис. 3.64. Схема пружинного уравновешивающего механизма толкающего типа

Рассмотрим конструкции основных типов механизмов. Пружинный уравновешивающий механизм толкающего типа (рис. 3.64) представляет собой колонку, в которой между внутренним цилиндром (штоком) и наружным цилиндром размещена цилиндрическая винтовая пружина круглого или прямоугольного поперечного сечения. Внутренний цилиндр опирается на сферический подпятник, расположенный на верхнем станке, а наружный цилиндр - шарнирно соединяется с люлькой. Надо иметь в виду, что расстояние между неподвижным и подвижным шарнирами может быть меньше высоты пружины, что видно на рис. 3.64. Пружина часто состоит из нескольких секций. Соседние секции имеют разное направление витков и разделены промежуточными шайбами. Это упрощает изготовление пружины, способствует обеспечению продольной устойчивости и уменьшает закручивание от моментов трения, появляющихся на опорных торцевых поверхностях. Поперечное перемещение витков пружины ограничивается цилиндром или штоком.

Если момент от силы уравновешивающего механизма действует не только в плоскости стрельбы, то возникают моменты от силы уравновешивающего механизма, разворачивающие качающуюся часть в плоскости оси цапф люльки. В связи с

этим, а также для удобства компоновки обычно на орудии устанавливают две колонки, расположенные симметрично по отношению к плоскости стрельбы.

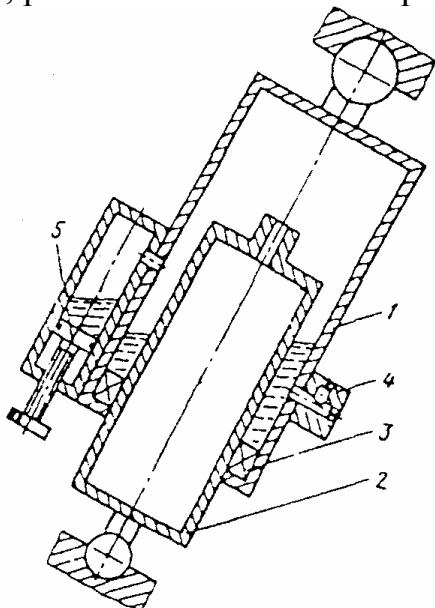


Рис. 3.65. Схема пневматического уравновешивающего механизма толкающего типа.

Заметим, что механизмы толкающего типа не обеспечивают полного уравновешивания в заданном диапазоне углов возвышения. Для достижения наиболее высокой точности уравновешивания и максимального сокращения массы пружины необходимо механизм расположить так на орудии, чтобы его неподвижный шарнир  $B$  (рис. 3.63) находился на линии, проходящей через точки  $A_0$  и  $A_m$  которые соответствуют положениям подвижного шарнира при нулевом и наибольшем углах возвышения. Выполнение указанного условия позволяет добиться полного уравновешивания в трех точках - на границах диапазона углов возвышения и при некотором промежуточном значении угла  $\varphi$  (рис. 3.62, e).

Пневматический уравновешивающий механизм толкающего типа приведен на рис. 3.65. Как и пружинный механизм, он имеет вид колонки, концы которой шарнирно связаны с верхним станком и люлькой. Между цилиндром 1 и поршнем 2 находится сжатый воздух или азот. Для уменьшения размеров механизма поршень делается пустотелым с учетом определенного объема газа, установленного расчетным путем. При повороте качающейся части происходит политропическое изменение состояния газа в колонке. В месте подвижного сочленения поршня и цилиндра размещается уплотняющее устройство 3. Во избежание утечек газа из колонки доступ его к уплотняющему устройству перекрывается жидкостью (стеолом или веретенным маслом), заливаемой в цилиндр. Для наполнения колонки жидкостью и газом предусматривается вентильное устройство 4. Объем и давление газа устанавливаются из расчета полного уравновешивания качающейся части в трех точках (рис. 3.62, e), как и для пружинного механизма.

Теоретически достижимая точность пружинного и пневматического уравновешивающих механизмов толкающего типа примерно одинакова. Пневматические механизмы легче и компактнее пружинных. Однако им присущи следующие недостатки:

давление газа в колонке зависит от температуры окружающей среды, что отрицательно влияет на точность уравновешивания и обуславливает необходимость частой регулировки механизма;

в уплотняющих устройствах действуют сравнительно большие силы трения,

которые не могут быть уравновешены при повороте качающейся части в разных направлениях и потому нагружают привод вертикальной наводки;

пневматические механизмы менее надежны в эксплуатации;

с помощью пневматического механизма можно добиться высокой точности уравновешивания в сравнительно малом интервале заданного диапазона углов возвышения, но тогда в остальном интервале (интервалах) неуравновешенность окажется слишком большой.

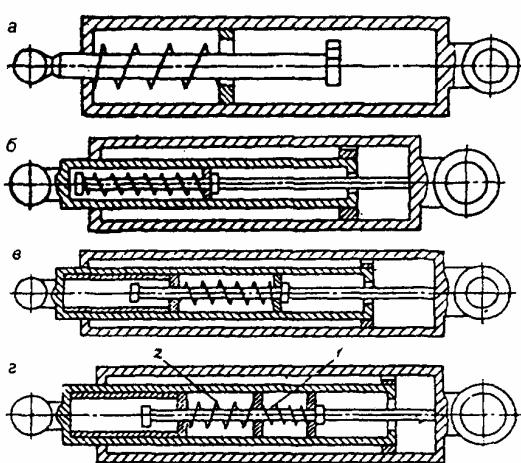


Рис. 3.66. Схемы пневмопружинных уравновешивающих механизмов

Пневмопружинные механизмы имеют более сложную конструкцию по сравнению с пружинными и пневматическими механизмами. По конструкции они представляют собой пневматические механизмы, в которые введены одна или две пружины, вступающие в работу при тех углах возвышения, при которых неуравновешенность наиболее велика. Здесь наличие пружин уменьшает неуравновешенность. В большинстве случаев удовлетворительный результат достигается с помощью одной контрпружины, которая сжимается только в интервале больших углов возвышения. Контрпружина размещается в цилиндре (рис. 3.66, а) или полом штоке (рис. 3.66, б).

Соответствующими конструктивными решениями можно обеспечить работу одной и той же пружины в начале и в конце диапазона углов возвышения (рис. 3.66, в). При помощи пружины сначала увеличивается усилие, создаваемое газом, а потом уменьшается. Для лучшей корректировки диаграммы изменения усилия пневматического механизма  $P = f(\varphi)$  иногда приходится ставить две пружины (рис. 3.66, г). В интервале небольших углов возвышения действует в основном пружина малой жесткости 2, тогда как пружина большой жесткости 1 почти не работает. В среднем интервале диапазона углов возвышения пружины выключаются, а затем частично компенсируют действие сжатого газа.

Типы уравновешивающих механизмов современных артиллерийских орудий приведены в табл. 3.3.

Уравновешивающие механизмы толкающего типа не позволяют добиться полной компенсации момента веса качающейся части на всех углах возвышения. Этот недостаток проявляется тем сильнее, чем шире диапазон углов возвышения и больше моменты силы тяжести. Кроме того, при уравновешивании значительных по величине моментов веса качающейся части возникают трудности размещения таких механизмов на орудии.

*Уравновешивающие механизмы тянувшего типа* действуют на задний конец люльки при помощи тягового звена (штока, цепи или троса). Обычно такие механизмы используют для зенитных и тяжелых орудий.

Наибольшее распространение получили пружинные механизмы, позволяющие добиться теоретически полного уравновешивания во всем диапазоне углов поворота качающейся части. Колонка с цилиндрической винтовой пружиной размещается на верхнем станке неподвижно или таким образом, что имеет возможность качаться в вертикальной плоскости.

Таблица 3.3

Орудие	Калибр, мм	Тип	Кол-во механизмов на орудии	Максимальное усилие, кгс	Рабочий ход, мм	Начальное давление, кг/см <sup>2</sup>	Масса, кг	Расположение механизма
МТ-12	100	Пружинный тянувшего типа	1	7220	-	-	93,14	Выше оси цапф на 230 мм, слева от оси ствола на 220 мм
ДТ-74	122	Пневмопружинный толкающего типа	2	4908	316	86,5	60,6	Симметрично относительно ствола
Д-30	122	Пневмопружинный толкающего типа	1	7000	370	100	34,3	Справа относительно ствола
М-46	130	Пневматический толкающего типа	2	5154	382	42	89	Симметрично относительно ствола
2А36	152	Пневматический толкающего типа	2	9570,8	370	78	126,5	Симметрично относительно ствола
2А31	122	Пневмопружинный толкающего с компенсатором	1	3080	375	50	25,5	Ниже оси канала ствола, впереди оси цапф
2С3М	152	Пневмопружинный толкающего типа	1	5668	310	87	50	Справа от ствола, сзади оси цапф
2А37	152	Пневматический толкающего типа	2	6380,4	400	52	118	Симметрично относительно ствола
2А44	203	Пневмопружинный толкающего типа	2	14300	816	68,5	380	Симметрично относительно ствола

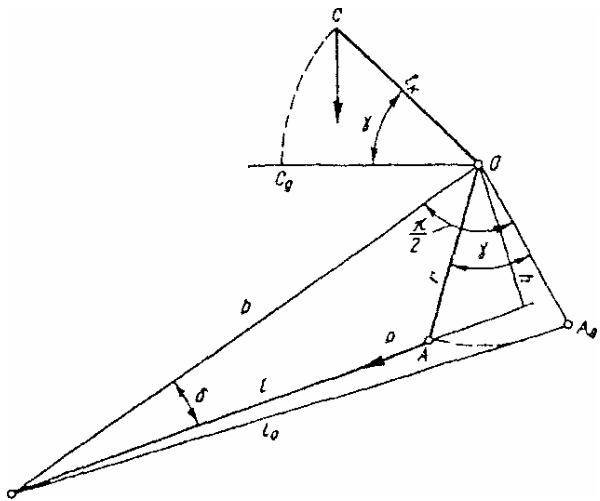


Рис. 3.67. Схема уравновешивания механизмом тяущего типа с качающейся колонкой.

Схема уравновешивания механизма тяущего типа с качающейся колонкой, совмещенная в одной вертикальной плоскости, изображена на рис. 3.67.

Данная схема теоретически допускает возможность полного уравновешивания качающейся части при всех углах возвышения, если в качестве упругого тела механизма используется пружина.

Требуемое равенство момента силы веса качающейся части и момента, создаваемого уравновешивающим механизмом (при принятых на рис. 3.67 обозначениях), можно записать в виде условия:

$$Q_e l_k \cos \gamma = Ph. \quad (3.36)$$

Можно показать, что это условие будет выполняться при всех углах  $\gamma$ , если

$C = \frac{Q_e l_k}{br}$  - жесткость пружины;

$l$  - текущая стрела сжатия пружины;

при  $\gamma = 0$  линия  $OA_0$  перпендикулярна линии  $OO_1$ .

При этом следует иметь в виду, что суммарные силы трения во всех подвижных соединениях будут нарушать равенство (3.36).

Пружинный механизм тяущего типа с качающейся колонкой представлен на рис. 3.68. Цилиндрические цапфы 2 колонки 1 шарнирно сочленяются с кронштейном 3 верхнего станка. Сжатая пружина 4 упирается одним торцом в головку штока 5, другим - в дно 6. Шток 7 шарнирно связан с люлькой орудия.

Недостатком механизмов с качающейся колонкой является то, что при проектировании орудия требуется предусмотреть свободное пространство для беспрепятственного поворота колонки. Кроме того, наличие момента от силы тяжести самого механизма относительно оси цапф люльки отрицательно сказывается на точности уравновешивания качающейся части.

При тяжелых уравновешивающих механизмах, которые к тому же имеют и большие размеры, колонка крепится неподвижно на верхнем станке (рис. 3.69). При этом усилие пружины передается качающейся части чаще всего через цепь 1, огибающую направляющий блок 2. Для уравновешивания больших моментов веса качающейся части используются мощные пружины, обладающие большой жесткостью при значительной рабочей стреле сжатия. При этом пружины состоят из нескольких секций, которые размещаются в двух-трех параллельных рядах.

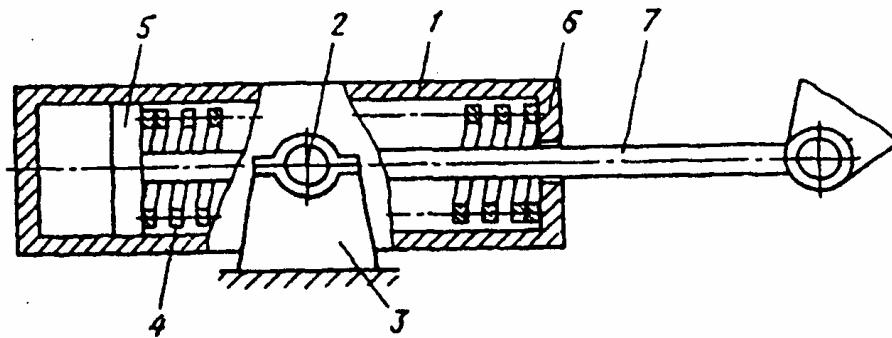


Рис. 3.68. Пружинный уравновешивающий механизм тянувшего типа с качающейся колонкой

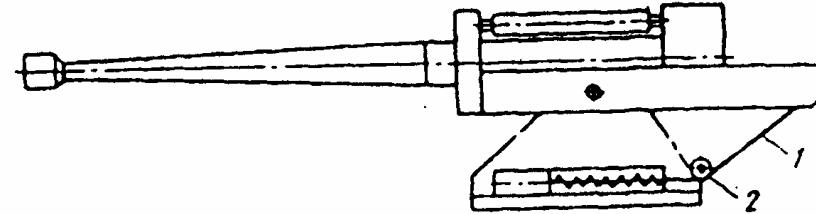


Рис. 3.69. Схема уравновешивающего механизма тянувшего типа с неподвижной колонкой

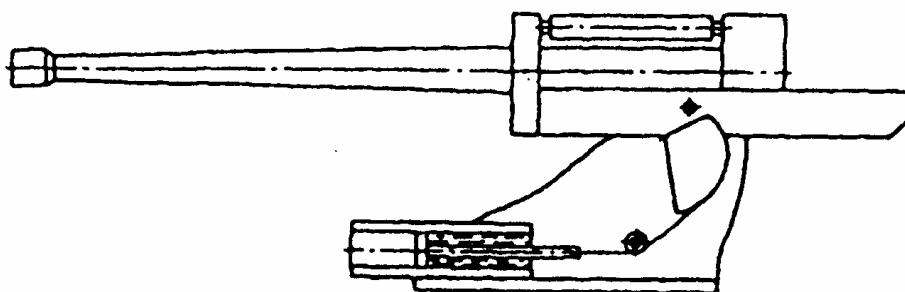


Рис. 3.70. Схема уравновешивания при помощи кулачка

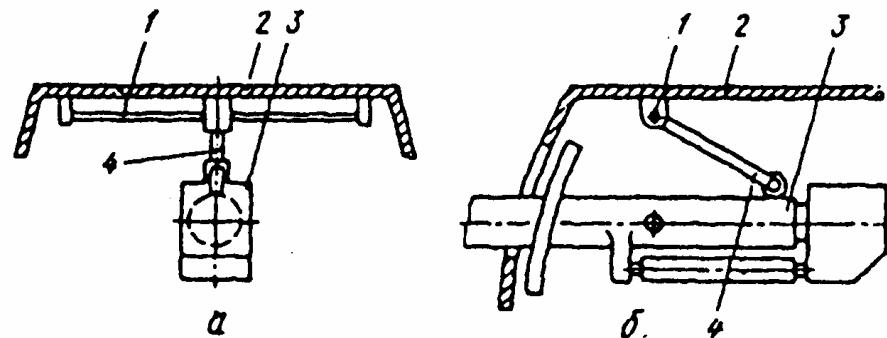


Рис. 3.71. Схема уравновешивания торсионным механизмом:  
а – вид сзади; б – вид сбоку

С целью уменьшения размеров и массы колонки применяют пневматические механизмы тяущего типа. Однако в этом случае возникают трудности обеспечения приемлемой точности компенсации момента веса качающейся части. Устройство колонки пневматического механизма тяущего типа принципиально такое же, как пневматического накатника.

Хорошего уравновешивания удается достичнуть при помощи кулачка, который охватывается гибкой связью (рис. 3.70). Профиль кулачка выбирается так, чтобы при повороте качающейся части усилие механизма и плечо его действия относительно оси цапф менялись бы в соответствии с величиной момента веса.

*Торсионные уравновешивающие механизмы.* До настоящего времени торсионные уравновешивающие механизмы, в которых упругим телом является торсион, не находят широкого применения. Связано это с тем, что момент при закручивании торсиона пропорционален углу поворота, а момент силы тяжести качающейся части - косинусу угла. Кроме того, торсионные валики имеют большую длину и допускают сравнительно небольшие углы закручивания. Поэтому в большинстве случаев требуется введение промежуточных передач от торсионного валика к качающейся части, что усложняет механизм и снижает его КПД. Имеются варианты размещения торсионов вдоль люльки и в полом коренном вале механизма вертикальной наводки.

Весьма удачно решен вопрос об уравновешивании качающейся части торсионным механизмом применительно к танковым установкам, которые имеют небольшие углы возвышения. Торсионные валики размещаются на крыше 2 башни (рис. 3.71). Момент от закрученных валиков передается качающейся части 3 через рычаг 4 с роликом. Силы трения на оси ролика можно свести к минимуму введением подшипников качения. Схема довольно проста и при небольшом диапазоне углов возвышения обеспечивает требуемое уравновешивание.

При небольших весовых моментах и ограниченных габаритах может применяться торсионный механизм с редуктором (рис. 3.72). Однако применение редуктора снижает общий КПД механизма, а при больших моментах резко увеличиваются усилия на зуб шестерни. Для обеспечения уравновешивания могут применяться торсионные механизмы с копиром (рис. 3.73). Подбирая профиль копира можно добиться полного уравновешивания на всех углах возвышения.

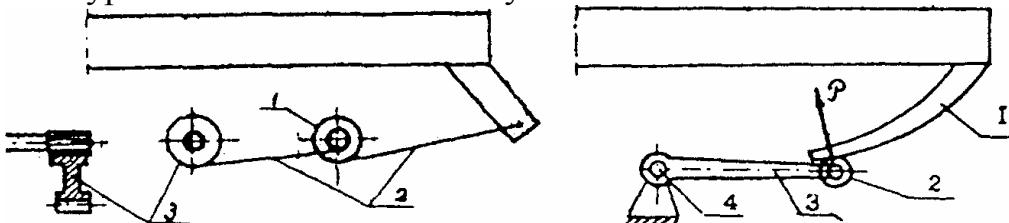


Рис. 3.72. Схема торсионного механизма с редуктором: 1 - редуктор; 2 - гибкая связь; 3 – шкив.

Рис. 3.73. Схема торсионного механизма с копиром: 1 - копир; 2 - ролик; 3 – рычаг; 4 – торсион.

Торсион, как упругий элемент, может применяться не только для уравновешивания качающейся части, но часто применяется также для уравновешивания отдельных частей артсистем, например, различных крышек, створок, откидных домкратов и др. Если расчетная длина торсиона превышает допустимую по конструктивным соображениям, то длина механизма может быть уменьшена одним из следующих способов: применением телескопического торсиона (рис. 3.74, а); применением пуч-

кового или пластинчатого торсиона (рис. 3.74, б).

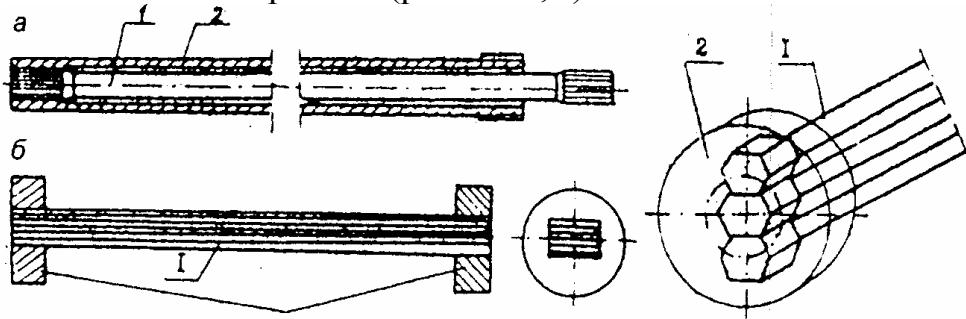


Рис. 3.74. Схемы уменьшения длины торсиона.

### 3.5.3. Сравнительная оценка и регулировка уравновешивающих механизмов

Пружинные механизмы в сравнении с пневматическими имеют следующие достоинства: возможность лучшего уравновешивания; нечувствительность к колебаниям температуры окружающей среды; простота обслуживания. Пружинный механизм практически не требует за собой ухода; высокий КПД, доходящий до 0,98; относительно малая чувствительность к внешним повреждениям.

Недостатками пружинных механизмов являются: трудность изготовления пружин в серийном производстве со стабильными характеристиками. Даже точные пружины имеют разброс по усилиям до  $\pm 3\ldots 5\%$ , пружины же обычной точности имеют разброс до 8 %; неизбежность осадки пружин с течением времени; большие габариты и вес, по сравнению с пневматическими механизмами. При больших весовых моментах пружины получаются весьма большими и тяжелыми. Длина колонки с пружинами в 1,5…2 раза больше пневматической.

Достоинства пневматических механизмов: компактность и меньший вес; возможность компенсации практически любых весовых моментов; широкие возможности для регулировки усилий.

Недостатка пневматических механизмов: невозможность обеспечения полного уравновешивания; зависимость усилий от скорости подъема и от режимов работы; зависимость от температуры; большие дополнительные потери на трение в уплотнительных устройствах; большая чувствительность к внешним повреждениям; необходимость постоянного контроля за состоянием уплотнений и за давлением воздуха.

Грузовое уравновешивание является наиболее простым и надежным, поэтому, если есть возможность, нужно стремиться совместить ось цапф с центром тяжести качающейся части.

Необходимость регулировки уравновешивающих механизмов обусловлена неизбежными погрешностями изготовления, а также отклонениями в процессе эксплуатации орудия фактической силовой характеристики упругого тела от требуемой по расчету.

Для пружинных механизмов характерна естественная осадка пружин с течением времени, так как они постоянно находятся в сжатом состоянии. Самым распространенным и наиболее простым в конструктивном отношении способом регулировки пружинных уравновешивающих механизмов является изменение предвари-

тельного поджатия пружины, которое достигается увеличением или уменьшением расстояния между опорами при фиксированном положении качающейся части. В результате такой регулировки усилие механизма изменяется на одну и ту же величину при всех углах возвышения, а уравновешивающий момент получает приращение одного знака. Можно производить регулировку, влияя на жесткость пружины. При этом в одном интервале угла возвышения, при котором регулируется механизм, уравновешивающий момент возрастает, тогда, как в другом уменьшается. Однако реализация способа регулировки изменением жесткости встречает трудности, связанные с изменением количества рабочих витков пружины.

Для пневматических механизмов на давление газа в колонке большое влияние оказывает температура окружающей среды. Поэтому здесь регулировка направлена на компенсацию влияния температуры окружающей среды. Давление в колонке восстанавливается изменением количества газа или занимаемого им объема. При частой регулировке, связанной с изменением количества газа в колонке, нарушается нормальная работа вентильного устройства и сама регулировка требует много времени. От указанных недостатков свободна регулировка давления газа в колонке увеличением или уменьшением занимаемого им объема. Для этой цели в конструкции уравновешивающего механизма обычно предусматривается дополнительный цилиндр с поршнем (рис. 3.65). При перемещении поршня 5 изменяется давление и объем газа в механизме. Различным значениям температуры окружающей среды соответствуют определенные положения поршня регулировочного устройства.

Иногда для регулировки пружинных и пневматических механизмов имеется возможность перемещения их опор на люльке или верхнем станке. Смещение шарнирных опор связано с изменением геометрических параметров схемы уравновешивания и отражается на характере зависимости от угла возвышения усилия механизма и плеча действия его относительно оси цапф.

### 3.6. МЕХАНИЗМЫ НАВОДКИ

Механизмы наводки предназначены для придания стволу артиллерийского орудия требуемого положения в пространстве и фиксации его в этом положении перед выстрелом. Они представляют собой силовую передачу от двигательной части общего привода наводки к качающейся или вращающейся части орудия. Соответственно различают механизм вертикальной наводки (подъемный) и механизм горизонтальной наводки (поворотный). Привод наводки может быть механизированным, с использованием посторонних источников энергии (электрической, сжатого газа) или ручным, с использованием силы человека.

В буксируемых орудиях, предназначенных для стрельбы по неподвижным или малоподвижным наземным целям и имеющих относительно невысокую скорость стрельбы, обычно используют режим стрельбы с остановкой наводки во время выстрела. Для таких орудий возможно использование ручных приводов с небольшими энергетическими затратами.

Для орудий, ведущих стрельбу по быстроподвижным целям, энергетические затраты возрастают, поэтому приходится использовать механизированные приводы. Также решается проблема наводки корабельных, танковых и современных самоходных орудий. В качестве механизированных приводов чаще всего использу-

ются электромашинные или электрогидравлические приводы. При применении электромашинного привода между двигателем привода и механизмом наводки устанавливаются две электрические машины: генератор (электромашинный усилитель) и исполнительный двигатель. Достоинством электромашинного привода являются его практическая независимость от температуры окружающей среды, относительная простота эксплуатации. Недостатками электромашинного привода являются существенное увеличение габаритов и массы, а также ухудшение регулируемости с ростом мощности.

При использовании электрогидравлического привода движение механизму наводки сообщается от приводного двигателя через гидронасос и гидромотор. Достоинствами электрогидропривода являются относительная точность механической характеристики, незначительное увеличение габаритов и массы с ростом мощности, простота предохранения от действия повышенных нагрузок, практически постоянное время срабатывания. К их недостаткам можно отнести нестабильность работы при изменении температуры окружающей среды, сравнительная дороговизна, сложность изготовления и эксплуатации.

Возможен также вариант гидромеханической силовой передачи, в которой ведущее звено совершают поступательное движение под действием силы давления жидкости. В этом случае привод состоит из электродвигателя и гидронасоса.

Общие требования к механизмам наводки можно объединить в три группы: по угловым перемещениям; по скоростям и ускорениям при наводке; по усилиям на маховиках при ручном приводе.

Выбор ведущей схемы лафета и его конструктивное оформление накладывают на механизмы наводки специфические требования по угловым *перемещениям*.

Для сокращения размеров непоражаемой зоны впереди орудия необходимо предусматривать возможность придания орудию углов склонения порядка 0,05...0,14 рад.

Максимальные углы возвышения устанавливаются в зависимости от типа орудия и его назначения:

до 0,35...0,44 рад - для танковых и противотанковых пушек, которые ведут стрельбу на малые дальности;

до 0,75... 0,98 рад - для пушек, используемых для стрельбы на максимально возможные дальности;

до 1,0... 1,2 рад - для гаубиц, что позволяет получать крутые траектории полета снаряда при стрельбе по скрытым целям.

Углы поворота ствола в горизонтальной плоскости зависят от количества станин в лафете:

0,05...0,09 рад от среднего положения - при одностанинном лафете (подобные лафеты в настоящее время применяются крайне редко);

до  $\pm 0,5$  рад - при двухстанинном лафете, имеющем широкое применение;

круговой обстрел - наиболее желателен, но обязательно надо иметь 3-4 станины, что утяжеляет лафет, поэтому в полевых орудиях встречается редко; для зенитных орудий, когда цель может появляться в различных направлениях, круговой обстрел применяется практически всегда; то же самое относится к танковым и большинству современных самоходных орудий.

Требования по скоростям наводки и ускорениям в момент разгона зависят от

вида привода для наводки.

При ручном приводе, что характерно для большинства буксируемых орудий, скорости и ускорения сравнительно невелики. Обычно скорость наводки не превосходит 0,03... 0,07 рад/с, а ускорение в период разгона - 0,15... 0,21 рад/с<sup>2</sup>.

Скорость и ускорение для зенитных орудий должны быть таковыми, чтобы не только успевать следить за целью, но и опережать ее, ибо выстрел производится в так называемую упрежденную точку. У современных зенитных орудий скорость наводки составляет до 1,6...2,1 рад/с, а ускорение - до 3,5 рад/с<sup>2</sup>. Для обеспечения таких высоких скоростей и ускорений использовать ручной привод невозможно, поэтому применяется один из видов механизированного привода.

Для корабельных орудий необходимо учитывать не только скорость и направление движения цели, но также углы качки корабля, его курс и скорость. В связи с этим корабельные орудия допускают поворот ствола в горизонтальной плоскости до  $2\pi$  рад, углы возвышения - до 0,79...0,96 рад, скорость наводки - до 0,7...0,96 рад/с, а ускорения - до 0,96... 1,0 рад/с<sup>2</sup>.

При ручной наводке усилия на рукоятке маховика подъемного или поворотного механизма ограничивается возможностями наводчика и при страгивании может допускаться до 100 Н, при установившемся движении - 20...40 Н. При этом скорость углового вращения маховика должна быть не более  $4\pi$  рад/с при радиусе маховика порядка 0,25 м.

При механизированной наводке определяется потребная мощность двигателя.

### 3.6.1. Подъемные механизмы

В современной артиллерии наибольшее применение находят подъемные механизмы, передающие вращательное движение от привода через систему зубчатых пар. Последняя пара в этой системе называется коренной и состоит из сектора подъемного механизма, закрепленного на люльке, и коренной шестерни. В соответствии с общей компоновкой лафета зацепление коренной шестерни с сектором может быть внешним или внутренним. Примеры таких компоновок показаны на рис. 3.75 и рис. 3.76.

Сектор располагают на люльке, исходя из общей компоновки орудия, при этом стремятся уменьшить высоту линии огня. Для равномерного нагружения цапф и подцапфенников он чаще всего устанавливается в плоскости стрельбы, но по условиям компоновки орудия сектор иногда располагают сбоку. С целью уменьшения нагрузок на зубья сектора обычно увеличивают его ширину, применяются также двухсекторные подъемные механизмы (рис. 3.77), однако в этом случае повышаются требования к сборке всего механизма. Число зубьев на секторе выбирается в зависимости от диапазона углов возвышения, от радиуса сектора и модуля зацепления в коренной паре, следует иметь в виду, чем большее число зубьев имеют шестерни, тем лучше они работают. Но с увеличением числа зубьев увеличиваются габариты передачи, что нежелательно, особенно для коренной пары. Обычно минимальное число зубьев у коренной шестерни равно 12... 16.

К люльке сектор крепится с помощью болтов или проушин и пальцев (рис. 3.78).

Общую кинематическую схему подъемного механизма определяет передаточ-

ное число от исполнительного органа привода к качающейся части (для ручного привода, например, от допустимой угловой скорость вращения маховика до требуемой угловой скорости качающейся части). Количество кинематических пар выбирается из удобства размещения и обслуживания подъемного механизма в целом, при этом общее передаточное число равно:

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdots \cdot i_n, \quad (3.37)$$

где  $n$  - число кинематических пар в подъемном механизме.

Легкость и плавность наводки определяется в основном величиной усилия наводчика на маховике. Это усилие при установившемся движении можно определить по формуле:

$$P_{ycm} = \frac{M_{cm} i}{R \eta}, \quad (3.38)$$

где  $M_{cm}$  - момент статических сопротивлений, включающий в себя сумму всех моментов трения и момента неуравновешенности качающейся части;

$R$  - радиус маховика (по рукоятке);

$\eta$  - коэффициент полезного действия механизма.

При страгивании (в период разгона, происходящего примерно за  $\frac{1}{6} \dots \frac{1}{5}$  оборота маховика) усилие на наводку возрастает примерно в два раза.

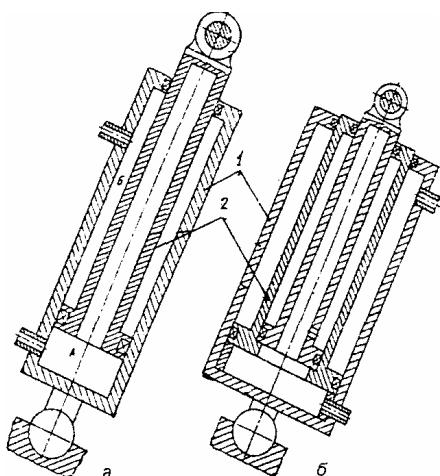


Рис. 3.79. Гидромеханический подъемный механизм.

Наиболее эффективным путем снижения усилий на рукоятке маховика является повышение КПД механизма наводки. Этого можно достичь при уменьшении числа кинематических пар, повышении КПД в червячных и винтовых передачах, а также благодаря использованию смазки и предохранению механизма от пыли и грязи. Однако требование о наличии самотормозящихся пар в механизме приводит к реальному КПД  $\eta \approx 0,4$ .

Несбиваемость наводки обеспечивается введением в кинематическую цепь механизма наводки самотормозящихся пар: винтовой или червячной с углом наклона их винтов:

$$\alpha < \arctg f, \quad (3.39)$$

где  $f$  - коэффициент трения между сопрягающимися поверхностями.

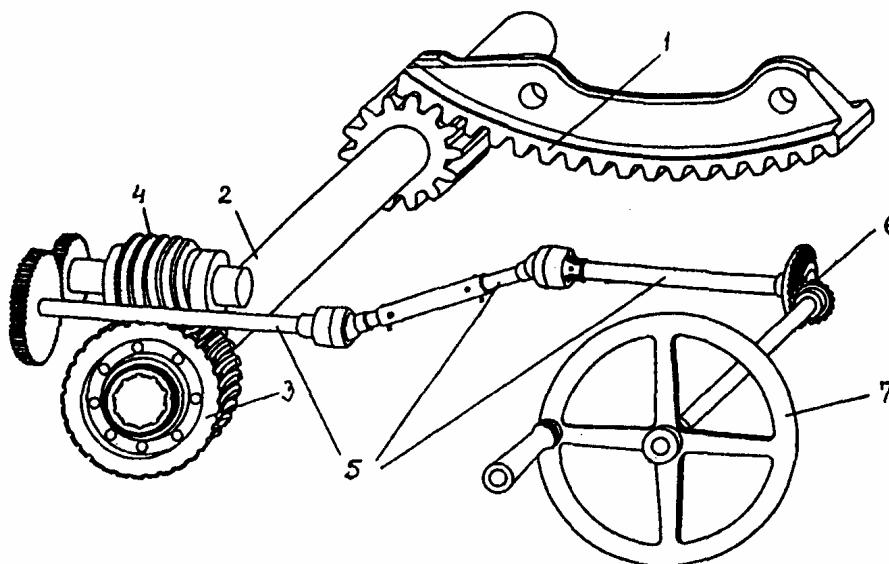


Рис. 3.75. Схема подъемного механизма с внешним зацеплением:  
1 – сектор; 2 – коренной вал; 3 – червячное колесо; 4 – червяк;  
5 – передаточные валики; 6 – коническая передача; 7 – маховик

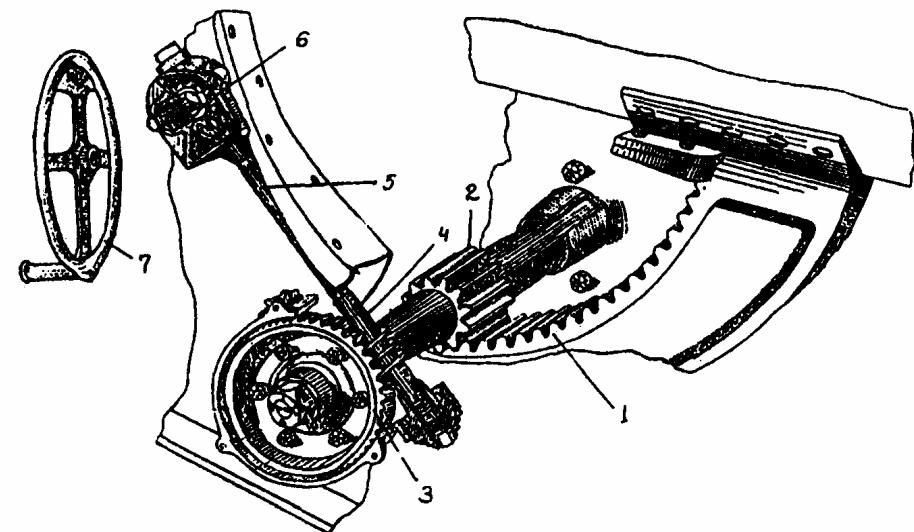


Рис. 3.76. Схема подъемного механизма с внутренним зацеплением:  
1 – сектор; 2 – коренной вал; 3 – червячное колесо; 4 – червяк;  
5 – передаточный валик; 6 – коническая передача; 7 – маховик

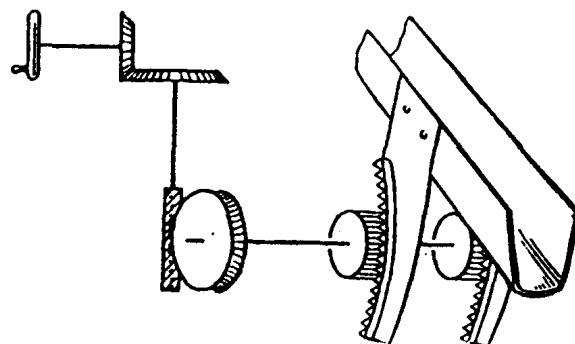


Рис. 3.77. Двухсекторный подъемный механизм

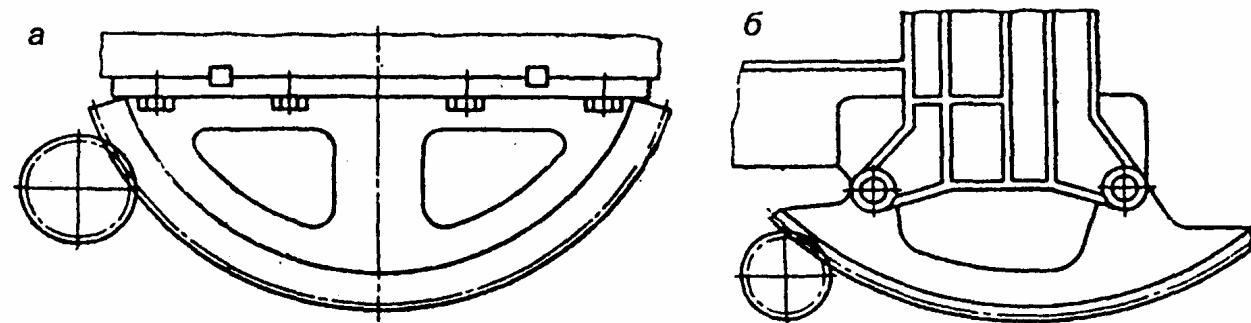


Рис. 3.78. Крепления сектора на люльке:  
а – с помощью болтов; б – с помощью проушин и пальцев

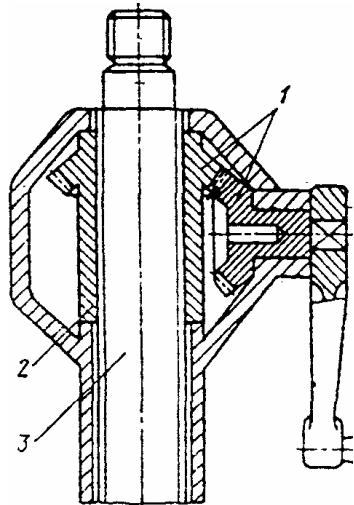


Рис. 3.80. Винтовой подъемный механизм.

В тяжелых орудиях иногда применяют гидромеханические подъемные механизмы (рис. 3.79, а) с гидродвигателем поступательного действия, состоящего из цилиндра 1 и поршня 2. Как правило, шарнир цилиндра связан с гнездом в верхнем станке, а шарнир поршня - с гнездом люльки. При придаании углов возвышения гидронасос подает жидкость в рабочую полость *A*, а из нерабочей полости *B* жидкость идет на слив в бак. Под давлением жидкости поршень давит на люльку и изменяет положение качающейся части. После остановки на заданном угле возвышения качающаяся часть удерживается с помощью гидрозамков, запирающих жидкость в гидросистеме. При уменьшении углов возвышения назначение полостей *A* и *B* меняется на обратные. Для большей компактности в продольном направлении поршень делают телескопическим (рис. 3.79, б), при этом поперечные габариты всего узла несколько возрастают. Ступени телескопического поршня могут выдвигаться одновременно или последовательно.

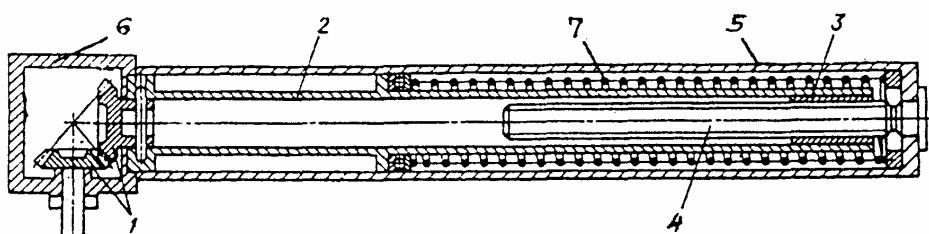


Рис. 3.81. Подъемно-уравновешивающий механизм:  
1 - коническая пара; 2 - внутренняя труба; 3 – матка; 4 – винт;  
5 - наружная труба; 6 – корпус; 7 – пружина.

В легких орудиях находили применение винтовые подъемные механизмы (рис. 3.80), они применяются также в некоторых современных минометах.

Вращение рукоятки подъемного механизма через коническую пару 1 передается матке 2, которая может быть выполнена как одно целое с ведомой конической шестерней. Если винт 3 шарнирно закреплен на верхнем станке, то вращение матки заставит перемещаться вверх (вниз) корпус, связанный с качающейся частью. Тем самым будут придаваться необходимые углы возвышения. Возможен также случай шарнирного крепления корпуса к верхнему станку. В этом случае углы возвышения будут придаваться качающейся части за счет поступательного движения винта, шарнирно скрепленного с люлькой.

Для облегчения работы наводчика винтовой подъемный механизм может быть конструктивно объединен с пружинным уравновешивающим механизмом (рис.3.81).

Вращение рукоятки через коническую пару 1 передается внутренней трубе 2 с маткой 3. Поскольку винт 4 закреплен неподвижно в наружной трубе 5, шарнирно связанной с верхним станком, вращение матки заставит поступательно перемещаться винт вместе с корпусом 6, соединенным с люлькой, придавая тем самым необходимые углы возвышения качающейся части. Перемещение внутренней трубы будет изменять усилие пружины 7, компенсирующее влияние силы тяжести качающейся части.

### 3.6.2. Поворотные механизмы

Поворотные механизмы в артиллерийских орудиях применяют обычно двух типов: секторные и винтовые. Их варианты показаны на рис. 3.82 и рис. 3.83. Секторный поворотный механизм включает в себя, как правило, те же кинематические пары, что и подъемный механизм. Для орудий с круговым обстрелом сектор выполняется в виде кругового венца. Коренная пара может быть в виде сочетания червяка с червячным колесом, при этом червяк, как и коренная шестерня, закрепляются на вращающейся части, а сектор (венец) - на нижнем станке. В зависимости от конструктивной схемы лафета коренная пара может выполняться с внутренним или внешним зацеплением. Количество передаточных валиков и их расположение выбирается, исходя из общей компоновки поворотного механизма на верхнем станке.

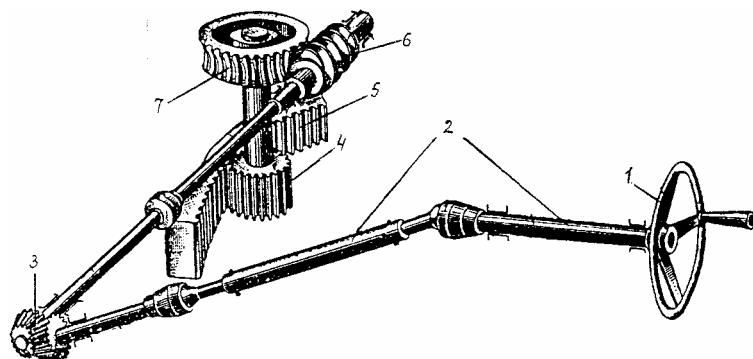


Рис. 3.82. Секторный поворотный механизм:  
 1 - маховик; 2 - передаточные валики; 3 - коническая переда;  
 4 - коренная шестерня; 5 – сектор; 6 – червяк; 7 - червячное колесо.

Основными элементами винтового поворотного механизма являются полая труба 2 с маткой 4, имеющей винтовую нарезку, и винт 8. Винт с помощью вилки 9 соединен с лобовой коробкой 10 нижнего станка. При вращении маховика 1 труба вращается, а матка 4 из-за неподвижности винта перемещается по нему. Поскольку труба шарнирно соединена с верхним станком 7, расстояние между вилкой 9 и шарниром меняется, что и заставляет верхний станок поворачиваться относительно нижнего станка. Шарнирное соединение снабжено подшипниками 3. От попадания пыли и грязи винт защищен гофрированным чехлом 5.

Винтовые механизмы просты по устройству и удобны в эксплуатации, однако создаваемые ими скорости наводки, как правило, малы. Кроме того, их конструктивные особенности таковы, что они не могут обеспечить большой сектор обстрела, тем более круговой. На практике сектора обстрела с помощью винтовых поворотных механизмов не превышают 60...70°.

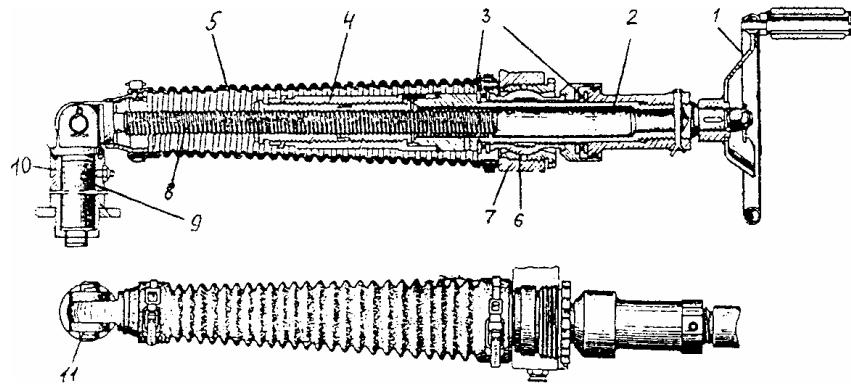


Рис. 3.83. Винтовой поворотный механизм:

1 - маховик; 2 - труба; 3 - подшипники; 4 - матка; 5 - чехол; 6 - шар; 7 - верхний станок; 8 - винт; 9 - вилка; 10 - лобовая коробка нижнего станка; 11 - палец.

В отличие от механизмов наводки, состоящих из зубчатых и червячных передач, винтовые механизмы имеют переменное передаточное число. Его непостоянство является существенным недостатком винтовых механизмов наводки, так как приводит к непостоянству скорости наводки даже при постоянной скорости вращения маховика. На рис. 3.84 приведена схема, поясняющая возникновение непостоянства передаточного числа. При наведении оси  $O$  и  $O_1$  неподвижны. Поворот вращающейся части (верхнего станка) осуществляется за счет изменения длины  $O_1B$  и перемещения точки  $B$  по радиусу  $R$  относительно точки  $O$  в точку  $B'$ . Передаточное число механизма есть отношение угловой скорости вращения маховика к угловой скорости при повороте вращающейся части.

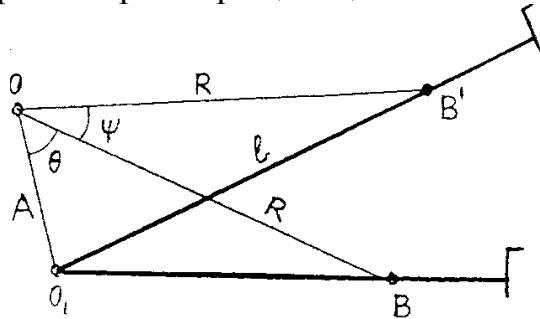


Рис. 3.84. Схема действия винтового поворотного механизма:  $O$  – ось вращения верхнего станка;  $O_1$  – ось вилки крепления поворотного механизма к нижнему станку;  $B$  – ось шарирного крепления поворотного механизма к верхнему станку.

Если приращение длины винта за один оборот маховика составляет  $O_1B' - O_1B = \alpha h$ , где  $\alpha$  - число заходов резьбы винта;  $h$  - шаг резьбы, то передаточное число винтовой передачи при обозначениях, показанных на рис. 3.84, выражается формулой:

$$i = \frac{2\pi R A \sin \Theta}{\alpha h l} \quad (3.40)$$

Отсюда видно, что переменность числа обусловлена изменением величины  $l$  в процессе наводки (остальные величины постоянны).

При расчетах поворотных механизмов следует иметь в виду, что нагрузки на них во время выстрела существенно меньше, чем на подъемные механизмы. Они воспринимают лишь действие моментов от вращения снаряда и от возможной асимметрии действия силы отдачи относительно оси боевого штыря. Основные усилия на поворотные механизмы действуют в моменты резкой остановки наводки.

### 3.6.3. Сдающие устройства

Во время торможения качающейся части орудия и при резкой остановке наводки поворачиваемая часть орудия стремится продолжать движение по инерции. В результате ведущим звеном в передаче оказывается то, которое жестко связано с качающейся или вращающейся частью. Однако поворот звеньев механизма наводки в обратном направлении сдерживается самотормозящейся парой (червячной или винтовой). Таким образом, звенья механизма наводки от поворотной части орудия до самотормозящегося звена могут испытывать значительные инерционные нагрузки, особенно, когда массы качающейся и вращающейся частей велики. Аналогичные явления имеют место при колебаниях основания танковых и корабельных орудий, а также в буксируемых орудиях при быстрой транспортировке по пересеченной местности или повороте на шоссе в случаях, когда нарушаются крепления по-походному.

Во избежание чрезмерных нагрузок, которые могут вызвать поломку деталей, в кинематические цепи механизмов наводки вводятся сдающие устройства. Они бывают фрикционными или смещающимися.

На рис. 3.85 приведены варианты фрикционных сдающих устройств (*a* - дисковое, *b* - конусное). В дисковом сдающем устройстве (рис. 3.85, *a*) червячное колесо 1, свободно сидящее на валу 2, сцепляется с ним при помощи дисков трения 3. Часть дисков связана шлицами с валом, другая - с червячным колесом. Диски своими торцами соприкасаются между собой и прижимаются пружинами 4. При нормальной работе механизма наводки червячное колесо вращает вал через прижатые друг к другу диски; относительное проскальзывание дисков не допускается, иначе наводка окажется затруднительной. Лишь при появлении чрезмерных нагрузок происходит проскальзывание дисков. Из этих условий и определяется величина наибольшего момента трения дисков от силы поджатия их пружинами. Аналогично действие конусного сдающего устройства (рис. 3.85, *b*). Роль дисков выполняет конус 5, поджимаемый в осевом направлении пружинами 4. Вращение от червячного колеса на вал передается с помощью шпонки 6 (возможно также применение шлицевого соединения). Момент трения по конической поверхности зависит от силы пружины, угла конуса и состояния труящихся поверхностей.

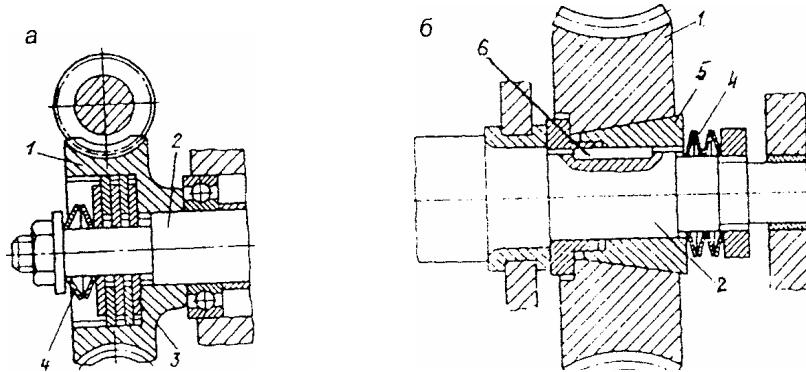


Рис. 3.85. Фрикционные сдающие устройства.

Сдающее устройство с подпружиненным червяком показано на рис. 3.86. Подпружиненный червяк 1 установлен в корпусе 2 так, что может перемещаться вдоль своей оси в обе стороны на некоторое расстояние. При чрезмерных нагрузках червячное колесо 4 сдвигает червяк в осевом направлении, сжимая тарельчатые

пружины 3. Допустимая нагрузка на червячное зацепление во время срабатывания сдающего устройства определяется усилием тарельчатых пружин.

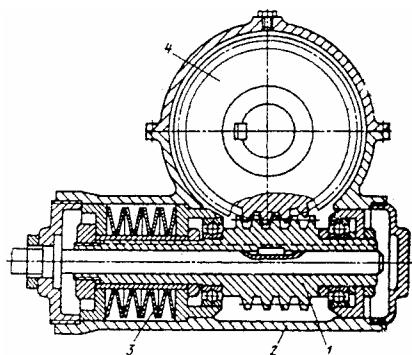


Рис. 3.86. Сдающее устройство с подпружиненным червяком.

### 3.7. НИЖНИЕ СТАНКИ

Нижние станки служат опорой вращающейся части орудия, которая должна обеспечить, с одной стороны, условия перевозки и эксплуатации, а с другой - устойчивое положение орудия в пределах заданного сектора горизонтального обстрела и отсутствие его смещения по отношению к грунту. Для повышения эффективности боевого применения орудия углы поворота в горизонтальной плоскости должны быть возможно большими, а лучше если будет обеспечен круговой обстрел. При этом, естественно, сохраняется требование к простоте лафета в целом.

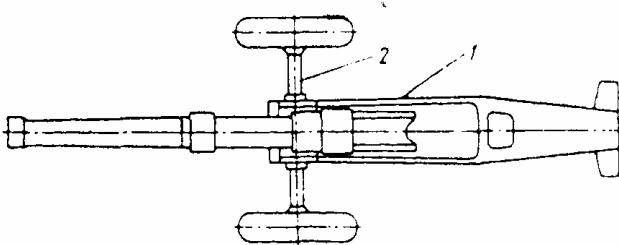


Рис. 3.87. Одностанинnyй лафет:  
1 – станина; 2 – боевая ось

обычно с вырезом в средней части для обеспечения перемещения откатных частей на полную длину при всех углах возвышения. В пределах некоторого зазора между внутренними стенками выреза и откатными частями возможно наведение в горизонтальной плоскости в пределах очень малых углов. Для поворота орудия на большие углы в задней части станины может размещаться каток для перекатывания по грунту. При этом площадка, по которой перекатывается каток, должна обеспечивать горизонтальное расположение оси цапф люльки, что требует очень тщательной подготовки позиции. Одностанинные лафеты применяются в орудиях, когда требуется их разборка на малогабаритные выюки, например, в горных орудиях.

Наибольшее распространение получили двухстанинные лафеты (рис. 3.88). Основным элементом лафета является лобовая коробка 1, представляющая обычно полую или сварную коробку сложной конфигурации с различными ребрами, упрочняющими ее. Один из вариантов лобовой коробки и взаимодействующие с нею узлы показаны на рис. 3.89. В лобовой коробке имеется гнездо *a* для штыря верхнего станка, кронштейны для крепления станин, элементы связи с поворотным механизмом, прорезь для размещения боевой оси, на которой крепятся ходовое устройство и механизм подрессоривания. Вместо боевой оси могут быть полуоси под каждое ко-

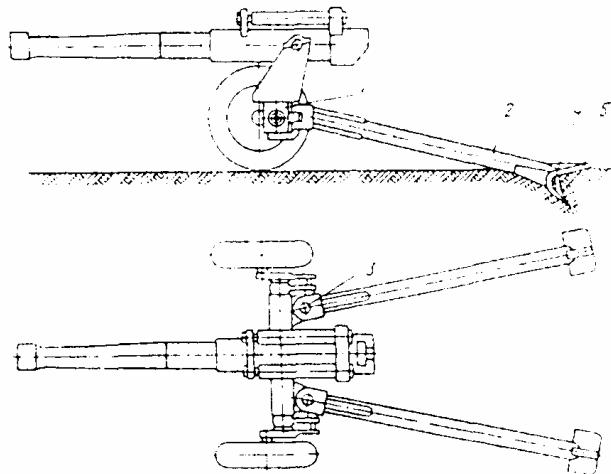
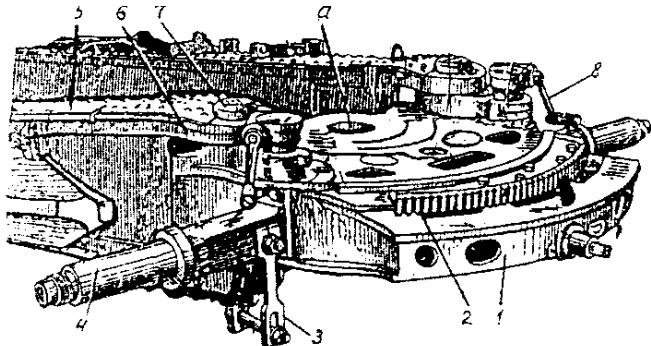


Рис. 3.88. Двухстаничный лафет:  
1 - лобовая коробка; 2 - станины; 3 - шарниры;  
4 - сошники; 5 - хоботовые листы

робчатыми сварными, переменными по высоте для обеспечения их равнопрочности, иногда с усиливающими дополнительно приваренными пластинами. В орудиях малого калибра (до 85 мм) станины изготавливают из труб, усиленных в передней части дополнительными накладками. Относительная масса таких станин больше, чем у коробчатых. Для соблюдения равнопрочности их следовало бы изготавливать из сужающихся к хоботовой части труб, однако такое изготовление привело бы к существенному удорожанию, что недопустимо.



лесо.

В походном положении станины жестко связаны в одно целое, а в боевом раздвигаются на некоторый угол относительно плоскости симметрии, что позволяет поворачивать вращающуюся часть на относительно большой угол горизонтального обстрела без потери устойчивости при выстреле. Разворот станин в стороны при переводе в боевое положение обычно ограничивается упорами на лобовой коробке. В некоторых орудиях в крайних положениях станины закрепляются специальными стопорами, расположенными в лобовой коробке. В орудиях среднего и крупного калибров станины делают ко-

Рис. 3.89. Лобовая коробка:  
1 - основной короб; 2 - сектор поворотного механизма; 3 - подвеска для рессоры; 4 - боевая ось; 5 - станина; 6 - ухо станины; 7 - шарнирная ось; 8 - рукоятка домкрата; а - отверстие для штыря.

Связь станин с грунтом осуществляется сошниками и хоботовыми листами (рис. 3.88). Хоботовые листы, приваренные к станинам, воспринимают при выстреле вертикальные составляющие реакций грунта, а сошники - горизонтальные. На орудии обычно имеется две пары сошников: зимние и летние. Зимние сошники, предназначенные для стрельбы с жесткого грунта, прикреплены к концам станин, чаще всего приварены. Летние - в рабочем положении закрепляются на станинах, а в не-рабочем положении или откидываются вперед или снимаются и перевозятся в специальных контейнерах. Площади соприкосновения летних сошников с грунтом гораздо больше, чем у зимних, что и позволяет им удерживать орудие от сдвигания назад при слабом грунте.

Трехстаничные лафеты применяют в орудиях для повышения их огневой маневренности, ибо они позволяют вести круговой обстрел по горизонту. В походном положении обычно все три станины укрепляются вместе, а при переводе в боевое положение две станины разворачиваются относительно неподвижной на  $2/3\pi$ . Для

того, чтобы казенник при откате не ударялся о станину при стрельбе в плоскости, проходящей через расположенную сзади станину, в подъемном механизме имеется специальный ограничитель, не позволяющий придавать углы возвышения в этих положениях по углу поворота более  $\sim \pi/10$ .

Схема четырехстанинного лафета показана на рис. 3.90. Основой четырехстанинного нижнего станка является сварная крестовина 1, состоящая из центрального короба и двух продольных балок. Сверху к крестовине приварено кольцо 2, обеспечивающее соединение нижнего станка с вращающейся частью орудия. К боковым кронштейнам крестовины шарнирно прикреплены откидные опоры 3, разворачиваемые в стороны при переводе орудия в боевое положение, что обеспечивает возможность кругового обстрела без потери устойчивости. Крестовина, продольные балки и откидные опоры являются сварными коробчатыми конструкциями. Это несколько облегчает их, но обычно четырехстаничный лафет является относительно тяжелым, поэтому применяется в зенитных орудиях.

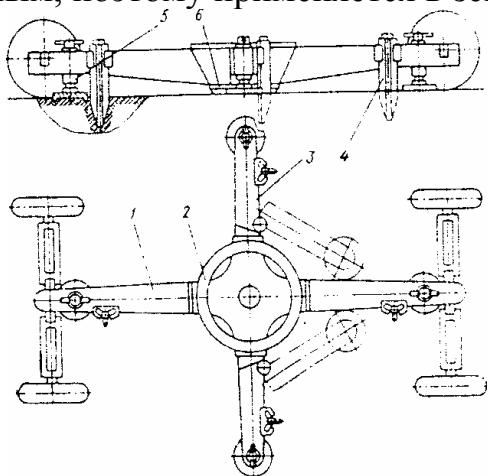


Рис. 3.90. Четырехстаничный лафет:  
1 - крестовина; 2 - опорное кольцо; 3 - откидная опора; 4 - забивной сошник;  
5 – домкрат; 6 – поддон.

В боевом положении лафет опирается на грунт поддоном 6 крестовины и четырьмя домкратами. Забивные сошники обеспечивают отсутствие скольжения лафета по грунту. Для этого к каждой станине привариваются специальные кронштейны с прорезями для первьев забивных сошников.

В танковых и самоходных артиллерийских установках нижним станком является корпус боевой машины. Наличие гусеничного хода позволяет получить в этих орудиях относительно небольшие удельные давления на грунт. Элементы сцепления гусениц с грунтом дают возможность вести стрельбу без сошников. В мощных самоходных установках со значительной силой отдачи, а также в легких гусеничных боевых машинах подобной связи с грунтом недостаточно. Для обеспечения неподвижности орудия в этих случаях часто используются откидные сошники, которые при выстреле упираются в грунт. Подъем и опускание откидных сошников обеспечивается специальными гидравлическими приводами.

Обеспечение устойчивости и неподвижности орудия на грунте во время выстрела зависит от расположения опорных частей лафета относительно грунта. При проектировании орудий считают, что в нормальных условиях стрельбы оно размещается на ровной горизонтальной площадке. В действительности же поверхность грунта всегда имеет некоторые неровности. Наличие таких неровностей влияет на устойчивость и неподвижность орудия при выстреле, а также на уравновешенность качающейся части и на точность наводки. Если в боевом положении лафет будет опираться не на все возможные опоры (например, одна из станин или колесо висят в воздухе), то это может вызвать еще и дополнительное качание лафета при наведе-

нии или при выстреле. Прилегание всех опор к грунту обеспечивается конструкцией лафета.

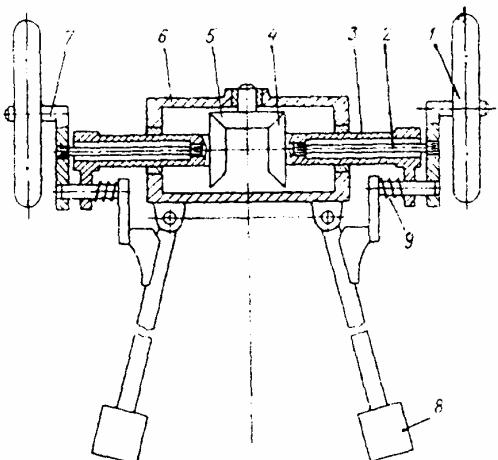


Рис. 3.91. Схема механизма самоустановки орудия на грунте:

1 - колесо; 2 - торсион; 3 - труба; 4 - шестерня; 5 - шестерня паразитная; 6 - лобовая коробка; 7 - полуось; 8 -- хоботовый лист; 9 - механизм выключения торсона.

Орудие с одностанинным лафетом имеет три опорные точки, поэтому всегда опирается на грунт своими опорами. То же самое будет обеспечено в двухстанинном лафете, если при его переводе в боевое положение в качестве передней опоры будет служить специальный домкрат, а колеса будут подняты над грунтом, вывешены.

Орудие с двухстанинным лафетом может опираться на грунт четырьмя точками, если ходовая часть в виде боевой оси с колесами соединяется с лобовой коробкой при переводе в боевое положение горизонтальным штырем. При расположении хоботовых листов станин в горизонтальной плоскости ось цапф орудия останется также в горизонтальной плоскости, а колеса будут расположены на разной высоте в зависимости от величины неровности под ними.

В орудиях, у которых колеса связываются с лобовой коробкой через полуоси, имеется специальный механизм самоустановки, схема одного из вариантов которого показана на рис. 3.91.

При переводе орудия в боевое положение станины раздвигаются и, воздействуя своими упорами на механизмы выключения торсона, жестко соединяют полуоси 7 с трубами 3. Если хоботовые листы находятся в одной горизонтальной плоскости и при этом упираются в грунт, а одно из колес 1 (пусть левое) из-за неровностей грунта находится выше его поверхности, то под действием силы тяжести лобовая коробка начнет опускаться. При опускании лобовой коробки опирающееся на грунт правое колесо будет поворачиваться вместе со своей полуосью, что заставит поворачиваться правую трубу с конической шестерней 4. Через паразитную шестернию 5 вращение передастся левой трубе и левой полуоси, но в другую сторону. В результате левое колесо участвует в движении вниз вместе с лобовой коробкой, а также во вращательном движении вместе с полуосью. Ось цапф при этом будет параллельной плоскости, в которой находятся хоботовые листы станин. Аналогичное действие механизма самоустановки происходит и в случае, когда оба колеса касаются грунта и поверхность их соприкосновения с грунтом горизонтальна, а одна из станин находится выше грунта. Однако при этом в результате самоустановки орудия хоботовые листы станин не будут находиться в горизонтальной плоскости, следовательно, ось цапф расположится наклонно. Регулирование наводки будет осуществляться

ляться за счет действий с прицелом.

Орудия с четырьмя станинами будут опираться на грунт четырьмя домкратами за счет регулирования высоты выдвижения их тарелей.

### 3.8. ХОДОВЫЕ ЧАСТИ ЛАФЕТА

Ходовая часть лафета включает в себя следующие основные элементы: боевая ось, колеса, тормозное устройство, подпрессоривание.

Боевая ось является основным элементом ходовой части, воспринимающей при выстреле и при транспортировке значительные нагрузки. Она изготавливается из высокопрочной стали и имеет, как правило, прямоугольное поперечное сечение (см. поз. 4 на рис. 3.89) с вертикальной стороной по размеру большей, чем горизонтальная сторона. Боевая ось имеет шейки для крепления на них колес. Часто встречается вариант ходовой части с полуосями (см. поз. 7 рис. 3.91), соединенными с лобовой коробкой.

Специфической особенностью колес артиллерийских орудий является то, что они, как правило, не являются ведущими. Это позволяет снизить требования к ним, но лишь по некоторым параметрам (например, по рисунку протектора). В остальном же требования к ним предъявляются, как к колесам армейских автомобилей. Сопротивление качению и сцепление колес с грунтом определяется конструктивными характеристиками шин. По форме сечения шины разделяются на четыре типа: торOIDные, широкопрофильные, арочные, пневмокатки. Компоновка шин в колесе показана на рис. 3.92, а соотношения основных конструктивных размеров, приведенных на рисунке, даны в табл. 3.4.

Таблица 3.4  
Соотношения конструктивных размеров шин

Соотношения	Типы шин по форме сечения			
	торOIDные	широкопрофильные	арочные	пневмокатки
H/B	0,9-1,0	0,55-0,8	0,4-0,6	0,1-0,4
D/d	1,5-3,0	1,5-3,0	1,5-2,0	2,0-4,0
B/D	0,18-0,36	0,36-0,46	0,50-0,60	0,9-2,0
b/B	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1,0	0,9-1,0

Тороидные шины (рис. 3.92) имеют относительно узкий профиль, а их радиальная деформация не превышает 12... 15 % H, поэтому опорная площадь у них невелика, что приводит к увеличению удельного давления на грунт и недостаточному сцеплению с грунтом. На армейских автомобилях устанавливаются шины с регулируемым давлением, позволяющие за счет снижения внутреннего давления вшине увеличивать опорную площадь для преодоления участков пути со слабыми грунтами (песчаные, пахотные, увлажненные и тому подобные земли). Широкопрофильные шины имеют увеличенную относительную ширину протектора, что позволяет увеличить размеры опорной площадки, существенно (примерно в два раза) снизить удельное давление на грунт, улучшить проходимость по слабым грунтам. Снижение удельных давлений и повышение сцепных качеств будет еще большим для арочных и пневмокатков, однако увеличенное сопротивление качению и недоста-

точной работоспособность таких шин на высоких скоростях ограничивают их применение в армейских автомобилях и артиллерийских орудиях.

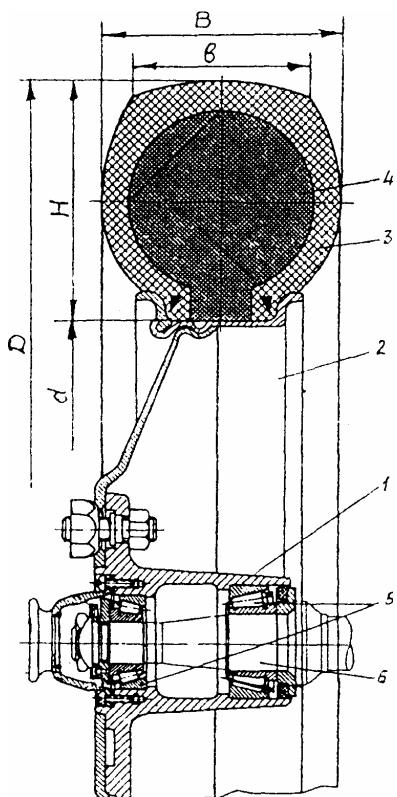


Рис. 3.92. Колесо:

1 – ступица; 2 – диск; 3 – шина; 4 – наполнитель; 5 – подшипники; 6 - боевая ось.

Для артиллерийских орудий колеса снабжаются шинами автомобильного типа, но очень часто вместо пневматической внутренней камеры колеса наполнены губчатым каучуком (ГК). Именно такая шина показана на рис. 3.92. Они менее чувствительны к проколам, пулевым и осколочным повреждениям, однако они менее упруги, имеют больший вес, сильнее нагреваются при стрельбе и уменьшают проходимость артиллерийского поезда в целом. Кроме того, при длительном стоянии на месте в нагруженном состоянии такие шины будут деформироваться в месте опоры, поэтому рекомендуется при хранении орудий в складах под нижним станком располагать подставку для разгрузки колес.

В качестве тормозных устройств ходовой части применяются ленточные, колодчатые или дисковые автомобильные тормоза, расположенные в ступице колеса. Обычно такие тормоза приводятся в действие из кабины водителя тягача, будучи включенными в общую тормозную систему всего артиллерийского поезда.

Плавностью хода артиллерийского орудия называют его способность перемещаться по дорогам и по местности с заданными эксплуатационными скоростями без значительных ударов, толчков и таких колебаний установки, которые могли бы оказывать вредное влияние на физиологическое состояние членов боевого расчета при его расположении на орудии в процессе транспортировки, а также на сохранность и нормальную работу всех механизмов орудия. Для обеспечения плавности хода используются механизмы подпрессоривания, которые, являясь упругой связью между ходовой частью и остальной массой орудия, изменяют характер и длительность передачи действия препятствия на орудие. Время передачи удара препятствия на основную массу орудия через механизм подпрессоривания значительно больше времени жесткого удара. При одинаковом импульсе удара сила, действующая на массу подпрессоренной части орудия будет тем меньше, чем больше времени потребуется

на передачу этого удара.

Основными требованиями к механизмам подрессоривания являются: небольшая жесткость; способность быстро поглощать колебания орудия от толчков и ударов; надежность действия при различных направлениях ударов со стороны препятствий; возможность автоматического выключения механизма при переводе орудия в боевое положение; возможность ручного включения и выключения подрессоривания.

В качестве упругих элементов в механизмах подрессоривания служат пластинчатые, цилиндрические пружинные, торсионные, гидравлические и пневматические рессоры.

Каждый упругий элемент имеет свою специфическую характеристику. Характеристикой упругого элемента называется графическая или аналитическая зависимость между нагрузкой  $F$  на упругий элемент и его деформацией  $f$ . Она может быть линейной или нелинейной (рис. 3.93).

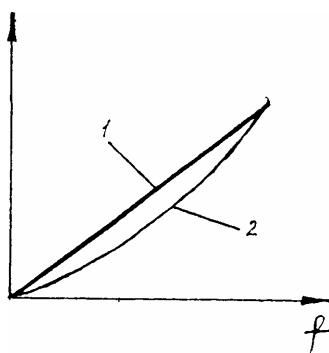


Рис. 3.93. Характеристики упругих элементов:

1 - для винтовой цилиндрической пружины и торсиона; 2 - для винтовой конической пружины.

Линейную характеристику имеет винтовая цилиндрическая пружина, а также торсион, для которого характеристикой служит зависимость скручивающего момента от угла закрутки. Нелинейную характеристику имеет винтовая коническая пружина.

Свообразную характеристику имеет пластинчатая рессора (рис. 3.94). Вследствие трения между полосами и связанного с этим гистерезиса линии нагрузки и разгрузки не совпадают. Средняя (пунктирная) линия, не учитывающая трение, представляет собой расчетную характеристику рессоры. Она также нелинейная, но на некотором участке  $AB$  при нагрузках, близких к статической, может быть принята за линейную. Аналогичную характеристику имеет пневматическая шина.

Гидравлические амортизаторы, использующие перетекание вязкой жидкости из одного объема в другой через малые отверстия, имеют нелинейную характеристику. Обычно ее представляют (рис. 3.95) в виде зависимости, имеющей типичную гистерезисную петлю, между усилием  $F_{am}$ , приложенным к поршню, и скоростью  $V_n$  перемещения поршня:

$$F_{am} = \kappa_{am} V_n^i, \quad (3.41)$$

где  $i = 1 \dots 2$  (в расчетах принимают  $i = 1$ );

$\kappa_{am}$  - коэффициент сопротивления, зависящий от конструкции амортизатора.

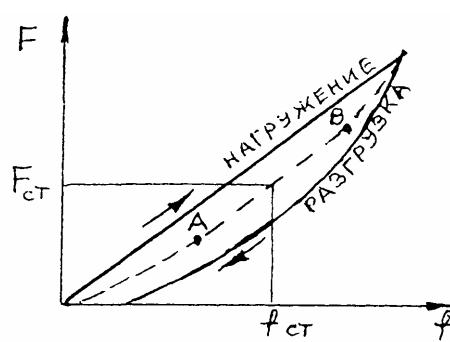


Рис. 3.94. Характеристика пластинчатой рессоры.

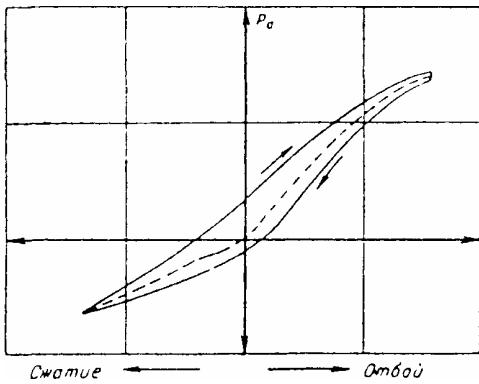


Рис. 3.95. Характеристика гидравлического амортизатора двустороннего действия.

Обычно коэффициент сопротивления при обратном ходе в 3... 7 раз больше, чем при прямом (сжатии).

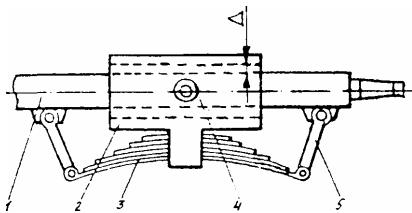


Рис. 3.96. Пластинчатая рессора.

Следует иметь в виду, что характеристики механизмов подпрессоривания в целом являются практически нелинейными при любых видах упругих элементов. Это обусловлено дополнительным влиянием шин и конкретным размещение упругих элементов относительно колес.

*Пластинчатые* (листовые) рессоры обычно состоят из 6...10 стальных полос (рис. 3.96) одинаковой толщины (примерно 10...12 мм) и ширины, изогнутых по дугам эллипсов. Концы наиболее длинной пластины имеют ушки, с помощью которых пластина через тягу 5 соединяется с боевой осью 1. Средняя часть рессоры 3 с помощью обоймы соединена с лобовой коробкой 2, которая может в пределах некоторого зазора  $\Delta$  смещаться в вертикальной плоскости относительно боевой оси. При разведении станин штырь 4, размещенный на лобовой коробке, проходит в отверстие боевой оси и жестко соединяет боевую ось с лобовой коробкой, выключая тем самым подпрессоривание.

Расчет прочности рессор ведется на максимальную статическую нагрузку, приходящуюся на боевую ось (или полуось при постановке таких рессор на каждое колесо), умноженную на коэффициент динаминости нагрузки  $\kappa_{\text{дин}} = 2,5...3,0$ . Допускаемое напряжение при расчете на изгиб принимают порядка 800... 1000 МПа.

Пластинчатые рессоры за счет трения плотно прижатых друг к другу пластин поглощают часть энергии колебаний подпрессоренной массы, превращая ее в тепло и рассеивая в пространстве. Это способствует быстрому затуханию возникающих колебаний.

Схема *винтовой цилиндрической* рессоры показана на рис. 3.97. В таких пружинных рессорах металл работает на кручение, что повышает энергоемкость пружин по сравнению с листовыми, работающими на изгиб. Это обеспечивает им большую компактность и меньшую массу по сравнению с листовыми рессорами.

Практическое отсутствие гистерезиса в их характеристике приводит к низкой скорости затухания колебаний подпрессоренной массы при ударе колеса о препятствие, что является недостатком подобных рессор. Конструктивное исполнение эле-

ментов связи полуоси колеса с пружиной может быть весьма разнообразным, что способствует разработке компактных конструкций.

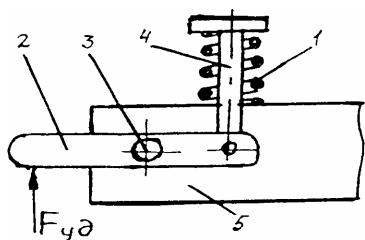


Рис. 3.97. Винтовая цилиндрическая рессора:

1 – пружина; 2 - полуось колеса; 3 – ось;  
4 - тяга; 5 лобовая коробка.

Принцип действия *торсионного* подпрессоривания показан на рис. 3.91. При сведении станин механизм 9 выключения торсиона под действием своей пружины выходит из гнезда полуоси 7 и не соединяет ее жестко с трубой 3. При набегании колеса на препятствие полуось вращается вокруг своей оси и скручивает торсион 2. В варианте, показанном на рисунке, крутящий момент при воздействии на одно колесо через паразитную шестерню 5 передается также и на второй торсион, уменьшая тем самым нагрузки на оба торсиона.

Если механизм самоустановки орудия отсутствует, то каждый из торсионов будет воспринимать нагрузку только от своего колеса.

Угол закручивания торсиона определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{M_{kp} l}{G I_p}, \quad (3.42)$$

где  $M_{kp}$  - крутящий момент, приложенный к торсиону;

$l$  - длина рабочей части торсиона;

$G = 8,5 \cdot 10^4$  МПа - модуль упругости второго рода;

$I_p$  - полярный момент инерции сечения торсиона (для круглого валика с диаметром  $d$   $I_p = \pi d^4 / 32$ ).

Для уменьшения длины торсиона иногда применяют телескопические торсионы (см. рис. 3.74) с рабочей трубой 2, шлицы, на которой соединяются со шлицевым гнездом лобовой коробки.

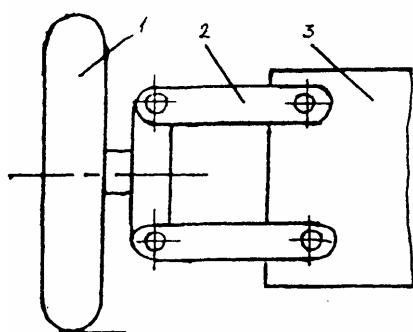


Рис. 3.98. Торсионное подпрессоривание с продольным размещением торсионов:

1 – колесо; 2 - параллелограмм; 3 – нижний станок.

Для тяжелых орудий с торсионным подпрессориванием каждого колеса длина механизма подпрессоривания не позволяет разместить их поперек хода орудия. В этом случае возможно размещение торсионов вдоль хода; торсион может размещаться в любом узле параллелограмма (рис. 3.98).

На рис 3.99 представлена гидропневматическая рессора. Она состоит из основного цилиндра 3, цилиндра противодавления 1, газового баллона 4 с разделятельной диафрагмой 5 и клапана 6.

Под воздействием дорожных препятствий цилиндр противодавления может

перемещаться в основном цилиндре на величину  $h$ .

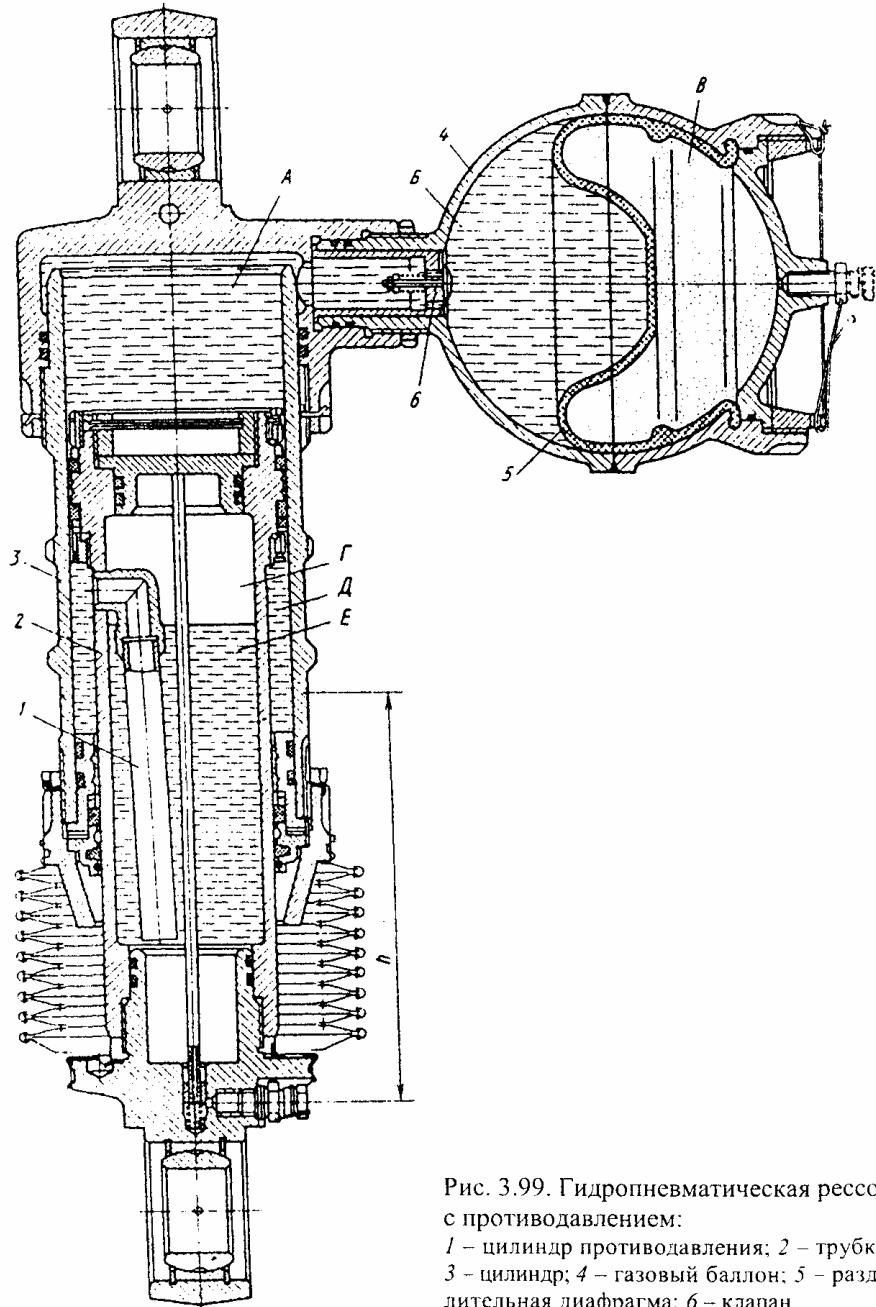


Рис. 3.99. Гидропневматическая рессора с противодавлением:  
1 – цилиндр противодавления; 2 – трубка;  
3 – цилиндр; 4 – газовый баллон; 5 – разделительная диафрагма; 6 – клапан

Поступающая из полости  $A$  в газовый баллон жидкость сжимает находящийся там газ. При расширении газа в полости  $B$  (обратный ход) цилиндр противодавления перемещается вниз. При этом жидкость из полости  $D$  по трубке  $1$  перетекает в полость  $E$ : объем камеры противодавления сжимается. Таким образом, при перемещениях цилиндра противодавления, перемещенного с колесом, на него действуют противоположно направленные усилия со стороны основной полости  $A$  и полости противодавления  $E$ , в результате чего достигается корректирование упругой характеристики, показанной на рис. 3.95.

Преимуществом гидропневматических рессор с противодавлением являются высокий уровень амортизации колебательных движений подпрессоренной массы, что обусловлено гистерезисной характеристикой рессоры, и высокая стабильность статического хода (отсутствует постепенное всплытие машины в процессе движения), так как при интенсивном движении температура воздуха повышается как в полости  $B$ , так и в полости  $G$ . Недостатком гидропневматических рессор является зависи-

мость их работы от внешних условий.

### 3.9. ТРАНСПОРТНЫЕ БАЗЫ

Транспортные средства в артиллерийских и ракетных системах могут выполнять функции тягачей для буксируемых систем и носителей для самоходных. К ним предъявляются следующие основные требования:

1. Высокие скорости движения, маневренность, определяемая поворотливостью и полноприводностью.
2. Высокая проходимость - способность передвигаться по плохим дорогам и бездорожью, преодолевать водные преграды по мостам и вброд или вплавь.
3. Высокая плавность хода, обеспечиваемая качеством подрессоривания.
4. Достаточная грузоподъемность и необходимая мощность.
5. Независимость переднего хода от заднего.
6. Безопасность движения и обслуживания: высокая эффективность торможения, пожаробезопасность и т. п.
7. Достаточный запас хода.
8. Большой межремонтный гарантийный пробег.
9. Плавучесть и аэроTRANSPORTабельность.
10. Соблюдение железнодорожных габаритов. Кроме того, существует также много специфичных требований, предъявляемых к конкретным машинам и их узлам. Далеко не всегда удается выполнить все требования, ибо часть из них противоречивы (например, компактность и простота обслуживания). Искусство конструирования, в частности, заключается в умении найти оптимальное соотношение в удовлетворении предъявляемых требований.

*Таблица 3.5*  
Основные характеристики гусеничных тягачей

Показатель, единицы измерения	Тягачи			Тягачи-транспортеры			
	АТЛ	АТС	АТТ	ГТ-Му	МТЛ	МТЛБ	МТТ
Масса, т	6,3	13	20	4,8	8,5	9,7	25
Масса прицепа, т	6	14	25	2	7	2	25
Грузоподъемность, т	2	3	5	1,2	2,5	2,5	12
Число мест	3	3	3	2+10	8+10	1+12	5+18
Длина, мм	5310	6280	6990	5150	6360	6450	8630
Ширина, мм	2210	2780	3140	2470	2850	2850	3420
Высота, мм	2200	2500	2845	1700	2010	1870	2990
Клиренс, мм	350	425	425	350	400	400	425
Максим.скорость, км/ч	42	39	35	55	61	61	65
Мощность двигателя, кВт	96	220	305	85	176	176	522
Среднее давление на грунт, МПа	0,045	0,052	0,068	0,022	0,043	0,044	0,072

Тягачи и носители могут иметь колесный и гусеничный ход. Быстроходные гусеничные тягачи предназначены, в основном, для буксирования и разделяются на три категории: легкие (АТЛ), средние (АТС) и тяжелые (АТТ). Для развития большой силы тяги им необходимо иметь достаточный сцепной вес, поэтому

они обладают сравнительно большой массой при относительно малой грузоподъемности. Их грузоподъемность назначается, исходя из необходимости обеспечения работы буксируемых систем и размещения обслуживающего персонала. Основные характеристики гусеничных тягачей приведены в табл. 3.5. Там же приведены характеристики гусеничных тягачей-транспортеров, при разработке которых были поставлены следующие требования: увеличить грузоподъемность и сохранить тяговые возможности тягачей; увеличить скорости движения; увеличить проходимость; разместить большее число людей (в кабине и в кузове).

*Таблица 3.6*  
Основные характеристики отечественных колесных машин

Характеристика, единицы измерения	Типы автомобилей								
	Л УАЗ-967 М	УАЗ-468	ГАЗ-66	ЗИЛ-131	Урал-375	КрАЗ-255Б	ЗИЛ-255ЛМ	МАЗ-537	МАЗ-543
Колесная формула	4x4	4x4	4x4	6x6	6x6	6x6	8x8	8x8	8x8
Масса, т	0,93	1,65	3,64	6,7	8,5	12,0	12,8	23,3	23
Масса прицепа, т	0,3	0,75	2	4	7,0	10	10	15	15
Грузоподъемность, т	0,32	0,6	2	3,5	5,0	7,5	9,0	18	18,5
Мощность двигателя, КВт(л.с)	29/45	56,5/77	84,5/115	110/150	129/175	176/240	132,5/180	386/525	386/525
Максимальная скорость движения, км/ч	75	100	95	80	75	71	65	55	60
Габариты:									
длина, мм	3680	4025	5655	7040	7350	8640	9270	8960	11260
ширина, мм	1710	1805	2320	2500	2690	2750	2800	2880	3050
Высота, мм	1550	2050	2440	2480	2680	2940	2530	3100	2670
Клиренс, мм	285	300	315	330	400	360	475	500	400
Радиус поворота, м	5	6	9,5	10,2	10,5	13,0	12,5	15,5	13,5
Глубина борда, м	-	0,7	0,8	1,4	1,65	1,0	1,2	1,0	1,1
Угол подъема, °	40	31	30	30	30	30	30	8	30
Угол крена, °	25	20	20	20	20	20	20	-	20

В последние годы стали широко применяться полноприводные (все оси - ведущие) автомобили, способные реализовать высокую тягу на слабых грунтах и выполнять функции тягово-транспортных машин. Некоторые характеристики отечественных колесных машин приведены в табл. 3.6.

## **4. МЕХАНИЗАЦИЯ ЗАРЯЖАНИЯ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ ОРУДИЙ**

### **4.1. ОБОСНОВАНИЕ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЗАРЯЖАНИЯ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ ОРУДИЙ**

Одним из важнейших путей совершенствования ствольной артиллерии, повышения ее боевой эффективности является увеличение скорострельности буксируемых и самоходных орудий. Этим и обусловлено значительное повышение данного показателя за прошедшие несколько десятилетий. Например, если в 1950-е годы скорострельность иностранных и отечественных орудий составляла 2...5 выстрелов в минуту, то в настоящее время известны САО, способные обеспечивать до 10 выстрелов в минуту (отечественное 152-мм САО "Мста-С") и даже выше (шведское 155-мм орудие L/50 VK-155 обеспечивает 15 выстрелов в минуту, но его магазин вмещает всего 14 боеприпасов, чего явно недостаточно).

Опыт показывает, что для выполнения различных боевых задач требуется скорострельность для орудий 105-мм - 10...12 выстрелов в минуту, а для 155-мм (или 152-мм) – 8...10 выстрелов в минуту и даже выше.

Такое повышение скорострельности обеспечивает наибольшую эффективность артиллерии при коротком огневом налете - желательно менее 1 минуты, поскольку за 10...12 секунд личный состав обстреливаемой стороны может укрыться, например, в бронированных машинах и приведенная зона поражения в этом случае уменьшается примерно в 10 раз.

Кроме того, сокращение времени боевой операции за счет повышения скорострельности обеспечивает своевременный уход орудия от ответного удара. Такой удар с учетом использования противной стороной современных средств разведки (например, аналогичных РЛС "Зоопарк", засекающих выстрел орудия или пуск ракеты) может последовать через несколько минут. Считается, что время безопасной стрельбы на максимальную дальность 30...40 км составляет 1,5...2 минуты.

Таким образом, повышать скорострельность необходимо, но режим огня орудия ограничен следующими факторами:

физическими возможностями заряжающего и подносчика боеприпасов;

нагревом ствола (допустимая температура на наружной поверхности у дульной части 300...400 °C);

нагревом противооткатных устройств (ПОУ) (допустимая температура жидкости 90...110 °C).

Известно, что в первые 4...6 минут стрельбы из 122-мм и 152-мм орудия скорострельность ограничивается физическими возможностями человека, хотя по нагреву ствола и ПОУ еще имеется некоторый резерв. В соответствии с медико-техническими требованиями по степени тяжести работы подразделяются на категории: легкую - при энергозатратах 2,5...5 ккал/мин; умеренную (5,1...7,5 ккал/мин); тяжелую (7,6...10 ккал/мин); очень тяжелую (10,1...12,5 ккал/мин).

По этой классификации, например, работу заряжающего (подготовка к приему боеприпаса, прием и подача боеприпаса на линию досылки, досылка) при обслуживании 122-мм орудия Д-30 относят к тяжелой (при скорострельности 8 выстрелов в минуту энергозатраты составляют 8,22 ккал/мин), а 130-мм орудия М-46 - к очень тяжелой (при скорострельности 7 выстрелов в минуту энергозатраты -

10,72 ккал/мин). Работа подносчика боеприпасов в этих условиях (выемка боеприпаса из ящика, перенос примерно на 8 м. возврат и уборка укупорки) относится к очень тяжелой (энергозатраты при заряжании орудий Д-20 и М-46 соответственно равны 11,56 и 12,29 ккал/мин).

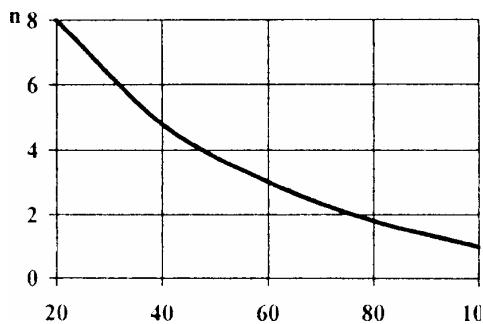


Рис. 4.1. Зависимость обеспечивающей скорострельности  $n$  от веса снаряда (выстрела)  $q_b$

Таким образом, даже при не очень высокой скорострельности орудия физические возможности заряжающего и подносчика боеприпасов исчерпаны.

Зависимость обеспечивающей скорострельности орудия от массы снаряда показана на графике (рис. 4.1), из которого видно, что для перспективного калибра 152 мм скорострельность при ручном заряжании составит примерно 4 выстрела в минуту, чего явно недостаточно. Отсюда следует необходимость механизации и автоматизации прежде всего трудоемких процессов заряжания.

## 4.2. СОСТАВ МЕХАНИЗМОВ ЗАРЯЖАНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

В зависимости от типа применяемых боеприпасов заряжение орудия может быть унитарным, раздельно-гильзовым и безгильзовым или картузным.

Механизмы заряжания (МЗ) представляют собой совокупность механизмов подачи (МП) и досылателей. Для автоматических орудий малого калибра они являются его органической частью. Механизмы подачи перемещают боеприпас на линию досылки, а досылатели - в камору ствола вдоль линии досылки.

Однако в настоящее время такое определение МЗ не всегда является полным. Например, уже несколько десятилетий эксплуатируются танки с автоматами заряжания (Т-64А, Т-72, Т-80 и др.), в которых механизированная укладка является составной частью МЗ. Кроме хранения, она обеспечивает выбор и выдачу требуемого боеприпаса. Очевидно, что без выполнения этих функций автоматическое заряжение танковых орудий невозможно. Известны и самоходные артиллерийские орудия (САО) с автоматическим заряжанием, например, шведское 155-мм САО L/50 VK-155, французское 155-мм САО AMX 30-155 GCT и др.

Следует отметить, что механизация и автоматизация заряжания самоходных гаубиц, пушек-гаубиц среднего и крупного калибров в отличие от танковых пушек требует преодоления нескольких специфических трудностей. К ним относятся:

- обеспечение автоматической установки взрывателя;

- обеспечение автоматического формирования боевого заряда необходимой массы;

- обеспечение автоматической подачи запальной трубки в запальный канал при ее использовании (в настоящее время эти операции производятся вручную).

С этой целью предпринимается ряд мер: разрабатываются электронные взрыватели, требуемую установку которых можно осуществлять дистанционно; делают-

ся попытки создания модульных зарядов, состоящих из нескольких частей - модулей. Тогда задача сводится к формированию боевого заряда из заданного числа модулей, выдаваемых из боеукладки автоматически; разрабатывается новая система воспламенения заряда лазерного типа.

Для современных САО эти задачи пока еще до конца не решены, однако частичная механизация процессов заряжания уже проведена (в части выбора, подачи и досылки снарядов и досылки гильз). Создание САО нового поколения предполагает переход к полной автоматизации заряжания орудия.

В настоящий момент в структуре МЗ будем рассматривать общие случаи механизированной боеукладки, механизмов подачи и досылажелей.

Основные требования к механизмам заряжания:

минимальное потребление энергии и высокий коэффициент полезного действия;

постоянство скорости подачи и досылки при всех углах возвышения и при любом количестве боеприпасов в магазине (ленте, обойме);

неподвижность приемника магазина для обеспечения непрерывности подпитки подающего устройства;

сила тяжести боеприпасов не должна использоваться в качестве движущей;

минимум инерционных участков, как при подаче, так и при досылке;

отсутствие смятия и распатронирования боеприпаса;

наличие сдающих звеньев в механизмах;

возможность двухсторонней подачи, особенно для авиационных пушек;

безопасность в обращении;

надежность работы и возможность ручного заряжания;

простота в изготовлении;

прочность, живучесть и неуязвимость.

#### **4.3. БОЕУКЛАДКИ ОРУДИЙ СРЕДНЕГО И КРУПНОГО КАЛИБРОВ**

Боеукладками называют устройства для хранения боеприпасов в корпусе САО или танка. Они могут быть немеханизированными и механизированными (или автоматизированными).

К боеукладкам предъявляются следующие специфические требования:

максимальная емкость и полнота использования объема при обеспечении удобства работы личного состава, при эксплуатации орудия;

надежное крепление боеприпасов в боеукладке;

минимальные время и трудозатраты на извлечение требуемого боеприпаса из боеукладки;

минимальная масса конструкции боеукладки.

Кроме того, желательно, чтобы снаряды в боеукладке располагались горизонтально, во избежание нарушения работоспособного состояния взрывателей некоторых типов при подрыве под днищем САО противотанковой мины.

Немеханизированные боеукладки представляют собой жесткие крепления боеприпасов, например, в баках-стеллажах (в танке), на броне внутри башни или корпуса и т. п. Выбранный боеприпас из них извлекается вручную. Примеры таких укладок приведены на рис. 4.2-4.4. Крепление боеприпасов в таких укладках может

быть лироочным, барашковым, хомутовым, стеллажным.

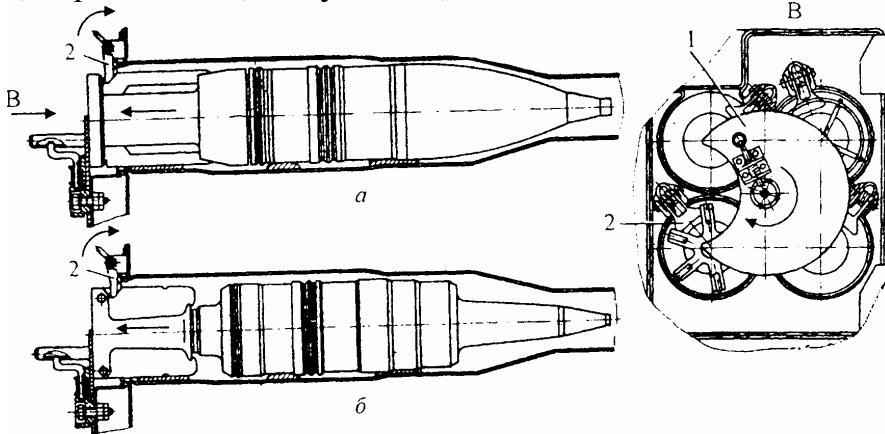


Рис. 4.2. Крепление снарядов в переднем баке-стеллаже:

*a* - осколочно-фугасного; *б* – кумулятивного; 1 - диск;

2 - защелка (стрелками показаны направления перемещения соответственно диска, защелок и снарядов при их извлечении из боекладки).

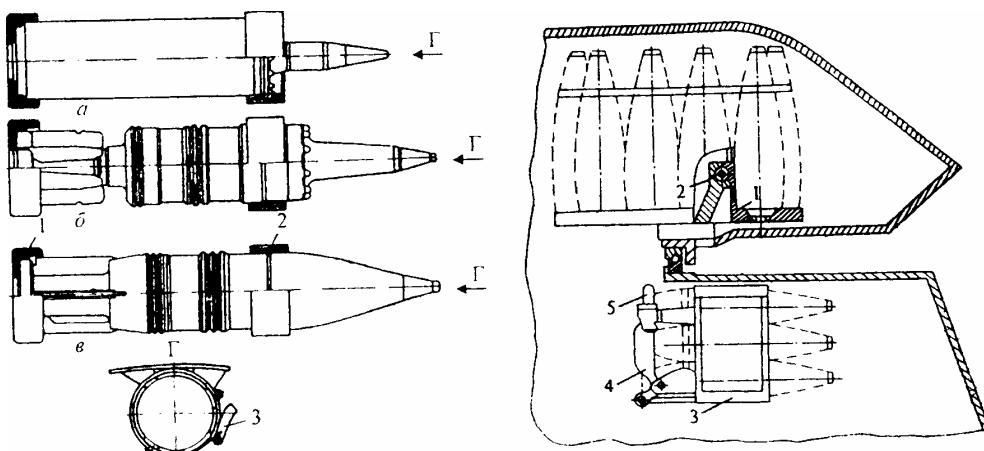


Рис. 4.3. Крепление снарядов в хомутовой укладке: *a* - бронебойно-подкалиберного; *б*-кумулятивного; *в*- осколочно-фугасного; 1 – чашка; 2 – хомут; 3 - замок хомута.

Рис. 4.4. Карусельная и стеллажная боекладки: / - карусель с гнездами для снарядов; 2 - погон карусели; 3 - стеллаж с ячейками для снарядов; 4 – плита для крепления боеприпасов на походе; 5 – пневмопружинный стопор.

Механизированные или автоматизированные боекладки выполняют и дополнительные функции - выбор и выдачу (или подачу) по команде требуемого боеприпаса.

Они могут располагаться на качающейся части орудия, в нише башни, в корпусе танка или САО. Для САО характерно расположение этих устройств на качающейся части орудия (например, для безбашенного орудия VK-155), в нише башни (отечественное 152-мм САО "Мста-С"), а для танков - в нижней части корпуса (Т-72 и др.).

Это обусловлено тем, что танки в ходе боевых действий являются, как правило, наблюдаемой целью и подвергаются обстрелу (обычно прямой наводкой), поэтому их боекомплект должен находиться в максимально защищенном месте. Кроме того, чтобы понизить вероятность поражения танка, минимизируют его размеры, в частности, размеры башни. Это существенно препятствует размещению в ней механизированной укладки с достаточным количеством боеприпасов, хотя известны

примеры и таких компоновок. САО, как правило, не являются наблюдаемой целью, обеспечивают возможность стрельбы на больших углах возвышения, поэтому характеризуются большими габаритами. Объем башни САО позволяет разместить в ее нише механизированную боекладку с приемлемым количеством боеприпасов.

Следует отметить, что расположение укладки на качающейся части орудия, несмотря на такое важное преимущество, как ее постоянное согласование с положением казенника, имеет и очень существенные недостатки: малая емкость боекладки; значительное нарушение уравновешенности качающейся части при расходовании боеприпасов; большая мощность приводов наводки.

Поэтому наиболее рациональной является компоновка боекладки в нише башни САО, обеспечивающая ее согласование с плоскостью стрельбы. Согласование механизированной укладки с качающейся частью орудия в вертикальной плоскости обеспечивается с помощью, например, рычажного механизма подачи (согласователя), представленного на рис. 4.5.

Некоторые типы боекладок для орудий малого калибра могут быть совмещены с механизмами подачи, например, магазины, поэтому их рассмотрим ниже при анализе механизмов подачи.

В САО средних и крупных калибров и в танках получили распространение механизированные боекладки карусельного типа и в виде замкнутого транспортера, состоящего из шарнирно соединенных звеньев. Эти звенья представляют собой гнезда для боеприпасов, оси которых располагаются параллельно.

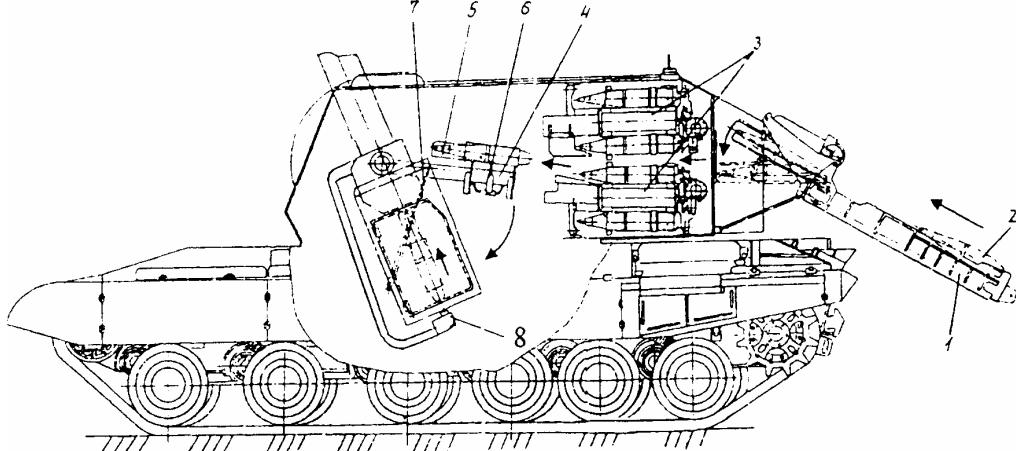


Рис. 4.5. Схема механизмов заряжания САО:

1 - цепной транспортер; 2 – снаряд; 3 - боекладка (замкнутые транспортеры); 4 – рычажный механизм подачи (согласователь); 5 - лоток согласователя; 6 - рабочий цилиндр лотка согласователя (поворачивает лоток согласователя для скатывания снаряда на лоток орудия); 7 - рабочий цилиндр механизма подачи (поворачивает согласователь); 8 - цепной досыпател.

*Карусельные боекладки* (вращающиеся транспортеры, кольцевые конвейеры) могут быть с различным расположением боеприпасов: параллельным (вертикальным) (рис. 4.4); радиальным (горизонтальным) (рис. 4.6); комбинированным (рис. 4.7).

В последнем случае снаряды располагаются радиально (горизонтально), а заряды - параллельно (вертикально).

Карусель, представленная на рис. 4.4, может поворачиваться с помощью электропривода или вручную. Подача снаряда на лоток досыпателя производится вручную.

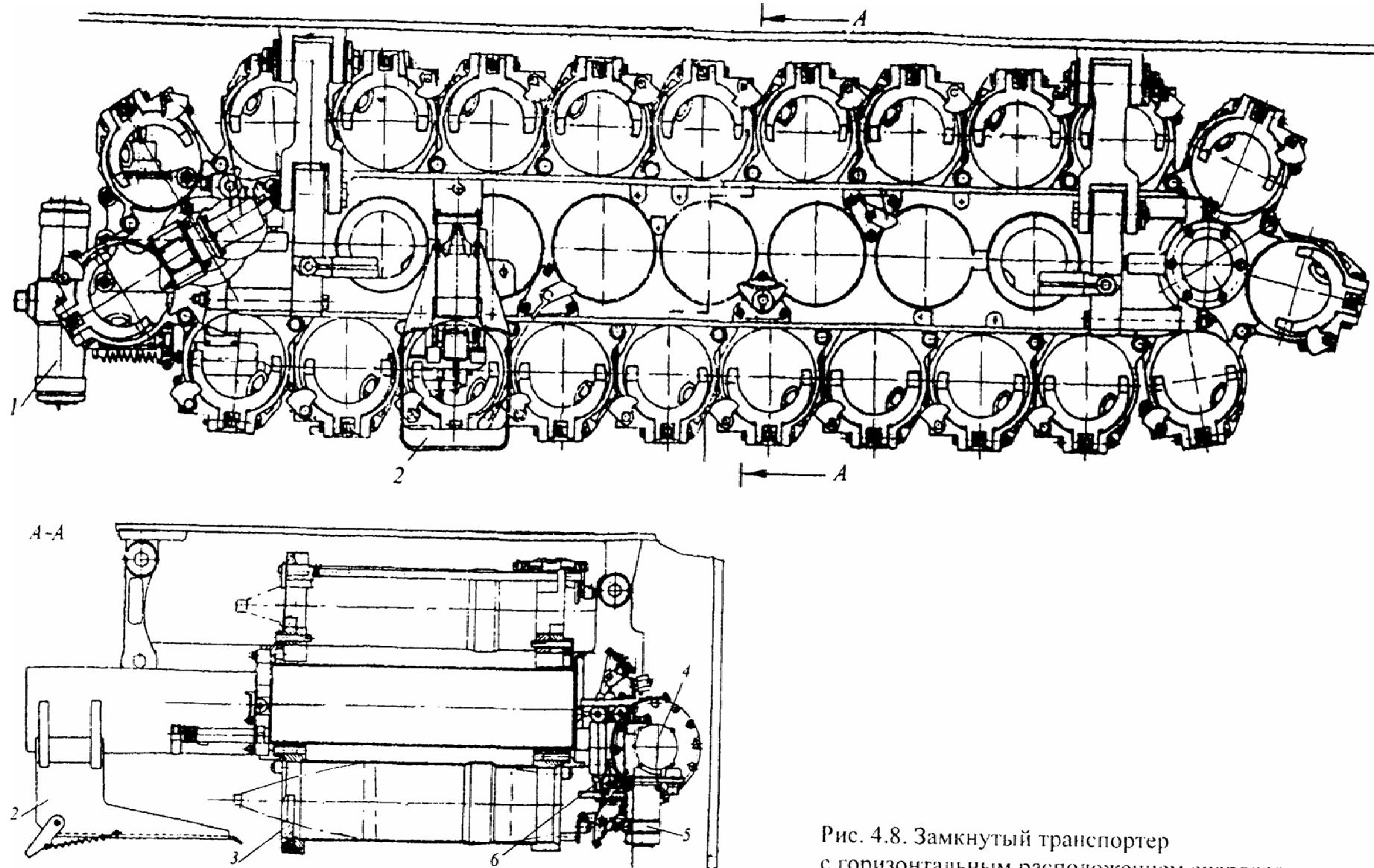


Рис. 4.8. Замкнутый транспортер  
с горизонтальным расположением снарядов

Вращающиеся транспортеры, установленные на танках (рис. 4.6 и 4.7), приводятся в действие с помощью электро- или гидромеханического привода, а в случае необходимости - с помощью ручного привода. Боеприпасы в лотках или кассетах крепятся защелками. Эти боекладки обеспечивают выдачу требуемого типа выстрела по команде. При загрузке в них боеприпасов тип выстрела в каждой ячейке фиксируется с помощью специального устройства.

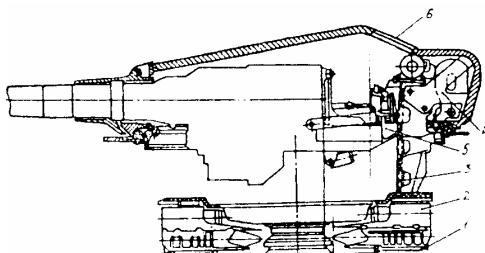


Рис. 4.6. Схема автомата заряжания с радиальным расположением боеприпасов в боекладке.

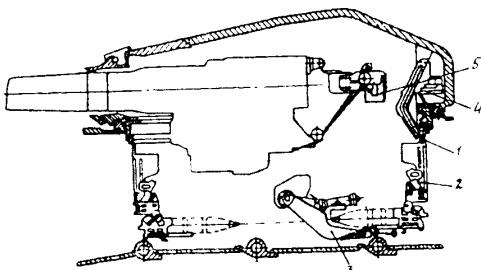


Рис. 4.7. Схема автомата заряжания с комбинированным расположением боеприпасов в боекладке.

*Замкнутые транспортеры* могут быть с вертикальным и горизонтальным расположением боеприпасов. Пример такой боекладки с горизонтальным расположением боеприпасов представлен на рис. 4.8. Конструкция замкнутого транспортера позволяет обеспечить выбор требуемого типа боеприпаса. Это производится следующим образом. Лоток с необходимым типом снаряда с помощью электропривода 1 перемещается напротив лотка 2. При этом вилка 3 расстопаривается и освобождает снаряд. Устройство 4, подобное цепному досыпателю, приводится в действие своим электроприводом 5 и выдвигает клюцем 6 снаряд на лоток 2. Далее снаряд перемещается на лоток, например, рычажного механизма подачи (согласователя), который подает его к орудию при любом угле возвышения (см. рис. 4.5). При наличии места в башне САО механизированная укладка может содержать и два замкнутых транспортера, расположенных один под другим.

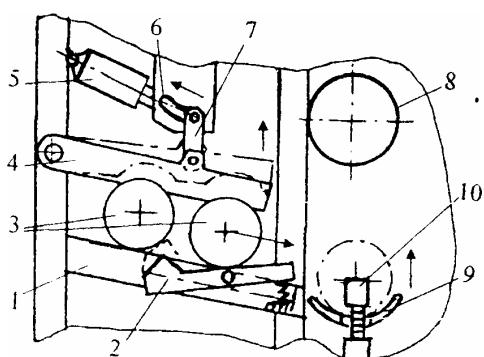


Рис. 4.9. Элемент стеллажной механизированной укладки:

1 - наклонная полка; 2 – отсекатель; 3 боеприпасы; 4 крепежная планка; 5 – пневмоцилиндр; 6 - запирающий паз; 7 - запирающая тяга (шарнирно связана с крепежной планкой и штоком пневмоцилиндра); 8 - окно выдачи боеприпасов; 9 - лоток (перемещается от полки к окну выдачи); 10 - замкнутый транспортер (установлен на лотке - перемещает боеприпас к окну выдачи и выдает его из боекладки).

Известны также случаи использования и других типов механизированных боекладок для орудий среднего и крупного калибров, установленных на качающейся части, например, магазина, барабана. Однако их широкому использованию препятствует малая вместимость, обусловленная ограничениями по массе и габаритам. На рис. 4.9 показана стеллажная механизированная укладка.

Следует отметить, что механизированные укладки орудий среднего и крупного калибров обычно вмещают не более 50 боеприпасов. С учетом современных требований возимый боекомплект необходимо увеличивать и желательно, чтобы мак-

симальное количество боеприпасов находилось в механизированной укладке.

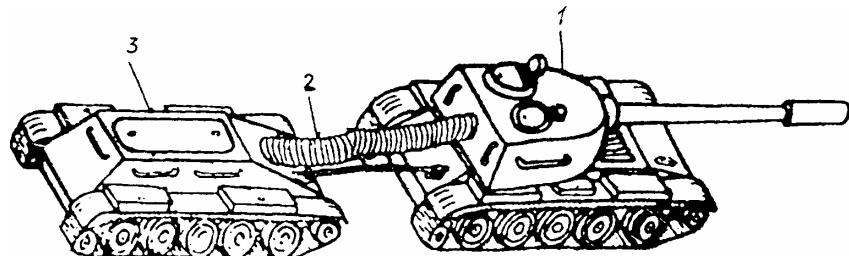


Рис. 4.10. САО с транспортно-заряжающей машиной:  
1 – САО; 2 - выдвигающийся лоток; 3 ТЗМ на самоходном шасси.

Обеспечению необходимой автономности и тактической подвижности артиллерийского подразделения способствовало бы создание транспортно-заряжающей машины (ТЗМ) на самоходном шасси или в виде прицепа (рис. 4.10).

ТЗМ на самоходном шасси имеет ряд преимуществ:

может иметь бронирование;

перевозить большое количество боеприпасов (1,5...2 боекомплекта);

имеет достаточную подвижность для обслуживания нескольких батарей;

может обеспечить высокую степень механизации и автоматизации подготовки боеприпасов.

Однако ТЗМ на базе прицепа значительно легче и дешевле, но при этом снижается маневренность САО и ТЗМ является легко уязвимым объектом. В обоих случаях для транспортировки боеприпасов с ТЗМ на борт САО можно использовать гибкий тракт, а саму транспортировку производить сжатым воздухом.

В настоящее время для создаваемого американского 155-мм САО Crusader разрабатывается самоходная бронированная машина пополнения запасов, выполняющая функции ТЗМ и обеспечивающая пополнение баков орудия топливом в полевых условиях. На борту машины может находиться 130 снарядов и 480 зарядов. Их подача к нужным отсекам САО осуществляется с помощью регулируемой стрелы.

#### 4.4. МЕХАНИЗМЫ ПОДАЧИ

В общем случае процесс подачи состоит в перемещении боеприпасов от места их накопления (на грунте в отдалении от орудия или в боекладке) на линию досылки. Это перемещение может производиться принудительно на всем пути, то есть по строго определенной траектории под постоянным воздействием движущих сил, или свободно. Очевидно, что принудительная подача обеспечивает более стабильную скорострельность и более высокую надежность функционирования орудия в целом.

Если подача снаряда и боевого заряда производится совместно, то ее называют комплектной, а если раздельно - некомплектной.

В общем случае в процессе подачи боеприпасов можно выделить несколько операций: перемещение боеприпасов от места их накопления (например, на грунте в отдалении от орудия) на невращающуюся часть орудия (до места загрузки на врачающуюся часть); перемещение боеприпасов на врачающуюся часть, на качающуюся часть и на линию досылки.

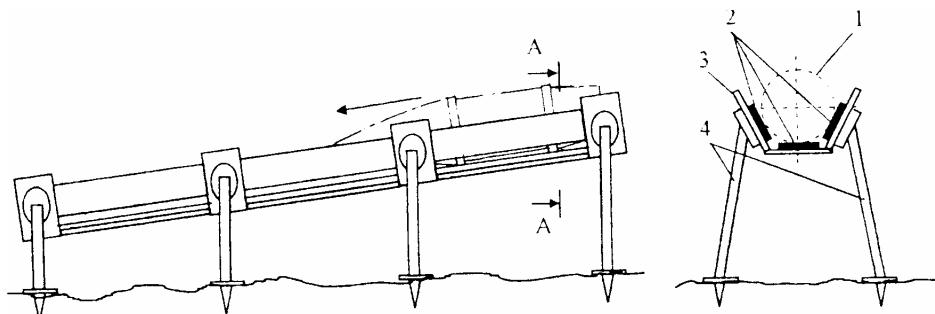


Рис. 4.11. Наклонный желоб для подачи боеприпасов к орудию:  
1 – боеприпас; 2 - направляющие с антифрикционным покрытием; 3 – каркас;  
4 - опорные ноги (стрелкой показано направление подачи боеприпаса).

В некоторых случаях отдельные операции могут отсутствовать, например, боеприпас из боеукладки может непосредственно подаваться на линию досылки.

Для выполнения каждой из указанных операций могут быть использованы специальные устройства и механизмы. Например, перемещение боеприпасов к орудию можно обеспечить с помощью наклонного желоба (рис. 4.11). Для этой же цели могут быть использованы и специальные тележки и рельсовый путь (для боеприпасов крупных калибров).

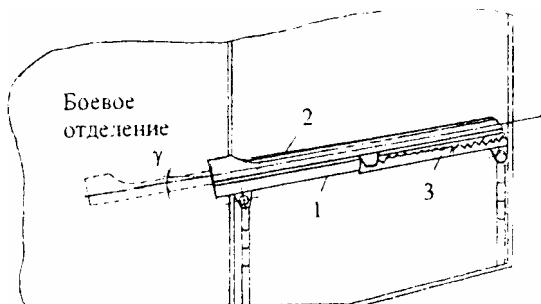


Рис. 4.12. Лотковое устройство для подачи боеприпасов, выложенных на грунте:  
1 - основание; 2 - лоток на роликах (перемещается вперед под действием  
составляющей силы тяжести подаваемого боеприпаса); 3 возвратная пружина.

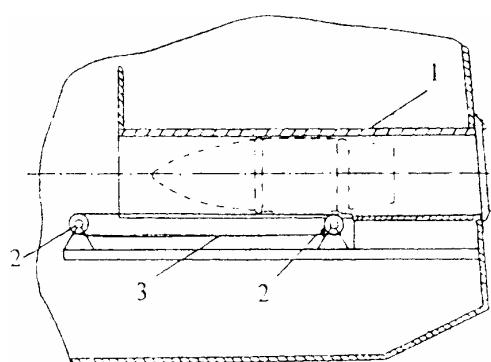


Рис. 4.13. Транспортер для подачи боеприпасов,  
выложенных на грунте:  
1 - труба для загрузки боеприпасов; 2 – каток; 3-  
транспортерная лента

Для перемещения боеприпасов на вращающуюся часть используют устройства, представленные на рис. 4.5, 4.12 и 4.13.

Подача на линию досылки производится либо вручную, либо тоже при помощи механизмов. Сначала рассмотрим основные виды подачи для автоматов малого калибра: магазинную, ленточную и обойменную.

*Магазинная подача* производится из короба (магазина), в котором располага-

ются боеприпасы и обычно установлен привод подачи. Различные схемы магазинов представлены на рис. 4.14-4.17.

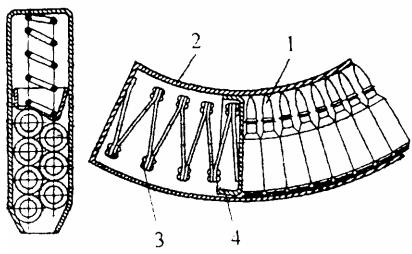


Рис. 4.14. Коробчатый магазин:  
1 – патроны; 2 – корпус; 3 – подающая пружина; 4 – подающее звено

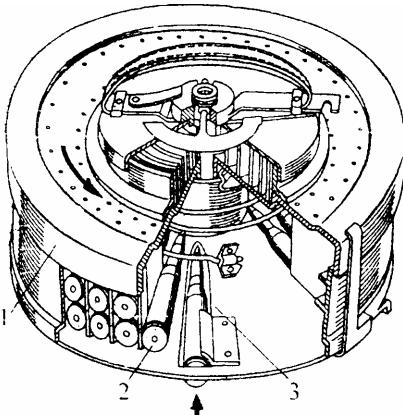


Рис. 4.16. Магазин с радиальным многоядным расположением патронов:  
1 – корпус магазина; 2 – патроны; 3 – окно для выдачи патронов

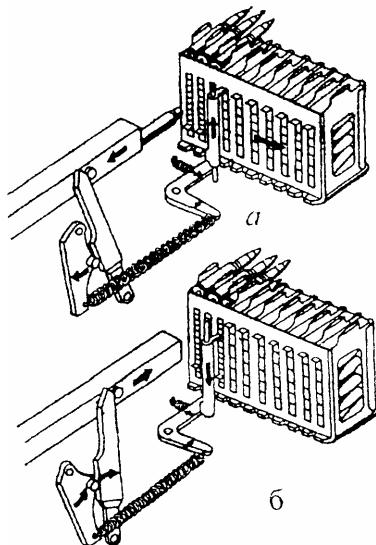


Рис. 4.15. Многосекционный коробчатый магазин:  
а - опорожненные секции; б - переход к другой секции магазина.

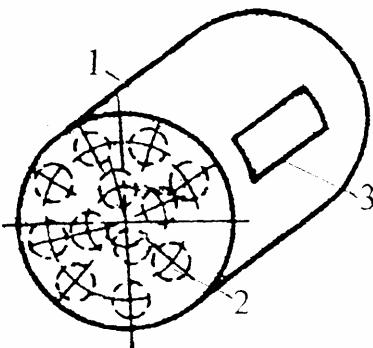


Рис. 4.17. Схема барабанного механизма:  
1 – корпус магазина; 2 – боеприпасы;  
3 – окно для подачи боеприпасов.

В коробчатом магазине патроны перемещаются под действием подающей пружины параллельно его боковым граням – прямолинейно или по дуге окружности. Кривизна магазина определяется формой патронов. Таким образом, коробчатый магазин является простейшей боеукладкой со встроенным механизмом подачи. Расположение патронов в нем может быть однорядным либо в шахматном порядке для увеличения емкости (рис. 4.14). С этой же целью несколько однорядных магазинов могут объединяться в многосекционный магазин (рис. 4.15), секции которого расходуются последовательно. В качестве рабочей (подающей) пружины обычно используется либо витая, либо пластинчатая пружина.

Дисковый магазин (рис. 4.16) получают увеличением длины дугообразного коробчатого магазина до замыкания его в окружность. Патроны в нем располагаются радиально в один или несколько рядов. Для перемещения патронов в магазине используется спиральная пружина, их подача производится через специальное радиально расположенное в основании магазина окно.

Минимальное поджатие рабочей пружины (при пустом магазине) обычно принимают в пределах 2...3 весов одного патрона, а максимальное (при полном магазине) – 1,5...2 весов всех патронов.

Барабанный магазин получается увеличением длины коробчатого магазина и свертыванием его в спираль (в улитку) так, чтобы патроны в нем располагались вдоль образующей барабана (рис. 4.17).

К достоинствам магазинной подачи следует отнести:

наличие механизма подачи в самом магазине (не требуется усложнять конструкцию автомата дополнительными кинематическими связями подвижных частей с подающим звеном);

простота и надежность (патроны в магазине надежно фиксируются и направляются).

Однако этому виду подачи свойственны и недостатки:

малая емкость магазина - обычно от 3 до 10 патронов, обусловленная ограничениями по массе (для быстрой смены магазина его масса не должна превышать 10 кг);

значительная пассивная масса, составляющая 30-40 % от массы боеприпасов (чем больше калибр, тем больше этот процент).

*Ленточная подача* обеспечивает большую длину непрерывной очереди. Основными элементами в этом случае являются: лента с гнездами для размещения боеприпасов и привод подачи. Ленты должны обладать возможно меньшим шагом, высокой прочностью, строгой фиксацией боеприпасов, меньшим и стабильным усилием извлечения патронов, удобством и простотой перезаряжания, малым собственным весом, простотой изготовления. По конструкции различают мягкие, жесткие и полужесткие ленты.

Мягкие ленты могут быть изготовлены из холста или хлопчатобумажной ткани. Они имеют малую массу, хорошую гибкость, достаточную прочность, однако отличаются гигроскопичностью и малой износостойкостью. При впитывании лентой влаги изменяется ее шаг и усилие извлечения патрона, что нарушает работу механизма подачи. Известны мягкие ленты, выполненные из синтетических материалов.

Жесткие ленты - металлические, состоят из шарнирно соединенных обойм с расположеными в них гнездами для боеприпасов. Такие ленты прочны, хорошо направляют патрон, но достаточно тяжелы и имеют малую гибкость. Поэтому их размещают в специальных магазинах, устанавливаемых на автоматах, что дополнительно увеличивает массу и габариты орудия и, конечно, является недостатком.

Полужесткие ленты состоят из шарнирно соединенных между собой металлических звеньев, в каждом из которых закрепляется патрон. Такие ленты являются более гибкими, чем жесткие, поэтому получили большее распространение. Они беспрепятственно могут подводиться к орудию по трактам достаточно сложной формы. Это, например, обеспечивает непрерывную стрельбу орудия при значительном изменении углов возвышения.

Следует отметить, что в необходимых случаях на автомате предусматривают и специальные механизмы, предохраняющие ленту от перекручивания.

Полужесткие ленты могут быть нерассыпными - если после извлечения патронов звенья не отделяются друг от друга (шарнирная связь между ними сохраняется) и рассыпными - если после извлечения патронов звенья отделяются друг от друга и рассыпаются.

В процессе стрельбы звенья рассыпной ленты перемещаются по звеньевому отводу из автомата наружу или в звеньевую улавливатель. Очевидно, что поломка одного звена

не требует ремонта ленты дефектное звено можно просто заменить или удалить. При поломке нерассыпной ленты необходим ее ремонт.

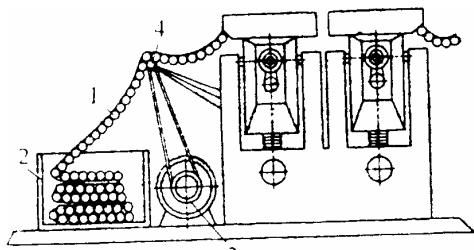


Рис. 4.18. Схема ленточной подачи с электроподтягом:  
1 - лента с патронами; 2 - короб; 3 - привод электроподтяга; 4 - звездочка электроподтяга.

Патрон из полужесткой ленты может извлекаться несколькими способами: проталкиванием вперед сквозь звено; вытягиванием из ленты назад (в звеньях закрытого типа); съемом звена в поперечном направлении (в звеньях открытого типа).

Выдергивание патрона назад из звена открытого типа предусматривает сложную ступенчатую (двухэтажную) подачу, что усложняет выполняющий ее механизм. Это, конечно, является недостатком.

Снаряженная лента имеет значительную массу, поэтому для облегчения работы механизма подачи ее укладывают в короб слоями ("змейкой"), как показано на рис. 4.18. В этом случае механизм подачи тянет только свисающий участок ленты. Однако и в этом случае иногда энергии выстрела недостаточно для надежного протягивания ленты, тогда используют дополнительный электроподтяг (рис. 4.18). Электроподтяг обеспечивается электроприводом ведущей звездочки.

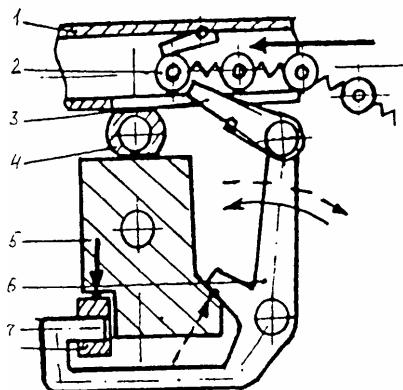


Рис. 4.19. Схема рычажного перемещения ленты:  
1 - коробка подачи; 2 - лента с патронами;  
3 - палец подачи; 4 - ствол; 5 - привод подачи;  
6 - рычаг; 7 - кольцо.

Механизм перемещения ленты обычно связан с ведущим звеном автомата и имеет следующие разновидности: ползунковый, рычажный, барабанный, рычажно-ползунковый. Пример рычажного механизма представлен на рис. 4.19.

Для калибров свыше 45 мм ленты получаются слишком тяжелые, что затрудняет их быструю смену. Вследствие этого для указанных автоматических орудий обычно используют обойменную подачу.

*Обойменная подача* применяется в артиллерийских автоматах калибра 37...57 мм (например, в 57-мм пушке С-60). Варианты исполнения обойм представлены на рис. 4.20. Для закрепления в них патронов используется фланец гильзы (закраина) или специальные проточки.

Допустимая масса обоймы с патронами с учетом физических возможностей человека составляет 28...30 кг, однако для обеспечения быстрой подачи обойм в приемник указанная масса не должна превышать 10...15 кг. Перемещение обоймы или патронов в механизме подачи может осуществляться как за счет взводимой в

процессе отката-наката пружины, так и непосредственной передачей от подвижных частей автомата.

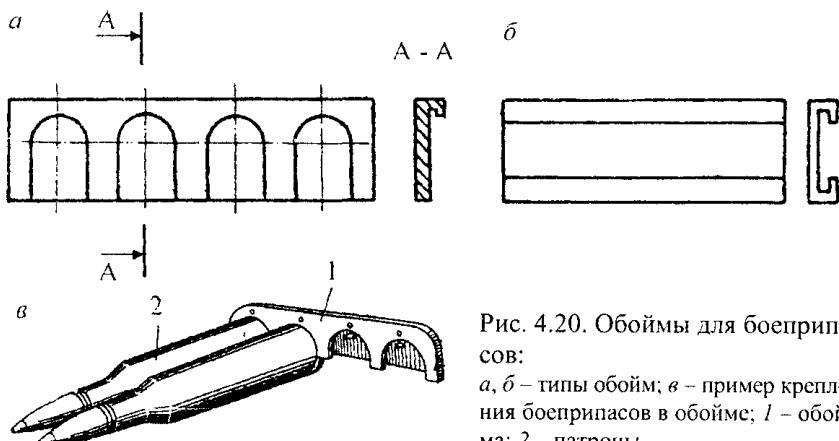


Рис. 4.20. Обоймы для боеприпасов:  
а, б – типы обойм; в – пример крепления боеприпасов в обойме; 1 – обойма; 2 – патроны

Недостатком обойменной подачи является невозможность обеспечения высокой практической скорострельности вследствие вынужденных перерывов в стрельбе для подачи снаряженных обойм. Повысить скорострельность можно применив бункерную подачу.

*Бункерная подача* может быть обойменной (рис. 4.21) и безобойменной (рис. 4.22) или элеваторной. Этот вид подачи позволяет пополнять бункер боеприпасами во время стрельбы, не делая для этого перерывов, обеспечивая большую длину непрерывной очереди. Работа механизмов подачи - перемещение его звеньев и боеприпасов - показаны на рис. 4.21 и 4.22. Движение элеваторного транспортера может обеспечиваться за счет перемещения откатных частей или за счет специального привода.

Недостатками бункерной подачи являются: крепление на качающейся части орудия громоздких и тяжелых питающих устройств, масса которых во время стрельбы изменяется; относительная сложность механизма; пониженная надежность при стрельбе с подвижного основания (например, с катера).

Рассмотренные виды подачи предназначены для заряжания артиллерийских автоматов малого калибра унитарными патронами.

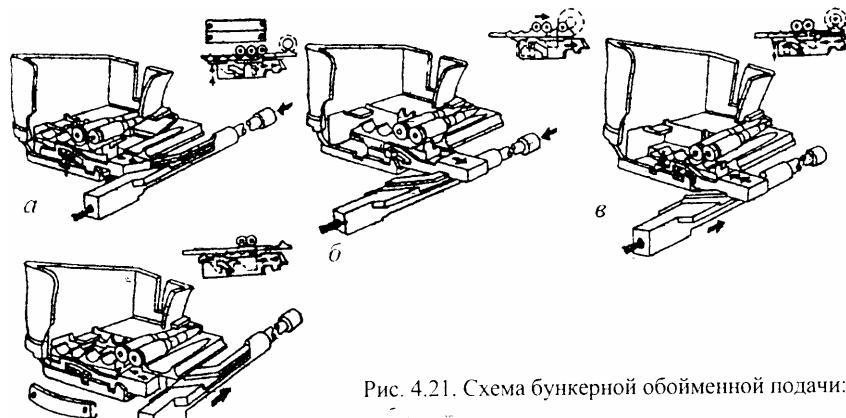


Рис. 4.21. Схема бункерной обойменной подачи:  
а, б, в, г – различное положение звеньев механизма и боеприпасов при подаче.

Используемые при этом боекладки (магазины, барабаны, ленты, обоймы и бункеры) не обеспечивают выбор заданного типа боеприпасов - это обычно и не требуется.

Для орудий среднего и крупного калибров в основном применяются рычажные механизмы подачи (рис. 4.5 и 4.7) или цепные подъемники (рис. 4.6).

Рычажный механизм, представленный на рис. 4.7, и цепной подъемник (рис. 4.6) обеспечивают заряжание орудия только в определенном его положении на угле заряжания. Такие механизмы используются в танках, поскольку диапазон углов возвышения танкового орудия мал ( $-5^{\circ} \dots +20^{\circ}$ ) и приведение его на угол заряжания не занимает много времени.

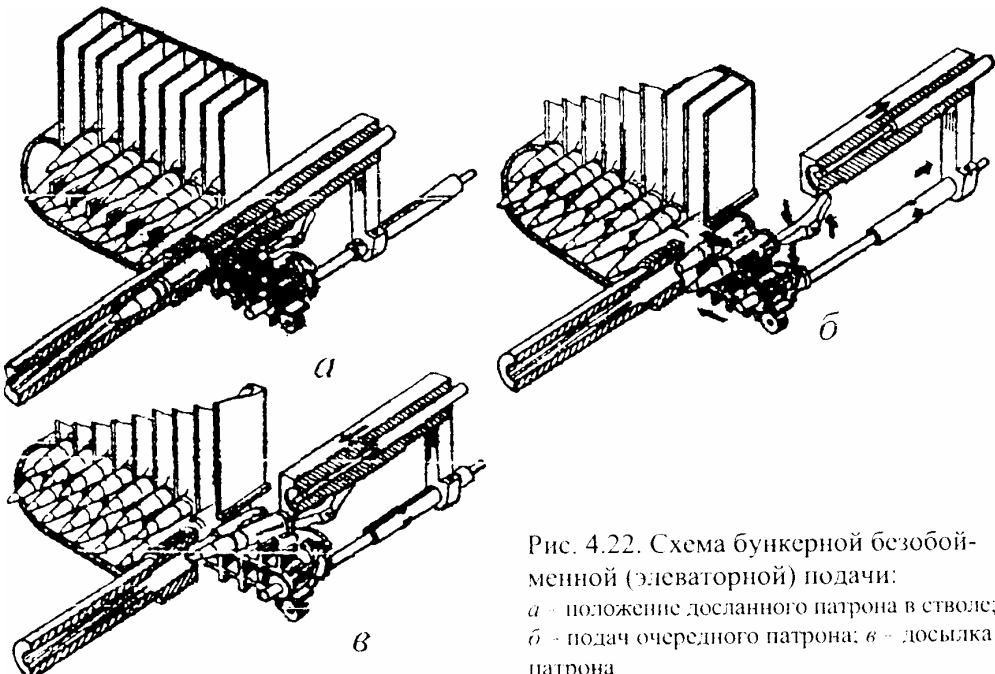


Рис. 4.22. Схема бункерной беззобой-  
менной (элеваторной) подачи:  
а - положение досланных патронов в стволе;  
б - подач очередного патрона; в - досылка  
патрона

На САО с большим диапазоном углов возвышения ( $-5^{\circ} \dots +75^{\circ}$ ) применяется рычажный механизм, показанный на рис. 4.5, обеспечивающий подачу боеприпасов к орудию на любом угле возвышения. Для этого ось поворота подающего рычага (согласователя) совмещают с осью цапф орудия. Согласователь сначала перемещается к боекладке и в его лоток загружается боеприпас, а затем поворачивается на угол, соответствующий углу возвышения орудия. После этого боеприпас с лотка согласователя подается на лоток орудия для досылки.

Рычаг механизма подачи перемещается с помощью постороннего источника энергии, например, гидропривода.

Следует отметить, что в некоторых случаях функции механизма подачи может выполнять и боекладка, представляющая собой, например, замкнутый транспортер (рис. 4.8), из ячейки которого производится досылка.

К механизмам подачи артиллерийских автоматов предъявляются следующие основные требования:

патрон должен подаваться на линию досылки своевременно, до начала движения досылающего звена;

подаваться должен только очередной патрон, а последующие должны отсеяться; при подаче патрон должен перемещаться по строго определенной траектории.

## 4.5. АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ ДОСЫЛАТЕЛИ

Досылка боеприпаса (перемещение его в камору орудия), как и подача может быть комплектной и некомплектной. При комплектной досылке не обязательно досылается унитарный патрон - совместно могут досылаться и не соединенные между собой снаряд и заряд (тандем). Кроме того, досылка может быть ручной, механизированной и автоматической. Механизированная досылка производится с помощью механизмов, управляемых вручную, а автоматическая - без вмешательства человека.

Боеприпас может досылаться принудительно на всем пути, либо только на начальном участке, а далее перемещаться по инерции. В первом случае досылку называют принудительной, а во втором - инерционной или бросковой. Характерные графики изменения скорости досылки для этих случаев приведены на рис. 4.23. Из этих графиков следует, что одна и та же конечная скорость боеприпаса  $v_{\text{ок}}$  при различных способах досылки достигается за различное время. Наименьшее время процесса обеспечивается в случае принудительной досылки с дополнительным торможением боеприпаса и ведущего звена досылателя на конечном участке движения. Это обусловлено максимальной средней скоростью боеприпаса. Однако необходимость усложнения механизмов заряжания вследствие ввода специального тормозного устройства препятствует широкому распространению этого способа досылки.

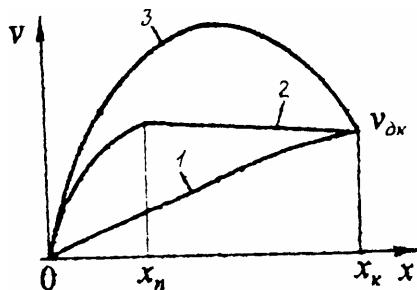


Рис. 4.23. Графики изменения скорости досылки боеприпаса от его перемещения:  
1 - принудительная досылка; 2 - бросковая (инерционная) досылка; 3 - принудительная досылка с торможением досылающего звена и боеприпаса на конечном участке движения.

Из оставшихся двух вариантов меньшее время процесса обеспечивает бросковая досылка. Однако ее существенным недостатком является наличие большого инерционного участка движения, на котором он неуправляем. Например, инерционный путь досыаемого крупнокалиберного снаряда обычно составляет более 1,5 м. Вследствие даже незначительных случайно возникающих кинематических возмущений снаряда (поворота, колебаний и т. п.) становится неизбежными его соударения с лотком, стволом (иногда и с другими элементами орудия), в результате боеприпас может потерять значительную часть кинетической энергии (иногда до 50 %), и его конечная скорость досылки может оказаться меньше допустимого значения. Таким образом, условие работоспособности досылателя будет нарушено, следовательно, надежность не будет обеспечена.

Принудительная досылка характеризуется более высокой надежностью, поскольку досылающее звено ведет боеприпас до конца, обеспечивая при минимальных кинематических возмущениях его необходимую скорость и положение. Только ее можно применять, например, в танковых орудиях, которые способны вести стрельбу с ходу.

Однако существенным недостатком принудительной досылки является не только большое время перемещения боеприпаса в зарядную камору, но и дополнительные потери времени на возврат в исходное положение досылающего звена, осо-

бенно при раздельно-гильзовом заряжании с помощью одного досылителя. С учетом того, что ход досылающего звена, например, при досылке крупнокалиберного снаряда может составлять примерно 2 м и более, эти потери времени оказываются существенными.

Следует отметить, что с наименьшими трудностями удается обеспечить надежность досылки унитарного патрона или tandemной досылки снаряда и заряда. В случае раздельно-гильзового заряжания сначала досылается снаряд и его ведущий поясок заклинивается в опорном конусе каморы, перекрывая канал ствола. Таким образом при последующей досылке гильзы в каморе возникает избыточное давление - воздушная подушка, которая существенно препятствует движению гильзы вперед. При бросковой досылке из-за потери скорости гильза может не сбить захваты экстракторов с кулачков клина, отскочив от них. Опыт показывает, что, даже сбивая захваты экстракторов гильза отбрасывается назад настолько, что препятствует закрыванию клинового затвора. Чем тяжелее гильза, тем легче она пробивает воздушную подушку. Практика показывает, что, например, для 152-мм орудия гильзу с полным зарядом броском дослать можно, а с минимальным не удавалось. Поэтому отдельно гильзу досыпают принудительно (вручную или с помощью механизмов). При tandemной досылке (совместно снаряда и гильзы) воздушная подушка не образуется.

Досылка боеприпасов является весьма ответственной операцией. Ее неправильное выполнение может приводить к задержкам при стрельбе, механическим повреждениям боеприпаса. Чтобы этого не случилось, артиллерийские досылители должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) обеспечивать конечную скорость досылки боеприпаса в допустимых пределах;
- 2) обеспечивать стабильность параметров досылки, а также их постоянство при изменении угла возвышения орудия;
- 3) обеспечить максимальное удобство и безопасность работы номеров расчета;
- 4) обеспечить возможность ручной досылки в случае отказа досылающих устройств;
- 5) при компоновке САО или танка применение досылающих устройств не должно приводить к уменьшению углов наводки орудия и возимого боекомплекта.

При досылке унитарного патрона минимальная конечная его скорость определяется из условия надежного сбивания захватов выбрасывателя с кулачков клина - она должна быть в пределах 0,6...1 м/с.

При большой конечной скорости досылки патрона возможны негативные явления: отскок боеприпаса от казенного среза ствола; его распиривание; повреждение фланца гильзы или ее корпуса, осадка снаряда вовнутрь гильзы. Для исключения этих негативных явлений указанная скорость не должна превышать 4...6,5 м/с. На практике установлено, что наиболее вероятным повреждением боеприпаса является его распиривание. Оно особенно опасно, если при попытке разрядить орудие, когда снаряд, заклиниенный в опорном конусе, не извлекается вместе с гильзой, заряд высыпается в камору разогретого ствола.

При раздельно-гильзовом заряжании конечная скорость досылки снаряда определяется из условия надежного заклинивания его ведущего пояска в опорном конусе каморы. При качании ствола в вертикальной плоскости заклиниенный снаряд не

должен выпадать в камору. В противном случае он может повредить боевой заряд, в результате чего давление пороховых газов при выстреле может недопустимо возрасти, а это может привести к раздутию или хрупкому разрыву ствола. Кроме того, в этом случае ведущий поясок снаряда подойдет к нарезам с большой скоростью и в результате сильного удара может быть срезан. В этих условиях снаряд не будет стабилизирован и значительно отклонится от заданной траектории. До подхода ведущего пояска к нарезам пороховые газы под высоким давлением будут истекать через кольцевой зазор между снарядом и стенкой каморы, что приведет к эрозии канала ствола.

Минимальная допустимая конечная скорость досылки снаряда составляет 0,8 м/с. Однако на практике ее принимают не менее 1,2...1,5 м/с. Максимальная скорость досылки снаряда не должна превышать 9,5 м/с.

Усилие выпрессовки досланного снаряда должно быть не менее 7...8 его весов, но обычно это соотношение принимают гораздо большим. Например, для 152-мм орудия усилие выпрессовки может достигать 30 кН и более.

Минимальная скорость досылки зарядной гильзы определяется из условия надежного сбивания захватов выбрасывателей с кулачков клина (как и для унитарного патрона), а максимальная - из условия отсутствия выползания из нее боевого заряда. Рекомендуемая величина конечной скорости досылки зарядной гильзы должна находиться в пределах 1...3 м/с.

В общем случае досылатель состоит из привода, ведущего звена, механизма взвода (если он необходим) и вспомогательных приспособлений и устройств.

Привод досылителя предназначен для перемещения ведущего звена; он может быть внутренним (используется энергия выстрела) или внешним (с посторонним источником энергии).

Внутренними приводами являются аккумуляторы энергии выстрела: пружинные, пневматические и гидропневматические.

Внешние приводы могут быть электрическими, гидравлическими или газовыми.

В качестве ведущего звена, досылающего боеприпас, используются стержень (шток), лента, цепь, рычаг, каретка, ролики.

Механизм взвода предназначен для приведения ведущего звена (и других деталей досылителя) в исходное положение перед досылкой, сжатия упругого элемента внутреннего привода досылителя (пружины или газа), аккумулирующего энергию, и стопорения устройства во взвешенном состоянии. Взведение досылителя может производиться как при откате, так и при накате ствола с использованием энергии выстрела (в некоторых случаях энергии пороховых газов, отводимых из канала ствола).

Если для взведения досылителя недостаточно длины хода откатных частей, то необходимо предусмотреть в конструкции орудия ускорительный механизм.

При использовании внешних приводов взводить досылатель не требуется - ведущее звено отводится в исходное положение либо самим приводом, либо возвратной пружиной.

В настоящее время на практике применяются следующие типы артиллерийских досылателей: пружинный, пневматический, гидропневматический и с механическим приводом.

Схема конструкции пружинного досылителя представлена на рис. 4.24. Досылатель устанавливается на откатных частях и взводится при накате с момента, когда стопор 5 будет остановлен упором 6 на люльке. После подачи боеприпаса в нужный момент стопор 5 расцепляется с упором 6 и под действием пружины 4 шток 1 с лапкой 2 и клоцем 3 перемещается вперед, досылая боеприпас.

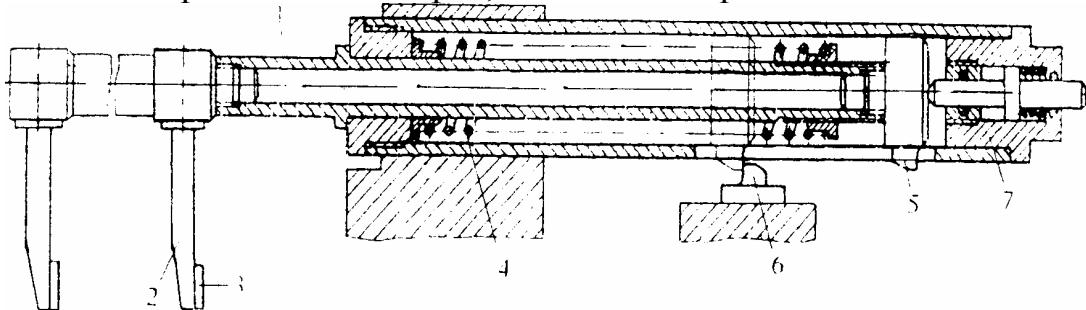


Рис. 4.24. Пружинный досылатель

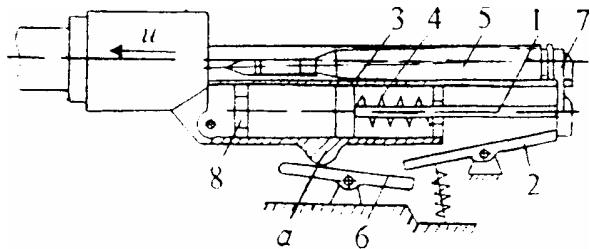


Рис. 4.25. Пример схемы пружинного досылителя автоматического орудия

В конце хода досылающее звено упирается в буфер 7. В некоторых досылателях применяют и более сложные конструкции буфера - гидравлические.

Пример автоматической досылки патрона с помощью пружинного досылителя приведен на рис. 4.25. При откате досылатель перемещается назад вместе с казенником. В начале наката шток 1 досылителя упирается в шептало 2 и останавливается, а корпус 3 продолжает движение вперед, сжимая пружину 4. После подачи патрона 5 на линию досылки зуб *a* корпуса досылителя 3 взаимодействует с промежуточным шепталом 6, которое, поворачиваясь, нажимает на шептало 2, и шток 7 освобождается. Патрон 5 под действием пружины 4 досылается в камору орудия, причем в конце досылки лапки штока 7, ведущие боеприпас, расходятся, освобождая его (в дальнейшем патрон движется по инерции). Шток 1 ударяется в буфер 8 и останавливается. Поскольку лапки штока 7 разведены, то они не препятствуют последующей экстракции гильзы.

Достоинствами пружинного досылителя являются его простота и надежность, а к недостаткам следует отнести изменение скорости досылки боеприпаса при изменении угла возвышения орудия, отсутствие автоматического взвода перед первым выстрелом, существенное возрастание массы рабочей пружины с увеличением калибра орудия. Для облегчения досылителя пружину можно заменить газовым цилиндром, однако в этом случае необходимо предусматривать уплотнения штока и поршня, в которых при досылке возникают значительные силы трения, препятствующие движению штока. Кроме того, в рабочем цилиндре необходимо контролировать и постоянно поддерживать необходимое давление. Очевидно, что наличие уплотнений снижает надежность устройства.

Пружинный досылатель в орудия среднего и крупного калибров обычно обеспечивает бросковую досылку боеприпасов, что также ограничивает его область применения, например, их не используют в танках, поскольку при стрельбе с ходу бросковая досылка не удовлетворяет требованиям по надежности.

Такие досылатели применяют в орудиях калибра до 152 мм включительно. Некоторые данные по пружинным досылителям приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1  
Примерные характеристики пружинных досылателей

Характеристики	Калибр орудия, мм			
	76	100	130	
Тип досылаемого элемента	Унитарный патрон		Снаряд	
Масса досылаемого элемента, кг	12,66	26,49	53,07	
Путь принудительной досылки, мм	1100	300	400	
Полный путь досылки, мм	1100	1400	1550	
Минимальная и максимальная скорости досылки, м/с	3,2 4,3	5,1 7,9	3,4 5,2	3,5...5,4 5,5...7,9
Усилия пружины досылителя в начале и в конце досылки, кН	14,6 1,3	14,9 5,9	18,0 5,8	12,2...14,0 4,3...6,3
Углы возвышения орудия, °	-12...+85	-10...+85	-12..+80	-4...+40

Пример *пневматического досылителя* с посторонним источником энергии представлен на рис. 4.26. Для досылки поданного патрона воздух под давлением (например, из баллона) подается через штуцер 1 в полость цилиндра досылителя 2 и перемещает поршень 3, шток 4, каретку 5 с клюцем 6 вперед, досылая снаряд. Скорость досылки регулируется поворотом золотника 7, то есть изменением проходного сечения отверстий, через которые истекает вытесняемый из цилиндра 2 воздух. В конце досылки каретка упирается в буфер 8 для смягчения удара. Затем воздух из подпоршневой полости цилиндра 2 выпускается и каретка 5 со штоком 4 и поршнем 3 отводится в исходное положение под действием возвратной пружины 9. В конце перемещения каретка ударяется в буфер 10 и останавливается.

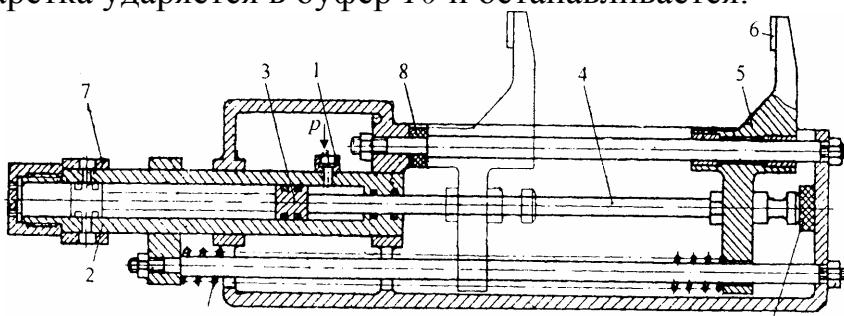


Рис. 4.26. Схема пневматического досылителя

Такие досылатели могут иметь большой ход ведущего звена и осуществляют принудительную досылку.

Достоинствами досылателей указанного типа является возможность регулирования скорости досылки, надежность досылки на всех углах возвышения орудия, от-

существие тяжелой рабочей пружины, а недостатками - необходимость постороннего источника энергии, наличие уплотнений и возвратной пружины (увеличивается сила сопротивления движению боеприпаса при досылке).

В табл. 4.2 приведены некоторые из основных параметров пневматических досылателей.

Таблица 4.2  
Примерные характеристики пневматических досылателей

Характеристики	Калибр орудия, мм	
	100	130
Тип досылаемого элемента	Унитарный патрон	Тандем
Масса досылаемого элемента, кг	32	62
Ход досылателя, мм	1300	1700
Минимальная и максимальная скорости досылки, м/с	<u>2,8</u> <u>3,8</u>	
Начальное давление воздуха (газа) в цилиндре, МПа	4,5	3,8
Углы возвышения орудия, °	-8...+85	

Пример схемы гидропневматического досылителя приведен на рис. 4.27. Досылатель устанавливается на откатных частях и взводится при накате - цилиндр ускорителя 1 упирается в стопор 2 на люльке и останавливается. При этом цилиндр досылителя 3 продолжает движение вперед, вследствие чего жидкость из цилиндра ускорителя 1 через отверстия в штоке 4, клапане 5 и корпусе клапана 6 перетекает в полость цилиндра 3. Клапан 5 давлением жидкости удерживается в заднем (левом) положении так, что все отверстия в корпусе 6 открыты. Поршень 7 со штоком 8 и лапой 9 с клюцем 10 перемещается назад, сжимая газ в полости A. В конце наката досылатель находится во взвешенном состоянии. После подачи боеприпаса цилиндр ускорителя 1 освобождается от стопора 2 и под действием давления  $p$  в полости A поршень 7 вытесняет жидкость из цилиндра досылителя 3 в цилиндр ускорителя 1. При этом клапан 5 под действием пружины 11 перемещается вперед (вправо) и перекрывает боковые отверстия в корпусе 6, обеспечивая перетекание жидкости только через центральное отверстие, то есть требуемую силу гидравлического сопротивления. Вместе с поршнем 7 вперед перемещается и шток 8 с лапой 9 и клюцем 10, досылая боеприпас. В конце досылки лапа 9 упирается в буфер 12, который смягчает удар.

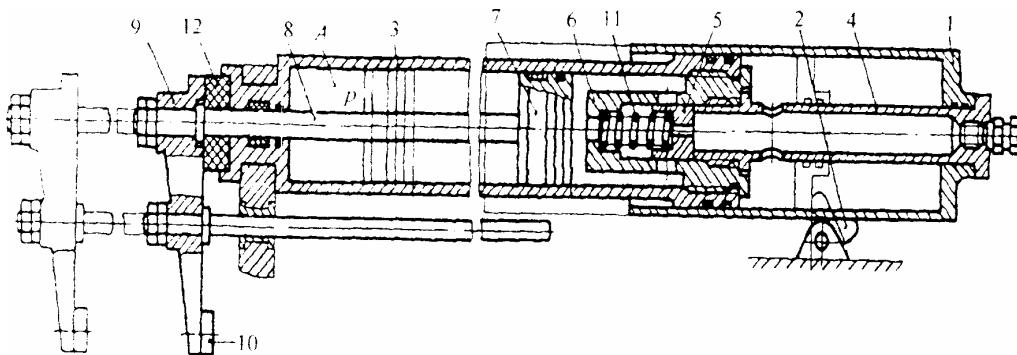


Рис. 4.27. Схема гидропневматического досылителя

Такие досылатели, как и пневматические с посторонним источником энергии, имеют большой ход лапы и обеспечивают принудительную досылку.

Основным достоинством гидропневматических досылателей является возможность регулирования скорости досылки при изменении углов возвышения (для этого достаточно изменять площадь поперечного сечения отверстия, через которое перетекает жидкость - с увеличением угла возвышения она должна увеличиваться).

К недостаткам следует отнести: необходимость обеспечения герметичности устройства и требуемого давления газа в полости цилиндра досыпателя, большие силы трения, возникающие в уплотнениях при досылке боеприпаса, отсутствие автоматического взвода перед первым выстрелом. Характеристики гидропневматических досыпателей представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Характеристики	Калибр орудия, мм	
	125	152
Тип досылаемого элемента	Тандем	
Масса досылаемого элемента, кг	33	95
Ход досылателя, мм	1200	1950
Минимальная и максимальная скорости досылки, м/с	<u>1,2</u> 1,7	<u>1,6</u> 4,5
Начальное давление воздуха (газа) или жидкости в цилиндре, МПа	2,5	1,8
Углы возвышения, °	4...+30	-3...+88

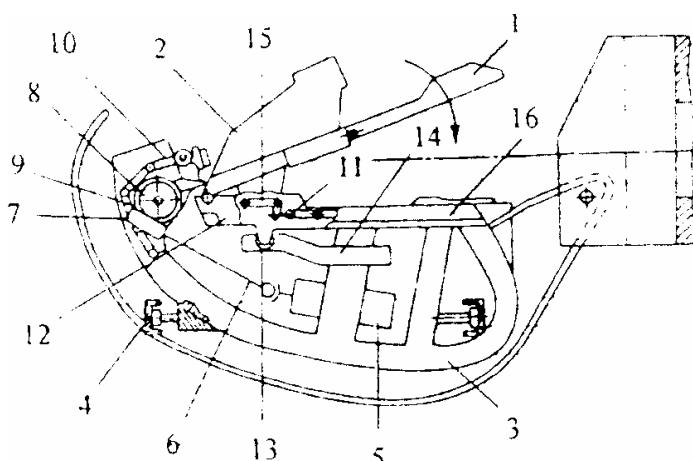


Рис. 4.28. Схема электромеханического досыпателя.

Досыпатели с механическим приводом (электрическим или гидравлическим) получили наибольшее распространение в артиллерии среднего и крупного калибров. Пример электромеханического досыпателя приведен на рис. 4.28. Работает такое устройство следующим образом. Заряжающий укладывает снаряд на лоток 1 качалки 2, снимает со стопора поперечную каретку 3 и перемещает ее по направляющим 4 в положение для досылки. В этом положении каретка фиксируется и автоматически включается электродвигатель 5 (он может быть не один), который через валик 6 приводит в движение червяк 7, червячное колесо 8, ведущую звездочку 9 и цепь 10. В начале движения концевое звено 11 цепи 10 находится в зацеплении с продольной кареткой 12 и тянет ее вперед. При этом ролик 13 качалки 2 перемещается по пазу

14, вследствие чего качалка с лотком опускается вниз, пока ось снаряда не совпадет с линией досылки. В этом положении качалка 2 фиксируется, а концевое звено 11 расцепляется с зацепом 15 продольной каретки 12, и она останавливается. Цепь 10 продолжает выдвигаться из улитки 16 и досыпает снаряд до заклинивания его ведущего пояска в опорном конусе каморы ствола. В конце хода цепи срабатывает конечный выключатель (на схеме не указан) и электродвигатель 5 реверсируется. Цепь возвращается в исходное положение. На конечном участке движения се концевое звено 11 упирается в продольную каретку 12, перемещая ее и качалку 2 также в исходное положение, и сцепляется с зацепом 15.

Зарядная гильза досыпается аналогично. В конце досылки она своим фланцем сбивает захваты экстракторов с кулачков клина, и затвор закрывается. При движении клина срабатывают переключатели и электродвигатель 5 реверсируется. В конце хода цепи электродвигатель отключается, а каретка 3 освобождается от стопора и под действием возвратных пружин смещается в поперечном направлении в исходное положение. Таким образом, досылатель отводится в сторону и не препятствует движению откатных частей при выстреле, а также экстракции гильзы. Следует отметить, что в досылителях с гидроприводом используется не червячная, а коническая передача, поскольку гидродвигатель обеспечивает меньшее число оборотов и требуемое передаточное число редуктора также невелико. Коническая передача характеризуется высоким КПД- 0.95...0.99, а червячная низким 0,3...0,6, что, конечно, является ее недостатком. Кроме того, для червячной передачи характерны жесткие требования к точности установки червяка, при невыполнении которых КПД может оказаться недопустимо низким. Однако опыт показывает, что электромеханические досылители работают более надежно в устройствах с гидроприводом отказы возникают чаще (обычно от динамических нагрузок ломаются детали гидродвигателя).

Достоинствами досылателей с механическим приводом, обусловившими их широкое распространение, является следующее: надежность досылки боеприпаса на всех углах возвышения орудия; компактность; возможность использования одного досылителя для досылки снаряда и гильзы при раздельном заряжании: не требуется взвешивания досылителя.

Однако указанным устройствам свойственны и определенные недостатки: они обеспечивают принудительную досылку боеприпасов более продолжительную, чем бросковая; значительный обратный ход ведущего звена при возвращении в исходное положение после досылки боеприпаса (дополнительные потери времени); большая масса ведущего звена - цепи (для орудий среднего и крупного калибров около 12...15 кг и более) и, как следствие, большие затраты мощности привода на разгон подвижных частей досылителя (без учета боеприпаса). Следует отметить, что цепные досылители могут быть и двухручьевыми, то есть содержать две цепи с одним клоцем; относительно сложная конструкция; необходимо наличие дополнительных посторонних источников энергии для приведения в действие привода.

Некоторые данные по досылателям с механическим приводом приведены в табл. 4.4.

Применяемые в настоящее время артиллерийские досылители устанавливаются на качающейся части орудия (на люльке или откатных частях) и на вращающейся части (внутри башни танка). Установка досылателя на откатные части приводит к увеличению их массы, то есть к уменьшению длины отката, что всегда желательно

для САО. Кроме того, в этом случае досылатель не требуется отводить с пути откатных частей. Однако такое крепление досылателя не всегда возможно из-за конструктивных ограничений.

*Таблица 4.4*

**Примерные характеристики досылателей с механическим приводом**

Характеристики	Калибр орудия, мм			
	76	122	152	203
Тип досылаемого элемента	Унитарный патрон		Снаряд	
Масса досылаемого элемента, кг	3,5	25	43,56	110
Ход досылителя, мм	850		1500	
Скорость досылки, м/с.	1,4		1,8	2,1
Мощность привода, кВт	0,4		1,6	-
Углы возвышения орудия, °	-	-4...+15	-4...+60	0...+60

При расположении досылителя на люльке его перед выстрелом необходимо отводить с пути откатывающегося при выстреле казенника, что усложняет конструкцию.

При креплении досылителя на вращающейся части, например, на башне танка, для досылки боеприпаса ствол орудия необходимо каждый раз приводить на угол заряжания. Такая схема применима для танковых орудий, характеризующихся небольшим диапазоном углов возвышения (-5...-20°), а следовательно, малыми затратами времени на установку ствола на угол заряжания.

#### **4.6. НЕКОТОРЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ЗАРЯЖАНИЯ**

Процесс совершенствования механизмов заряжания по сути сводится к решению серии мероприятий, которыми являются:

улучшение их технических характеристик с целью повышения скорострельности орудия и его огневых возможностей (стремятся уменьшить время заряжания и увеличить объем возимого боекомплекта или механизированной боекладки);

автоматизация операций заряжания, которые в настоящее время производятся вручную;

изыскание возможностей повышения КПД механизмов, их экономичности, уменьшения их габаритов и массы;

повышение надежности процессов заряжания.

При разработке механизированных или автоматизированных боекладок всегда актуальными вопросами являются:

увеличение полноты использования занимаемого объема;

обеспечение выбора типа боеприпаса и его полная подготовка к заряжанию.

Решение первой задачи затруднено жесткими конструктивными ограничениями, поэтому возможности разработчика во многих случаях исчерпаны.

Вторая задача решена неполностью даже для танкового А3 - например, для установки взрывателя на осколочное действие необходимо остановить процесс заряжания в момент, когда кассета с боеприпасами переместится в положение для досылки снаряда (выключив досылатель) и вручную свинтить колпачок взрывателя

(убедившись, что кран взрывателя установлен в положение О). Только после этого можно продолжить цикл автоматического заряжания.

Задача еще более усложняется, если орудие предназначено для стрельбы переменным зарядом (например, гаубица). В настоящее время при раздельно-гильзовом заряжании требуемый боевой заряд формируется непосредственно перед стрельбой вручную - автоматизировать этот процесс без изменения конструкции заряда не представляется возможным. Решение пытаются найти, применив модульный боевой заряд, состоящий из нескольких отдельных частей - модулей. Один из них с капсюльной втулкой в несгораемом экстрактируемом после выстрела поддоне, а остальные полностью сгорающие. В этом случае автоматизированная боеукладка при формировании требуемого заряда должна выдать на лоток для дальнейшей подачи необходимое количество модулей и сцепить их в одно целое. Такая задача, хотя и является непростой, но представляется вполне разрешимой.

Видимо, и для обеспечения автоматизации установки взрывателей потребуется изменение их конструкции, например, создание новых электронных взрывателей с дистанционной установкой режима. Только при решении этих задач появится возможность создания АЗ для самоходных гаубиц.

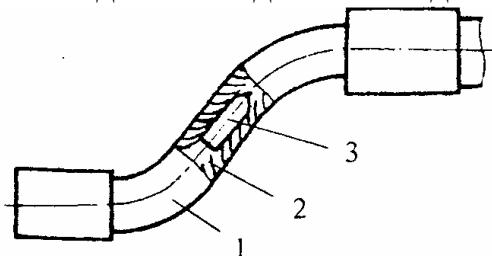


Рис. 4.29. Схема механизма заряжания в виде гибкого тракта:  
1 - гибкая оболочка; 2 - эластичные лепестки (уплотнения) с антифрикционным покрытием;  
3 – боеприпас.

Известны и предложения по совершенствованию механизмов подачи боеприпасов. В частности, техническое решение В. О. Мосейко, представленное на рис. 4.29, предусматривает возможность заряжания орудия непосредственно из боеукладки. При этом подача и досылка реализуются как единый непрерывный процесс. Боеприпас под действием давления сжатого воздуха перемещаются по гибкому тракту в камору орудия. В качестве уплотнений в тракте установлены упругие лепестки из эластичного материала с антифрикционным покрытием. Достоинства такого устройства очевидны: заряжение может производиться при любом угле возвышения орудия; досылающее (ведущее) звено - воздух - практически безинерционное; не требуется возврата ведущего звена в исходное положение; не требуется взвешивания механизма; устройство можно применять для продувания ствола с целью охлаждения.

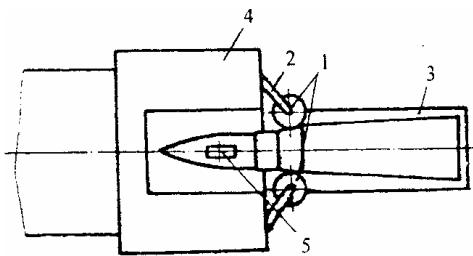


Рис. 4.30. Схема роликового досылателя:  
1 – посылающие обрезиненные ролики; 2 – привод роликов (ручной или механический); 3 – лоток; 4 – казенник; 5 – поддерживающие ролики.

Однако данному механизму, к сожалению, присущи и существенные недостатки, препятствующие его использованию:

пониженная надежность вследствие возможных утечек воздуха и утыкания

боеприпаса в лепестки при значительной кривизне тракта;  
возможно только tandemное заряжание или только снарядом;  
раздельному (некомплектному) заряжанию, а именно досылке гильзы (особенно с неполным зарядом) препятствует воздушная подушка в каморе (как при бросковой досылке);  
необходимо наличие пневмосистемы.  
Совершенствование досылателей предполагает:  
уменьшение времени заряжания (за счет выбора оптимального режима досылки, исключения обратного хода ведущего звена и т. п.);  
обеспечение механизированного заряжания орудия перед первым выстрелом без предварительного взведения досылателя;  
обеспечение более экономичного использования мощности привода (за счет уменьшения массы подвижных частей досылателя, рационального выбора характеристик привода);  
повышение надежности досылки (за счет увеличения пути принудительного движения боеприпаса, уменьшения его кинематических характеристик и т. п.);  
уменьшение габаритов и массы устройства. Досылатели, не требующие взвода и возврата ведущего звена в исходное положение, были известны и ранее - это, например, устройство, представленное на рис. 4.30. Однако оно не способно обеспечить высокую скорость досылки. Пневматическая досылка боеприпаса по схеме, приведенной на рис. 4.29, лишена этого недостатка. Причем она может производиться и не из гибкого тракта подачи, а из поданного на линию досылки замкнутого цилиндрического лотка. Такая досылка практически является бросковой со всеми присущими ей достоинствами и недостатками. На практике с использованием гибкого тракта удавалось обеспечить комплектную подачу и досылку 57-мм боеприпасов, а из цилиндрического лотка - досылку 152-мм снаряда и гильзы с полным зарядом.

Попытки создания компактного досылателя для буксируемых орудий, который бы не требовал взведения, привели к разработке устройства, использующего энергию сжатого газа из баллона или энергию холостого патрона (рис. 4.31). Такой досылателей обеспечивает бросковую досылку снаряда - гильза досылается вручную. В конце хода ведущего звена (штока) 2 газ выпускается из камеры 1 и пружина 3 возвращает шток в исходное положение. Достоинствами досылателя являются: компактность, малое время досылки, надежная досылка снаряда на всех углах возвышения. К недостаткам следует отнести:

образование нагара на трущихся поверхностях рабочего цилиндра от воздействия пороховых газов;

невозможность использования в САО боевого отделения при стрельбе из-за повышения загазованности;

невозможность досылки гильзы при раздельном заряжании (из-за образования в каморе воздушной подушки);

отсутствие регулировки скорости досылки в зависимости от угла возвышения орудия (этот недостаток можно устранить, несколько усложнив конструкцию устройства).

Как было отмечено ранее, бросковые досылатели способны обеспечить меньшее время досылки, чем устройства принудительного действия (без торможения бо-

еприпаса на конечном участке пути), но вместе с тем и меньшую ее надежность. Ударный характер разгона боеприпаса на коротком пути (обычно 200...400 мм) до высоких скоростей (до 7 м/с, а иногда и более) приводит к нежелательным колебаниям элементов механизма заряжания (например, лотка), кинематическим возмущениям досылаемого элемента, а, следовательно, и к его соударениям со стволовом. Поэтому на инерционном участке движения скорость боеприпаса может недопустимо уменьшиться. Смягчить разгон боеприпаса, сделать его более продолжительным и плавным можно, увеличив путь принудительной досылки, например, введением в конструкцию досылателя рычажных, цепных, или полиспастных устройств (рис. 4.32).

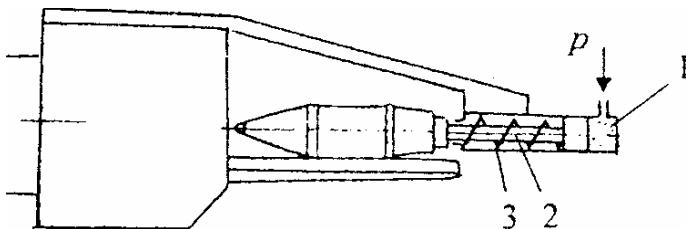


Рис. 4.3 I. Схема досылателя с подачей газа из баллона или от холостого патрона.

Рычажное устройство действует на конечном участке принудительной досылки, а цепное и полиспастное - на всем ее пути, то есть более плавно.

Известны и другие предложения по совершенствованию механизмов заряжания, однако многие из них не в полной мере отвечают современным требованиям по надежности, по эксплуатации и другим качествам, поэтому остаются нереализованными.

В итоге можно отметить, что дальнейшее повышение уровня механизации и автоматизации орудий среднего и крупного калибров, предназначенных для стрельбы снарядами разных типов с использованием переменного заряда, связано не только с совершенствованием механизмов заряжания, но и с созданием новых конструкций боеприпасов и их элементов (например, взрывателей), с модернизацией, а возможно, и с принципиальным изменением традиционных схем орудий.

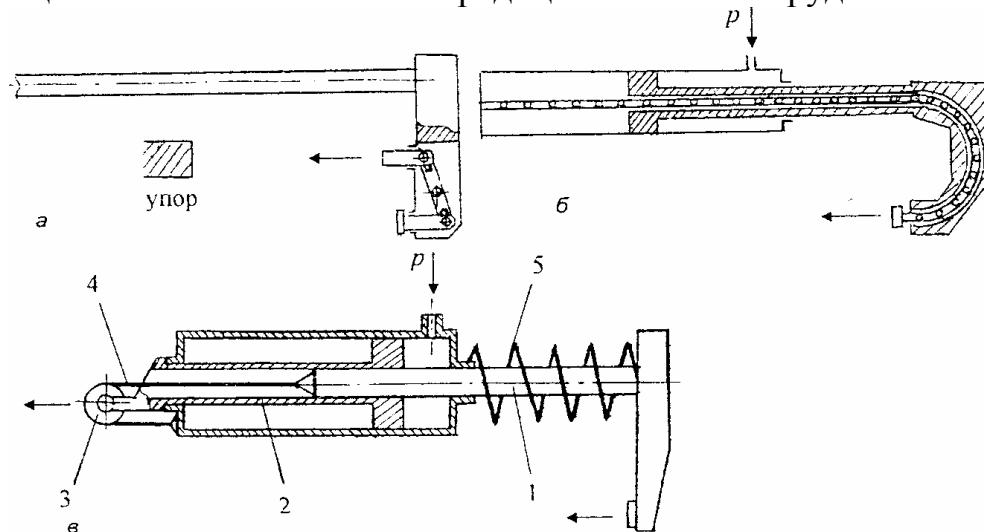


Рис. 4.32. Варианты увеличения пути принудительного досыления:  
 а - лапа досылателя с рычажным устройством; б - досылател с цепным устройством;  
 в - досылател с полиспастным устройством (1-шток с лапой; 2 - шток с поршнем;  
 3 - ролик; 4 - трос; 5 - возвратная пружина).

Подтверждением тому могут являться хотя бы результаты работ по созданию

новой американской самоходной 15 5-мм гаубицы Crusader. Ее боекладка состоит из двух магазинов со снарядами (по 30 штук в каждом) и четырех магазинов с зарядами (в двух магазинах по 63 заряда, а в остальных - по 60). Заряды модульные (в зависимости от требуемой дальности стрельбы можно использовать от одного до шести модулей). Кроме того, орудие имеет лазерную систему воспламенения. Для снарядов применяются электронные взрыватели, выбор режима действия которых и установку производят дистанционно при заряжании. Выбор, обработка боеприпасов и заряжение производятся с помощью органов управления и мониторов. Орудие характеризуется максимальной скорострельностью 10...12 выстрелов в минуту и временем подготовки к стрельбе 15...30 секунд, что соответствует современным требованиям ВС США. Самоходная гаубица Crusader комплектуется самоходной бронированной машиной пополнения запасов, которая выполняет функции ТЗМ и, кроме того, пополняет баки орудия топливом в полевых условиях. Полное время пополнения запасов составляет всего 10 мин.

#### 4.7. РОБОТИЗАЦИЯ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Роботизация артиллерийских комплексов (АК) предусматривает использование робототехнических систем на всех стадиях обеспечения процесса функционирования АК, начиная со складов боеприпасов и заканчивая досыланием боеприпаса в канал ствола артиллерийского орудия и производством выстрела. На рис. 4.33 показана обобщенная схема передвижения боеприпасов и возможные области применения робототехнических систем: 1 - склад боеприпасов, оборудованный робототехнической системой, обеспечивающей погрузку, разгрузку и сортировку укупорок с боеприпасами; 2 - транспортная (транспортно-заряжающая) машина, оборудованная робототехнической системой, обеспечивающей погрузку-выгрузку боеприпасов или зарядку боекладок артиллерийских систем; 3 - система управления группой артиллерийских систем (АС), оборудованная робототехнической системой информационно-управляющего типа; 4 - роботизированная, дистанционно-управляемая, разведочно-дозорная система; 5 - буксируемые артиллерийские установки, оборудованные робототехнической системой, обеспечивающей заряжение и наведение АС при

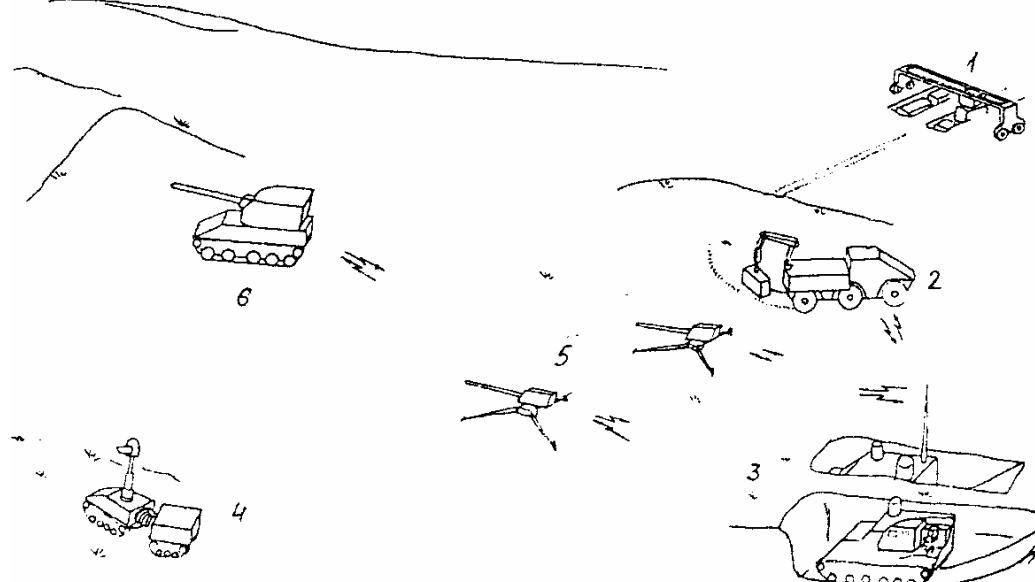


Рис. 4.33. Области применения робототехнических систем в составе АК 266

дистанционном управлении; 6 - самоходная артиллерийская установка (танк), оборудованная робототехнической системой, обеспечивающей заряжение артиллерийского орудия.

В целом процесс перемещения боекомплекта со склада до его досылания в канал ствола артиллерийского орудия разбит на три основные этапа:

доставка боекомплекта с войскового склада до места ведения боевых действий;

перемещение боекомплекта с транспортных средств в боеукладку артиллерийской системы;

перемещение элементов выстрела из боеукладки в канал ствола артиллерийского орудия.

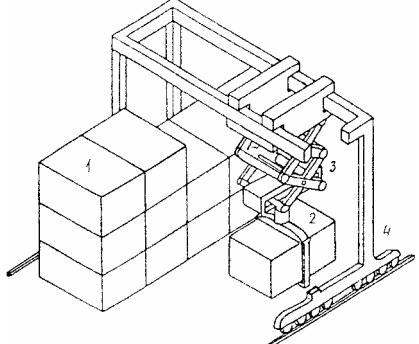


Рис. 4.34. Роботизированная система обслуживания склада боеприпасов

Первый этап предусматривает нахождение требуемого типа боекомплекта на складе и перемещение его до места погрузки; погрузку боекомплекта на транспортную (транспортно-заряжающую) машину; транспортировку боекомплекта до места ведения боевых действий; разгрузку боекомплекта. На рис. 4.34 показан один из вариантов робототехнической системы для обслуживания склада боеприпасов. Из штабеля 1 укупорок (контейнеров) с боеприпасами требуемая укупорка 2 с помощью манипулятора 3 перемещается в вертикальном и горизонтальном направлениях, и затем с помощью транспортного устройства 4 доставляется к месту погрузки на транспортную (транспортно-заряжающую) машину. Весь процесс выбора требуемого типа боекомплекта, перемещения его к месту погрузки и погрузка осуществляется либо по заданной программе, либо дистанционно с помощью оператора. В случае изменения конфигурации транспортируемого объекта возможно применение других типов манипуляторов и захватных устройств.

Второй этап предусматривает погрузку боекомплекта в транспортно-заряжающую машину; транспортировку боекомплекта до места его выгрузки (до артиллерийской системы): перемещение боекомплекта из транспортно-заряжающей машины в боеукладку артиллерийской системы.

На рис. 4.35 в качестве примера, показана операция загрузки боекомплекта 3 из транспортной машины 1 в боевую машину 5 с помощью разгрузочного манипулятора 4, управляемого оператором 2.

Третий этап предусматривает выбор типа снаряда, выбор типа заряда, установку взрывателя; перемещение элементов подготовленного выстрела на линию досылания и досылание.

Перечисленные выше операции могут осуществляться вручную, с использованием средств механизации и автоматизации и с использованием робототехнических систем.

Робототехнические системы можно разделить на манипуляционные, мобиль-

ные и информационно-управляющие. Манипуляционные робототехнические системы предназначены для транспортировки и оперирования в пространстве различными объектами и инструментами и выполняют функции человеческой руки. Мобильные робототехнические системы представляют собой некоторое шасси, способное перемещаться по поверхности или в пространстве, оснащенное какой-либо системой управления и предназначенное для транспортировки груза или оборудования, в качестве которого могут выступать робототехнические системы других видов. Информационно-управляющие робототехнические системы представляют собой комплексы измерительно-информационных и управляющих средств, производящих сбор, обработку и передачу информации, а также использование ее для формирования различных управляющих сигналов.

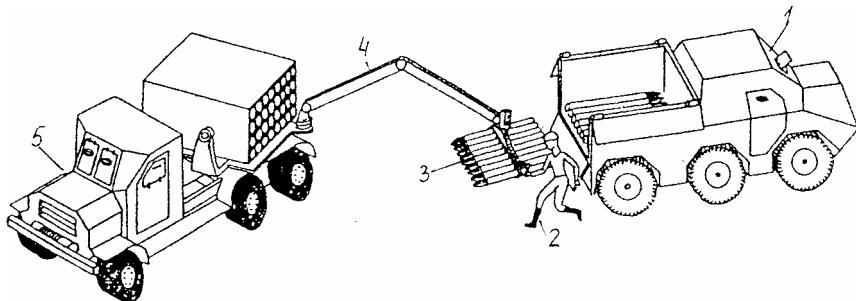


Рис. 4.35. Загрузка боекомплекта в систему залпового огня из транспортной машины с помощью разгрузочного манипулятора.

По характеру участия человека в процессе управления робототехнические системы подразделяются на автоматические, дистанционно-управляемые и ручные.

Автоматические робототехнические системы способны выполнять свои рабочие функции без участия человека. В зависимости от уровня гибкости они подразделяются на программные, адаптивные и интеллектные:

программные робототехнические системы действуют в соответствии с заранее загруженной в них программой, которая может быть изменена путем введения новых данных извне;

адаптивные робототехнические системы могут самостоятельно, в той или иной степени, приспосабливаться к внешним условиям;

интеллектные робототехнические системы вырабатывают решение о своих дальнейших действиях, обеспечивающих выполнение поставленной задачи в неопределенных и меняющихся условиях на основе распознавания обстановки и других элементов искусственного интеллекта.

Дистанционно-управляемые робототехнические системы управляются человеком-оператором, находящимся за пределами рабочей зоны. В зависимости от уровня глобальности подаваемых оператором команд дистанционно-управляемые робототехнические системы могут занимать место в диапазоне между копирующими (то есть воспроизводящими движение задающего органа) и супервизорными (то есть выполняющими укрупненные команды, такие как "взять", "выйти в точку с координатами" и т. д.).

Робототехнические системы с ручным управлением управляются человеком-оператором, находящимся в рабочей зоне, через органы управления, расположенные, например, на грузозахватном устройстве.

Рассмотрим возможные области применения робототехнических систем на

этапе перемещения элементов выстрела из боекладки в канал ствола артиллерийского орудия. Существуют два подхода к решению задачи роботизации процесса заряжания АС:

разработка роботизированной системы заряжания при создании новых образцов АС;

модернизация существующих образцов АС путем введения в состав узла заряжания элементов и узлов робототехнических систем.

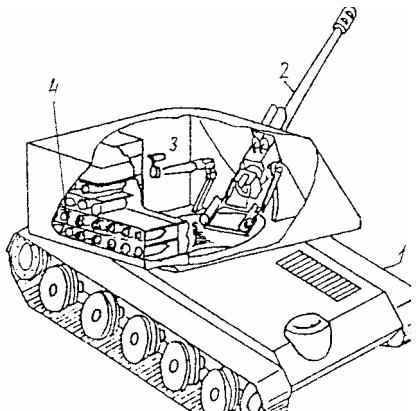


Рис. 4.36. Самоходная артиллерийская установка с полностью роботизированной системой заряжания.

В первом случае при разработке системы заряжания принципиально нового типа возможно создание робототехнической системы манипуляционного типа, обеспечивающей весь цикл процесса заряжания с помощью одного или нескольких манипуляторов с единой системой управления. При проектировании подобных систем заряжания необходимо учитывать тот факт, что сложность системы управления и надежность функционирования разрабатываемой системы в большей степени зависит от количества ее степеней свободы, то есть от сложности выполняемых перемещений. На рис. 4.36 показан пример самоходной артиллерийской установки 1 с полностью роботизированной системой заряжания манипуляционного типа 3, которая обеспечивает перемещение элементов выстрела из боекладки 4 в канал ствола орудия 2.

В связи с этим целесообразно выполнение операций, не связанных со сложными перемещениями, такими как перемещение элементов выстрела в фиксированное положение в боекладке артиллерийского орудия, использовать так называемые жесткие автоматы (например, конвейерного или барабанного типа). Таким образом, наиболее перспективными следует считать роботоавтоматизированные системы заряжания АС, то есть системы, включающие в себя узлы и элементы как автоматики, так и робототехнических систем.

Помимо обеспечения высокой скорострельности, роботоавтоматизированные системы заряжания позволяют создать такую компоновку АС в целом, при которой экипаж полностью изолирован от орудийного отсека.

Вопросам решения второй задачи, то есть модернизации существующих образцов АС путем введения в их состав автоматов заряжания, были посвящены предыдущие параграфы данной главы.

Разработка роботоавтоматизированных систем заряжания АС нового типа, позволяющих решить проблемы быстрого возобновления боекомплекта, повышения скорострельности и создания новых компоновочных схем АС в целом, позволит создать артиллерийские комплексы нового поколения.

## 5. АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ ПРИЦЕЛЫ И ПРИБОРЫ

Артиллерийские приборы служат для разведки и обнаружения местонахождения целей, а также для определения параметров движения целей и данных для стрельбы, при которых успешно решается задача встречи снаряда с целью.

Основной задачей при выборе артиллерийских приборов, их принципа действия и устройства является повышение точности стрельбы.

Артиллерийские приборы могут быть представлены в виде отдельных устройств, каждое из которых решает определенную задачу, или целыми приборными группами, выполняющими все операции для успешной стрельбы по целям.

К основным артиллерийским приборам относятся орудийные панорамы и квадранты, буссоли и дальномеры, приборы ночного видения, а также приборы наземной навигации (гиромагнитные, гирокурсоуказатели, координаторы, курсопрокладчики и т. д.). Ниже изложены самые краткие сведения, касающиеся в основном только особенностей прицеливания артиллерийских установок.

### 5.1. МЕРА УГЛОВ, ПРИНЯТАЯ В АРТИЛЛЕРИИ

Предварительная подготовка данных для стрельбы и ведение самой стрельбы связаны с необходимостью замера углов и дистанции на местности.

Общепринятые в инженерной практике единицы измерения углов (градусы, минуты и секунды) при проведении расчетов в полевых условиях часто являются неудобными, так как требуют использования таблиц тригонометрических функций. Поэтому в артиллерию за единицу меры улов принято одно деление угломера ( $1 \text{ д. у.}$  или одна тысячная). Центральный угол (рис. 5.1), длина дуги которого равна  $1/6000$  части длины окружности, и есть одно деление угломера.

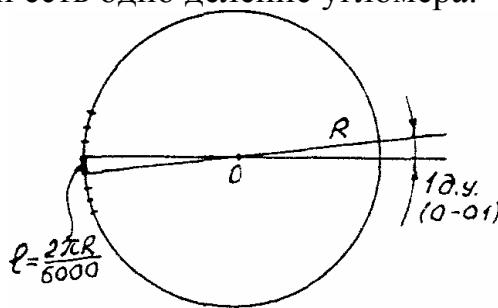


Рис. 5.1.

Следовательно, одно деление угломера соответствует приблизительно  $1/1000$  дистанции (радиуса  $R$ ), откуда и второе название меры угла - тысячная, при этом вся окружность имеет 6000 делений угломера. Для удобства устной передачи и записи команд величины углов в делениях угломера сотни произносят и записывают раздельно от десятков и единиц. Например:  $60-00 = 360^\circ$ ;  $30-00 = 180^\circ$ ;  $15-00 = 90^\circ$ ;  $1-00 = 6^\circ$  и т. д.

Большинство артиллерийских приборов (бинокли, орудийные панорамы, квадранты, буссоли, дальномеры, прицелы и т. д.) имеют шкалы грубого и точного отсчетов с соответствующей ценой деления в больших и малых делениях угломера. При этом 100 делений угломера (малых) соответствует одному большому делению угломера ( $100 \text{ д. у.} = 1 \text{ б. д. у.}$ ).

С помощью этих приборов можно измерять углы с точностью до одного (или половины) деления угломера, и такая точность часто вполне достаточна для реше-

ния артиллерийских задач. Для перевода величин углов в делениях угломера в величины углов в градусах и минутах (и наоборот), пользуются специально рассчитанными таблицами.

Существует зависимость между угловыми и линейными величинами (формула тысячной). Из рис. 5.2 нетрудно получить:  $l = 0,001\Delta(R)$  или для малых углов (считать длину дуги равной хорде  $B$ ) имеем  $B = 0,001\Delta \cdot n$ .

Формула тысячной устанавливает зависимость между угловыми  $n$  и линейными  $\Delta$  и  $B$  величинами, при этом были сделаны два допущения: 1) дуга в одно деление угломера принималась равной хорде; 2) одно деление угломера принималось равным  $1/1000 \Delta$  вместо  $1/955 \Delta$ .

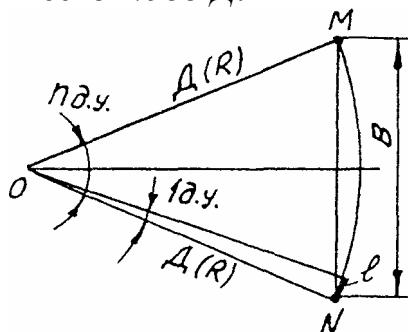


Рис. 5.2.

Анализ первого допущения показывает, что при малых углах разность между величинами дуги и хорды незначительна, поэтому часто ею пренебрегают. Второе допущение дает " относительную ошибку приблизительно 5 %.

## 5.2. СУЩНОСТЬ ПРИЦЕЛИВАНИЯ ОРУДИЙ

К моменту выстрела оси канала ствола орудия придают такое положение в пространстве, при котором средняя траектория снаряда будет проходить через цель. Совокупность всех действий по приданию оси орудия требуемого положения в пространстве называют прицеливанием.

Положение орудия (точка  $O$ , рис. 5.3) относительно цели  $Z$  определяется углами в вертикальной  $V$  (плоскости стрельбы) и горизонтальной  $\Gamma$  (горизонт орудия) плоскостях. В вертикальной плоскости определяют угол прицеливания  $\alpha$  и угол места цели  $\varepsilon$ , при этом угол  $\alpha$  составляет угол между линией выстрела и линией цели (определяет как бы дальность до цели), а угол  $\varepsilon$  составляет угол между линией цели и линией горизонта орудия (определяет положение цели относительно горизонта орудия). Горизонт орудия - это линия пересечения вертикальной и горизонтальной плоскостей, проходящих через точку стояния  $O$  орудия. Алгебраическая сумма этих углов составляет угол возвышения  $\varphi$  орудия, то есть  $\varphi = \alpha \pm \varepsilon$ .

В горизонтальной плоскости определяют угол горизонтальной наводки  $q$  (угломер), образуемый между проекциями линии наводки и линии выстрела на горизонт орудия.

Линия наводки - кратчайшее расстояние между орудием и точкой наводки  $T_n$ . Точка наводки  $T_n$  - точка на местности, выбранная для фиксирования основного направления, в которое направляется орудие после занятия огневой позиции. Углы  $\alpha$ ,  $\varepsilon$ ,  $\varphi$  и  $q$ , определяющие положение оси орудия в пространстве, получают при подготовке исходных данных для стрельбы, называя их прицел  $\alpha$ , уровень  $\varepsilon$  и угломер  $q$ . Угол  $\alpha$  всегда положительный, так как линия выстрела во всех случаях будет

проходить выше линии цели. В то же время углы  $\varepsilon$  и  $\varphi$  могут быть как положительными, так и отрицательными, при этом отрицательный угол  $\varphi$  называют углом склонения.

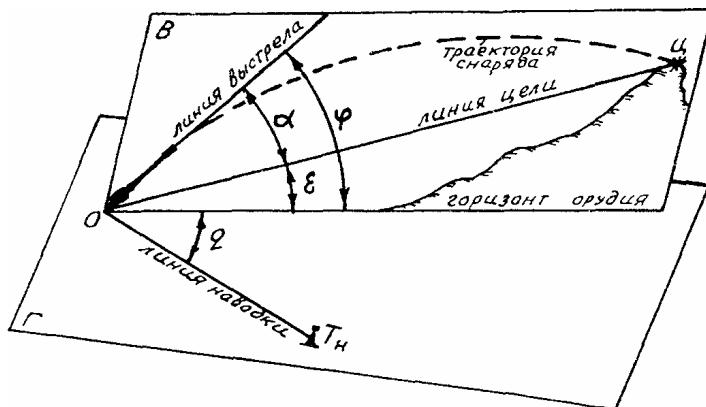


Рис. 5.3. Схема построения углов прицеливания на местности.

Орудие для прицеливания снабжено прицелом, который имеет направляющие (прицельные) линии. Прицельная линия - линия визирования прицела, занимающая определенное положение относительно оси орудия.

Основная задача в прицеливании - установить ось ствола орудия (линия выстрела) в такое положение, чтобы она составила с линиями на местности (линия наводки и горизонт орудия) требуемые углы в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Это достигается тем, что сначала прицельные линии прицела устанавливают относительно орудия на требуемые углы (с помощью механизмов прицела), а затем, перемещая эти линии вместе с орудием (с помощью подъемного и поворотного механизмов орудия), направляют их по соответствующим линиям на местности.

Таким образом, прицеливание состоит из двух этапов:

1) установка, то есть построение на прицеле схемы углов, полученных при подготовке данных для стрельбы; работают только механизмами прицела, а положение оси орудия пока не изменяется;

2) наводка, то есть совмещение схемы углов, построенных на прицеле со схемой углов на местности, путем поворота орудия вместе с прицелом на требуемые углы: оси канала ствола придают требуемые направления в горизонтальной плоскости (горизонтальная наводка) и вертикальной плоскости (вертикальная наводка).

Как будет показано ниже, прицельными линиями прицелов, как правило, являются оптическая ось орудийной панорамы и ось бокового продольного уровня квадранта. Нулевыми линиями прицеливания называют положения линий прицеливания при основных (начальных) установках углов на шкалах прицела, при этом нулевая линия прицеливания всегда параллельна оси ствола орудия.

В зависимости от характера цели и условий стрельбы наводка делится на прямую, полуправильную и непрямую. Прямая наводка выполняется непосредственным визированием прицельной линии в цель, используется видимость цели. Эта наводка применяется при стрельбе с открытых огневых позиций, где в качестве прицельной линии используется оптическая ось панорамы.

Полуправильная наводка: ось ствола орудия в горизонтальной плоскости устанавливается непосредственным визированием в цель, а в вертикальной плоскости - с помощью бокового уровня.

При непрямой наводке ось орудия в горизонтальной плоскости устанавливается с помощью точки наводки  $T_h$ , а в вертикальной - с помощью бокового уровня. Эта наводка применяется при стрельбе с закрытых огневых позиций.

В качестве прицельных линий при полупрямой и непрямой наводках используются оптическая ось панорамы (для горизонтальной наводки) и ось бокового уровня (для вертикальной наводки).

В заключение целесообразно также отметить, что в артиллерию часто используются углы, измеряемые в горизонтальной плоскости и называемые азимутом, буссолью и дирекционным углом. Азимут - угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления истинного (географического) меридiana до заданного направления.

Буссоль (магнитный азимут) - угол, отсчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридiana до заданного направления.

Дирекционный угол - угол между положительным (северным) направлением оси абсцисс сетки Гаусса-Крюгера и заданным направлением, отсчитываемый по ходу часовой стрелки. Прямоугольная система координат Гаусса-Крюгера используется на военно-топографических картах, где за направление координатных осей приняты проекция осевого меридiana - ось абсцисс и проекция экватора - ось ординат.

### 5.3. ТРЕБОВАНИЯ К ПРИЦЕЛАМ. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИЦЕЛОВ

Прицельные устройства должны обеспечивать:

максимальную точность стрельбы (это требование является первостепенным);

минимальное время прицеливания (с этой целью часто при наводке орудия работают два наводчика);

прицеливание в любое время суток, при любых метеорологических условиях, рельефе и характере местности и т. д.;

максимальное удобство работы наводчиков, что часто требует введения неподвижных окуляров и сокращения числа операций;

возможность перезаряжания орудия на любых углах наведения и стрельбы;

способность выдерживать большие динамические перегрузки (особенно в момент выстрела);

удобство и простоту в обслуживании, возможность выверки и регулировки в полевых условиях;

простоту в устройстве и изготовлении, минимальные габариты и вес, защищенность от поражения осколками и пулями противника.

Прицелы можно классифицировать по следующим признакам:

*по назначению в зависимости от класса и вида орудий:* прицелы полевых орудий, самоходных установок и зенитных систем;

*по связи прицела с качающейся частью орудия:* зависимые и независимые от орудия. Зависимые прицелы перемещаются вместе с орудием как одно целое при вертикальном наведении. Независимые прицелы остаются неподвижными при работе механизмов вертикального наведения орудия;

*по возможности горизонтировать прицел при наклоне оси цапф орудия:* качающиеся и некачающиеся (невращающиеся). Качающийся прицел снабжен меха-

низмом поперечного качания, с помощью которого прицел можно вращать относительно оси параллельной оси ствола орудия, что позволяет избежать ошибок при построении углов прицеливания в случае наклона оси цапф орудия;

*по степени зависимости линии прицеливания от работы механизмов прицела и орудия:* с зависимой, независимой и полунезависимой линиями прицеливания. В прицелях с зависимой линией прицеливания направление этой линии меняется с изменением углов прицеливания  $\alpha$  и места цели  $\varepsilon$ . В прицелях с независимой линией прицеливания (прицелы со стрелками) направление линии прицеливания не меняется с изменением углов  $\alpha$  и  $\varepsilon$ .

*по подвижности окуляра наводчика при наводке орудия:* прицелы с подвижным и неподвижным (танковые прицелы) окуляром;

*по степени автоматизации и принципа построения прицельных углов:* автоматические и неавтоматические прицелы. В автоматических прицелях прицельные углы вырабатываются автоматически в процессе визирования по цели. Это прицелы для стрельбы по движущимся целям.

## 5.4. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИЦЕЛА. ОРУДИЙНАЯ ПАНОРАМА И КВАДРАНТ

В соответствии со своим назначением и сущностью прицеливания прицелы должны иметь механизмы и устройства для ввода и отработки вертикальных углов  $\alpha$ ,  $\varepsilon$  и  $\phi$  и горизонтального угла  $q$ . В основе устройства для ввода горизонтальных углов лежат обычно визирные приспособления, а для вертикальных углов - уровни.

В качестве визиров во всех современных артиллерийских прицелях используется орудийная панорама. В основе устройств для измерения вертикальных углов используется квадрант.

В связи с этим классический артиллерийский прицел включает следующие основные узлы:

визирные приспособления (орудийная панорама);

квадрант, в основе которого лежит уровень;

стол или корпус (механическая часть прицела) для установки орудийной панорамы и квадранта;

механизм поперечного качания и подъемный механизм прицела. С помощью последнего весь прицел можно поворачивать вокруг оси, перпендикулярной оси ствола орудия;

осветительные устройства (при работе в условиях плохой видимости) и указатели, определяющие положение орудия в соответствии с установками, принятыми на прицеле.

Схема конструкции прицела будет во многом зависеть от способа связи прицела с орудием и места установки на орудии.

На рис. 5.4 представлена схема орудийной панорамы ПГ-1. Панорама предназначена для наводки орудия в цель и для отметки орудия по точке наводки  $T_n$ . В целом это оптический угломер, представляющий собой коленчатую оптическую трубу, включающую неподвижный корпус 1 с окулярной трубкой и вращающуюся на  $360^\circ$  (в горизонтальной плоскости) головку 2, иначе называемой головкой отражателя (отражатель). Главная оптическая ось, проходящая через центры объектива 6,

окуляра 9 и перекрестья сетки 8, является линией визирования панорамы (прицельная линия). Для поиска цели  $Z$  и точки наводки  $T_n$  на местности оптическая ось панорамы имеет возможность наклоняться в вертикальной плоскости с помощью механизма качания 15 и призмы 4 отражателя. Измерение этих углов производится по шкалам 13 и 10 (грубый и точный отсчет), нанесенных в тысячных.

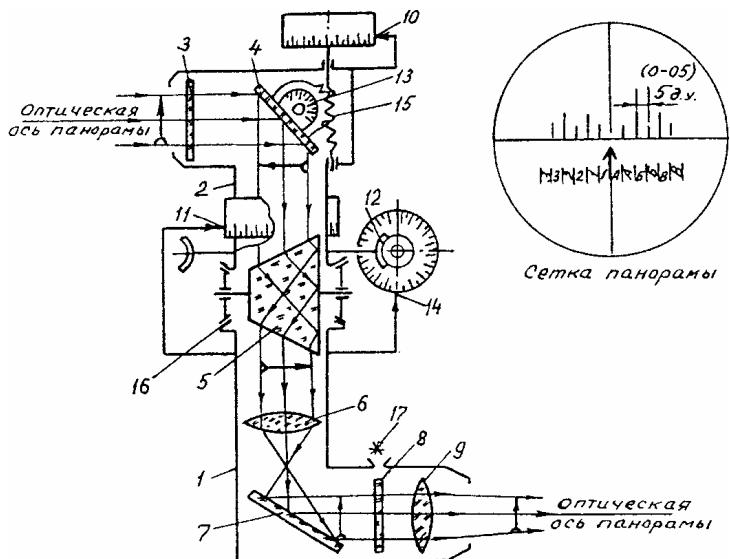


Рис. 5.4. Орудийная панорама

Углы поворота отражателя 2 (угломер) с помощью червячной пары 12 измеряются по шкалам грубого 11 и точного 14 отсчета, также нанесенных в тысячных.

Преобразование лучей изображения местности обеспечивается оптической системой, включающей в себя защитное стекло 3, призму 4 отражателя, оборачивающую призму 5 (призму ДОВЭ), объектив 6, крышеобразную призму 7, плоско-параллельную пластинку 8 с перекрестием и знаками (сетка) и окуляр 9. Призма ДОВЭ обладает особенностью - при повороте ее вокруг вертикальной оси на угол  $\alpha$  изображение на выходе призмы поворачивается на угол  $2\alpha$ . Поэтому чтобы изображение оставалось нормальным, призма с помощью конического планетарного редуктора 16 вращается в два раза медленнее головки отражателя панорамы. В целом при неподвижном окуляре наводчик имеет возможность производить круговой обзор местности за счет поворота верхней части 2 панорамы относительно ее нижней части 1.

При плохой видимости используется подсветка 17. Нулевые отсчеты на шкалах панорамы соответствуют параллельности ее оптической оси и оси канала ствола орудия. Для удобства отсчета углов в горизонтальной плоскости по угломерному кольцу 11 при отсчете 30-00 (угломер 30-00) оптическая ось панорамы направлена в направлении стрельбы.

Сетка панорамы состоит из перекрестья, в разрыве которого имеется прицельный угольник, шкалы упреждений с ценой деления 0-05 и специальной шкалы, которая используется при работе панорамы с коллиматором.

Основные технические характеристики панорамы: поле зрения -  $10^\circ$ ; углы обзора в горизонтальном направлении  $\pm 360^\circ$ , в вертикальном -  $\pm 18^\circ$ ; увеличение четырехкратное.

На рис. 5.5 представлена схема квадранта и его установка на орудии. Квадрант состоит из продольного уровня 3 с пузырьком 6, кулисы 2, поворачивающейся относительно оси 5, и опорной плоскости 1. Углы поворота оси уровня относительно

опорной плоскости квадранта измеряются в градусах или в тысячных по шкале 4.

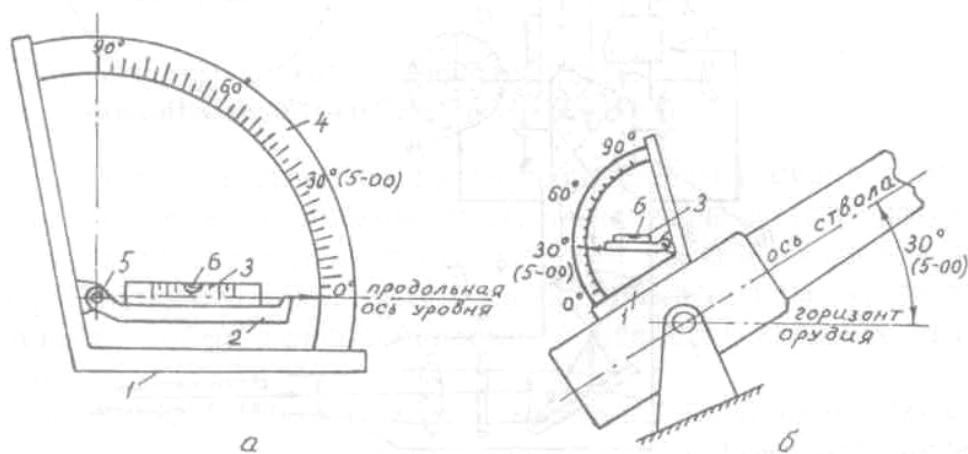


Рис. 5.5. Квадрант

На рис. 5.6 условно изображены основные элементы прицела и его установка на орудии. Здесь же указаны начальные установки на шкалах, при этом пузырек уровня находится на его середине, а прицельные линии прицела (оптическая ось панорамы и ось бокового продольного уровня) горизонтальны и параллельны осям канала ствола орудия. Стрелками показаны возможные угловые перемещения элементов прицела в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Весь корпус прицела может поворачиваться в вертикальной плоскости относительно ствола орудия (углы измеряются по шкалам прицела).

## 5.5. ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ НАВОДКА ОРУДИЙ

Направляющей (прицельной) линией для горизонтальной наводки орудий, имеющих панорамные прицелы, является оптическая ось панорамы. Направление этой оси в горизонтальной плоскости определяется по угломерным шкалам (угломер  $q$ ). При стрельбе с открытых огневых позиций при прямой наводке горизонтальная наводка производится непосредственным визированием прицельной линии на цель. При этом сразу работают поворотным механизмом орудия, а на угломерных шкалах панорамы установлен угломер 30-00.

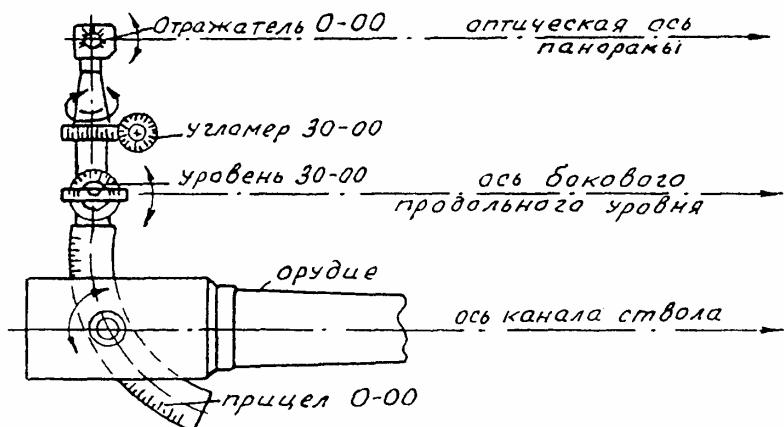


Рис. 5.6. Основные элементы прицела

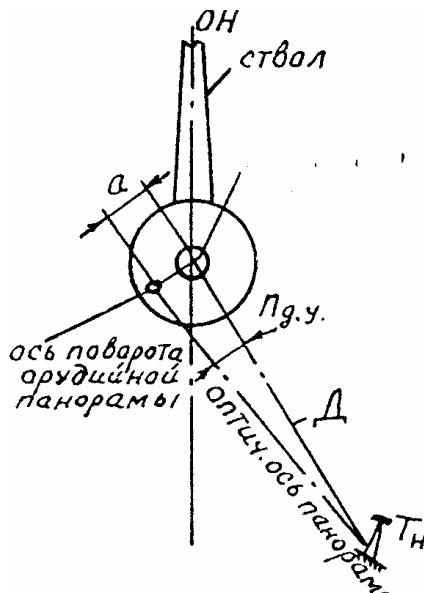


Рис. 5.7.

При стрельбе с закрытых огневых позиций (непрямая наводка) используется точка наводки  $T_h$ . Точкой наводки может быть любой удаленный предмет, хорошо видимый на местности. После занятия огневой позиции орудие направляют в основное направление ОН (основным направлением может быть направление в район цели) и затем производят отметку по точке наводки  $T_h$ . Для этого, не меняя направления оси ствола, наводчик поворотом отражателя панорамы в горизонтальной плоскости совмещает перекрестье панорамы с точной наводкой и определяет основной угломер  $q$  (угол в горизонтальной плоскости, отсчитываемый из точки стояния орудия против хода часовой стрелки от направления, обратного основному направлению ОН, до направления на точку наводки  $T_h$ ). Весь процесс прицеливания осуществляется в два этапа: установка и наводка. В начале в результате подготовки данных для стрельбы определяется доворот на цель от основного направления, который затем по команде передается на огневую позицию. По этой команде наводчик устанавливает новое значение угломера (основной угломер, плюс-минус доворот), которое и будет углом горизонтальной наводки. Этот угол строят на прицеле (орудие пока не изменяет своего положения), где одной стороной угла является ось орудия, а другой - оптическая ось панорамы. Если теперь поворотным механизмом орудия направить оптическую ось панорамы на точку наводки, то ось канала ствола будет направлена на цель, при этом нуль угломерного кольца направлен в сторону точки наводки.

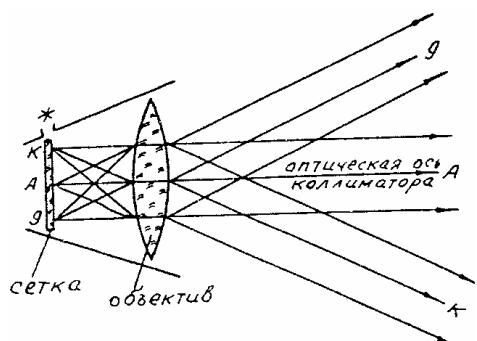


Рис. 5.8. Оптическая схема коллиматора

Часто в условиях плохой видимости (ночь, туман, рельеф, заросли местности и т. д.) для горизонтальной наводки используется орудийный коллиматор. Это вызвано тем, что вертикальные оси поворота отражателя панорамы и орудия в гори-

зонтальной плоскости не совпадают (рис. 5.7). Чем больше смещение  $a$  и меньше расстояние  $D$  до точки наводки, тем больше угловое смещение  $n$  (ошибка в делениях угломера).

Естественно, в условиях плохой видимости это расстояние  $D$  практически выдержать не удается. Для уменьшения ошибок используется орудийный коллиматор, который имитирует точку наводки, удаленную от орудия на бесконечно большое расстояние. Оптическая схема коллиматора состоит из объектива и сетки, расположенной в фокальной плоскости объектива (рис. 5.8). При освещении сетки из каждой ее точки за объектив выходит пучок параллельных лучей. Если на пути этих лучей поместить регистрирующий прибор (глаз), то изображение каждой точки сетки коллиматора будет видно так, как будто они находятся в бесконечности. Сетка коллиматора имеет вертикальные полосы, каждая из которых отмечена цифрами (левая половина) и буквами (правая половина). Сетка орудийной панорамы ПГ-1 имеет горизонтальный ряд знаков, который полностью повторяет аналогичный ряд знаков сетки коллиматора. Так как угловые отклонения одноименных знаков сетки панорамы и коллиматора от их главных оптических осей равны, то при совмещении этих знаков сеток панорамы и коллиматора оптические оси обоих приборов оказываются параллельными.

В целом оптическая ось коллиматора и является линией наводки. После отметки по коллиматору и определения основного угломера уже нежелательно изменять расположение (установку) коллиматора относительно орудия. В процессе ведения стрельбы приходится постоянно восстанавливать установленное направление оси орудия. Например, после установки орудия в требуемое направление и установки коллиматора определена отметка по коллиматору с четким наложенным изображением знака "Б" (рис. 5.9, а). После выстрела орудие сместились вместе с прицелом и орудийной панорамой, но если с помощью поворотного механизма орудия вновь отыскать панорамой коллиматор и совместить одноименные знаки сеток панорамы и коллиматора, то восстановится прежнее направление линии наводки. При этом знаки могут быть уже другими (рис. 5.9, б, совмещение по знаку "15"), но восстановлено первоначальное направление оси орудия. Наибольшее допустимое удаление коллиматора К-1 от панорамы ПГ-1 составляет 13 м, при этом в панораму видны две полосы сетки коллиматора. Наименьшее удаление 0,3 м, при этом в панораму видны все 76 полос сетки коллиматора. Поле зрения коллиматора К-1 составляет  $10^\circ$ .

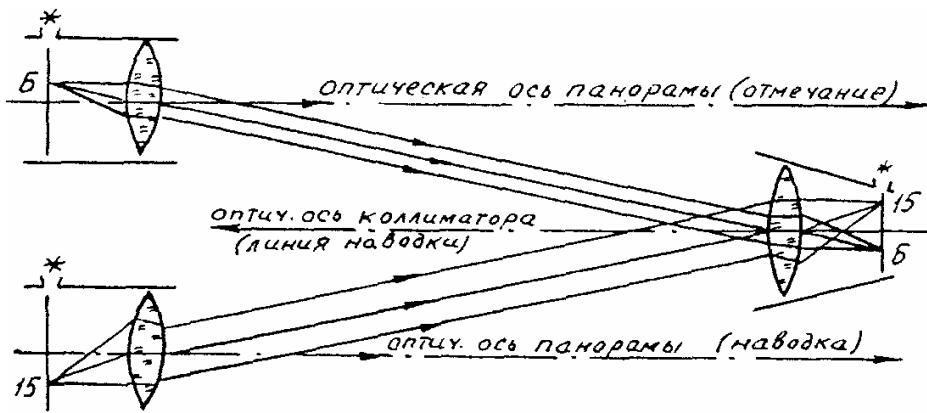


Рис. 5.9. Горизонтальная наводка с помощью коллиматора

## 5.6. ВЕРТИКАЛЬНАЯ НАВОДКА ОРУДИЙ

Угол возвышения  $\phi$  орудия равен алгебраической сумме углов прицеливания  $\alpha$  и места цели  $\varepsilon$ , то есть  $\phi = \alpha \pm \varepsilon$ . Схема этих углов строится на прицеле, а затем передается стволу орудия. При прямой наводке в качестве прицельной линии используется оптическая ось панорамы, поэтому такую наводку называют наводкой по отражателю панорамы. При непрямой наводке в качестве прицельной линии используется ось бокового продольного уровня - наводка по уровню.

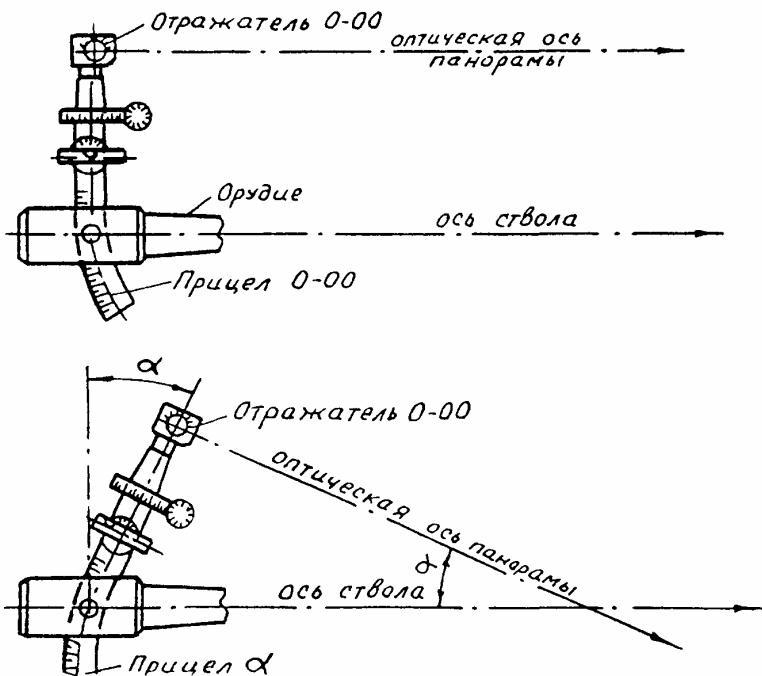


Рис. 5.10. Вертикальная наводка по отражателю

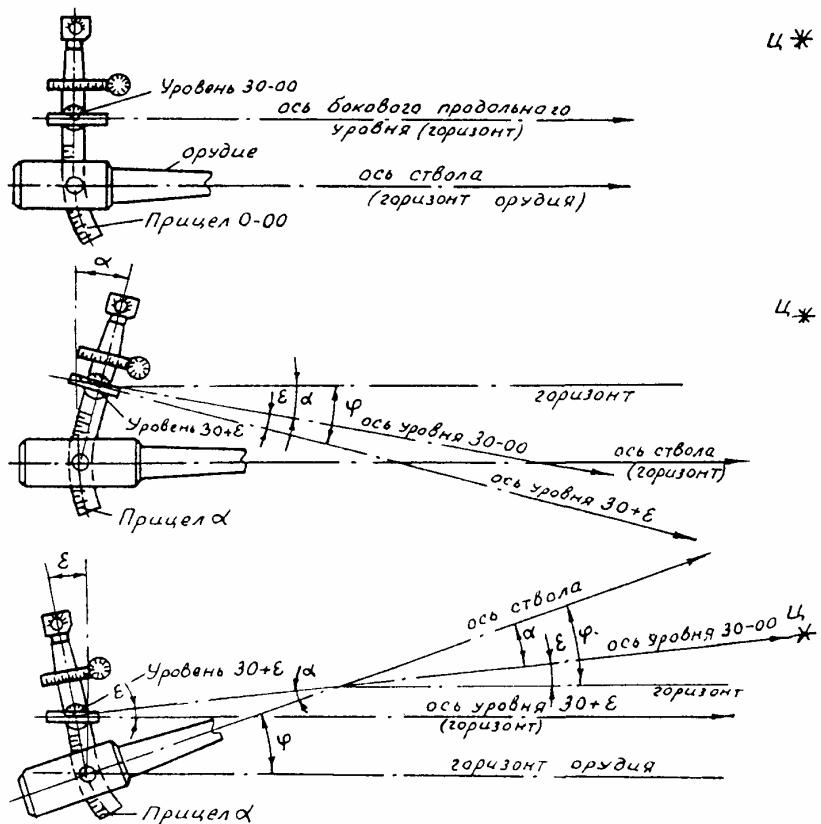


Рис. 5.11. Вертикальная наводка по уровню

Рассмотрим порядок выполнения этих двух видов вертикальной наводки для прицелов, зависящих от орудия и имеющих зависимую линию прицеливания. На рис. 5.10 показаны положения прицела и орудия после установки угла прицеливания  $\alpha$ , при этом весь прицел вместе с оптической осью панорамы повернулся относительно орудия на угол  $\alpha$ . С помощью подъемного механизма орудия оптическая ось панорамы направляется на цель. Угол места цели  $\varepsilon$  при этом учитывается автоматически, так как оптическая ось панорамы с горизонтом орудия образует угол места цели  $\varepsilon$ .

На рис. 5.11 показаны положения прицела при вертикальной наводке по уровню. Здесь на этапе установки вначале, например, в прицел по шкале уровня вводится угол места цели  $\varepsilon$  (уровень "30± $\varepsilon$ "), при этом ось уровня разворачивается относительно прицела на угол  $\varepsilon$ , а пузырек уровня, разумеется, отклоняется от своего среднего положения. Затем в прицел по шкале прицела (прицел " $\alpha$ ") вводят угол прицеливания  $\alpha$ , при этом угол весь прицел вместе с уровнем поворачивается относительно орудия на угол  $\alpha$ , а ось уровня в целом относительно орудия будет повернута на алгебраическую сумму углов  $\varphi = \alpha \pm \varepsilon$ . На этапе наводки, работая подъемным механизмом орудия, наводчик поворачивает ствол орудия в вертикальной плоскости до тех пор, пока пузырек уровня не встанет на его середину, при этом ось ствола орудия займет требуемый угол возвышения  $\varphi$ .

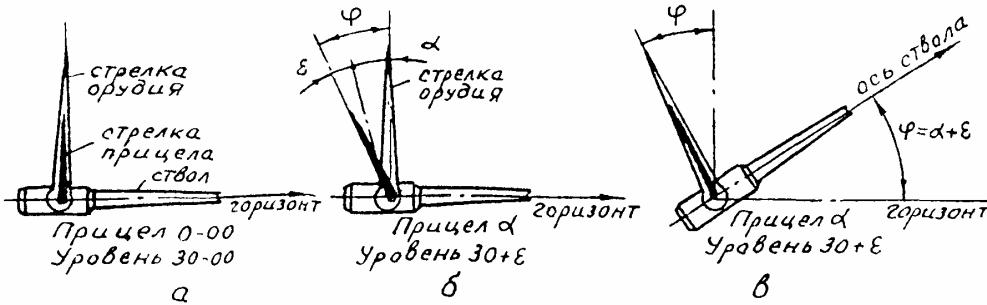


Рис. 5.12. Вертикальная наводка с помощью прицелов со стрелками

На рис. 5.12 показан принцип вертикальной наводки орудий с независимыми прицелами (прицел со стрелками).

При начальных установках на прицеле (прицел 0-00; уровень 30-00; пузырек уровня на его середине) стрелки прицела и орудия совмещены, а ствол орудия находится в горизонтальном положении (рис. 5.12, а).

На этапе установки при вводе углов прицеливания  $\alpha$  и места цели  $\varepsilon$  в прицел по его соответствующим шкалам последовательно стрелка прицела отклоняется от орудийной стрелки на алгебраическую сумму углов  $\varphi = \alpha \pm \varepsilon$  (рис. 5.12, б). На этапе наводки с помощью подъемного механизма орудия наводчик поворачивает ствол орудия вместе с орудийной стрелкой до совмещения стрелок (рис. 5.12, в), при этом ось ствола займет требуемый угол возвышения  $\varphi$ .

## 5.7. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРИЦЕЛОВ

На рис. 5.13 представлена схема зависимого прицела с зависимой линией прицеливания. Прицел включает квадрант 1 с боковым продольным уровнем 3 и орудийную панораму 2 с угломерным кольцом 4. Прицел установлен на оси цапф орудия и не имеет механизма поперечного качания, что требует перед стрельбой тщательной выверки.

тельного горизонтирования нижнего станка 5 орудия, используя линейные уровни 6 и 7. Прицельными линиями являются оптическая ось панорамы и ось бокового продольного уровня. Горизонтальная наводка орудия осуществляется с помощью оптической оси панорамы. При прямой наводке эта ось непосредственно направляется на цель с помощью поворотного механизма 10 орудия, при этом на прицеле должны быть выполнены начальные установки. При непрямой наводке используется точка наводки, а на угломерном кольце 4 устанавливается угломер  $q$  (угол горизонтального наведения). Затем угол  $q$  с помощью поворотного механизма 10 передается на орудие. Для вертикальной наводки используется либо оптическая ось панорамы (прямая наводка), либо ось бокового продольного уровня (стрельба с закрытых огневых позиций). При вводе углов вертикального наведения  $\alpha$  и  $\varepsilon$  (этап "установка") в прицел с помощью механизма углов 12, корпус 1 прицела поворачивается на эти углы вокруг червячного колеса  $H$ , связанного с осью цапф орудия. На этапе "наводка" орудие с помощью подъемного механизма 9 поворачивается в вертикальной плоскости вместе с прицелом до тех пор, пока либо оптическая ось панорамы не совместится с линией цели (прямая наводка), либо пузырек бокового уровня 3 не встанет в свое среднее положение (непрямая наводка). Рассмотренный прицел отличается простотой схемы и обеспечивает высокую точность наводки, но целесообразен для стационарных орудий с подготовленной горизонтальной огневой позицией. В артиллерии углы прицеливания  $\alpha$  ( дальность до цели) принято считать основными, а углы места цели  $\varepsilon$  - вспомогательными. Поэтому часто в прицелях эти углы вводятся раздельно (механизмы углов прицеливания и углов места цели), однако на квадранте производится суммирование этих углов  $\varphi = \alpha \pm \varepsilon$  ).

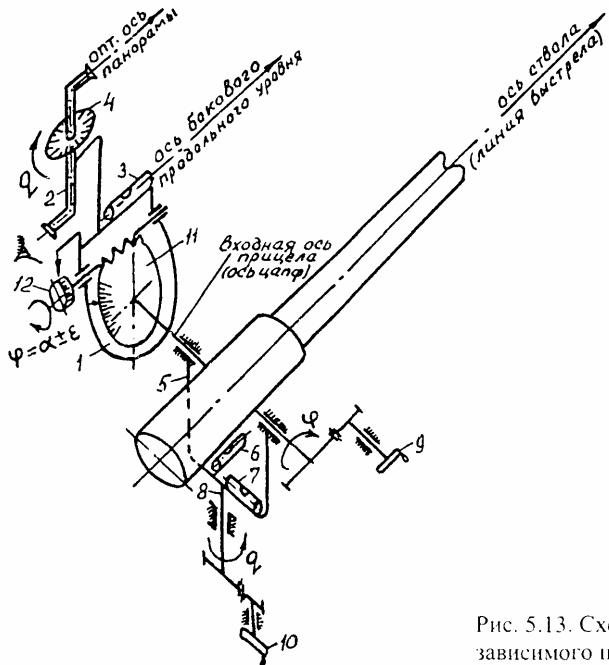


Рис. 5.13. Схема зависимого прицела

На рис. 5.14 представлена схема суммирующего прицела, где углы  $\alpha$  и  $\varepsilon$  вводятся в прицел с помощью соответственно своих механизмов: механизма углов прицеливания 1 и механизма углов места цели 2. В обоих случаях ввод этих углов в прицел вызывает поворот в вертикальной плоскости всего корпуса 3 прицела на алгебраическую сумму  $\varphi = \alpha \pm \varepsilon$ . Это дает некоторое удобство в процессе ведения стрельбы, где углы  $\varepsilon$  применяются в виде корректуры.

С целью повышения скорострельности иногда орудийную панораму устанавливают отдельно от квадранта (вариант II), при этом работают два наводчика: один - на панораме, другой - на квадранте.

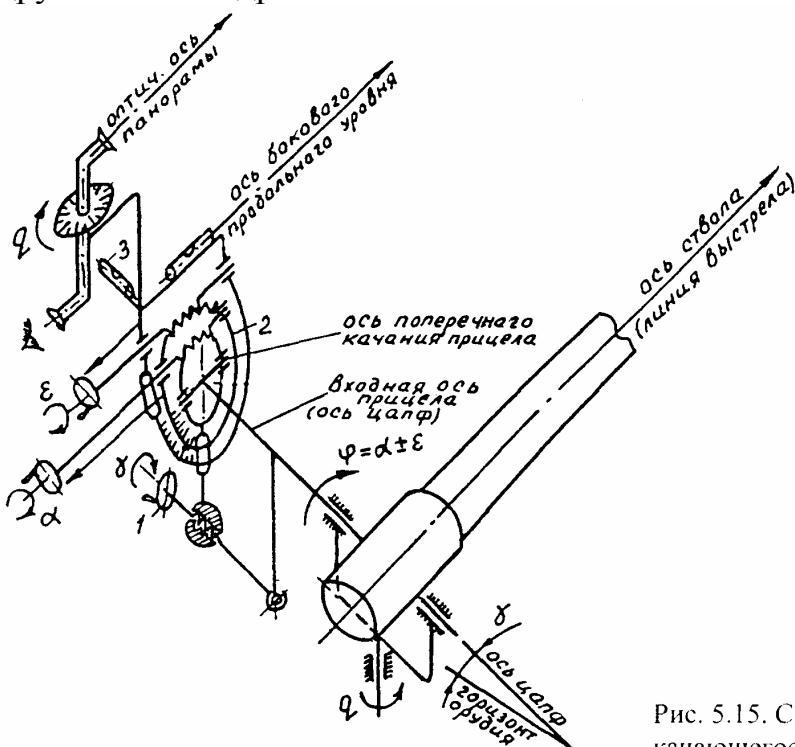


Рис. 5.15. Схема  
качающегося прицела

На рис. 5.15 представлена схема качающегося прицела, где входная ось прицела и его ось поперечного качания связаны с осью цапф орудия и перпендикулярны оси ствола. Поле занятия огневой позиции с помощью механизма поперечного качания 1 корпус 2 прицела по поперечному линейному уровню 3 выводится в вертикальную плоскость (плоскость стрельбы), что значительно уменьшает ошибки вследствие наклона оси цапф орудия (угол наклона  $\gamma$ ).

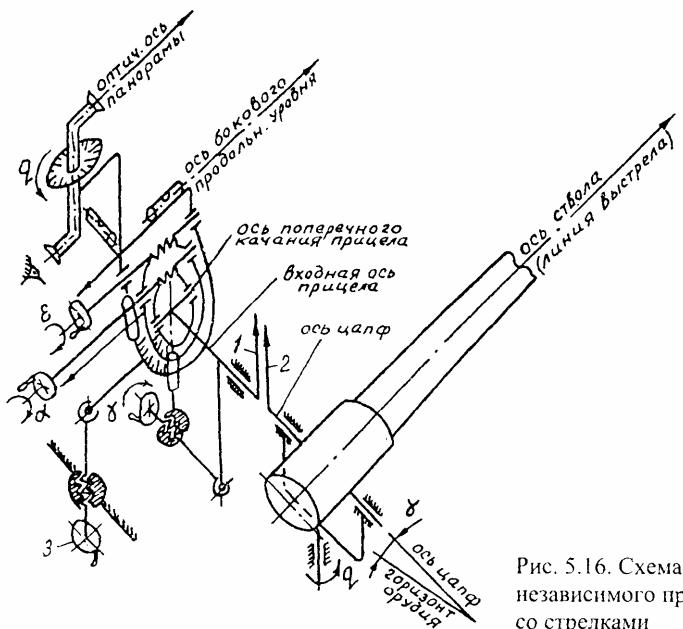


Рис. 5.16. Схема  
независимого прицела  
со стрелками

На рис. 5.16 представлена схема независимого прицела с независимой линией прицеливания (прицелы со стрелками). Прицел оборудован двумя стрелками - прицельной 1 и орудийной 2, а также подъемным механизмом 3 прицела. Подъемный

механизм прицела удерживает корпус прицела в состоянии покоя при вводе углов  $\alpha$  и  $\varepsilon$  в прицел, при этом на алгебраическую сумму углов  $\varphi = \alpha \pm \varepsilon$  поворачивается только стрелка прицела (этап установки). На этапе "наводка" с помощью подъемного механизма орудия поворачивается ствол орудия вместе с орудийной стрелкой до совмещения стрелок прицельной и орудийной.

Скорострельность орудий с такими прицелами выше, так как работают два наводчика: один - на прицеле, другой - на подъемном механизме орудия. Кроме того, эти прицелы удобны для заряжания и обеспечивают одновременность заряжания и наведения, что особенно важно для орудий крупного калибра. Однако в конструктивном исполнении они сложнее и менее точны по сравнению с зависимыми прицелами.

## 5.8. ПРОТИВОТАНКОВЫЕ И ТАНКОВЫЕ ПРИЦЕЛЫ

Условия стрельбы прямой наводкой по движущимся наземным целям существенно отличаются от условий стрельбы по неподвижным целям. Во-первых, требуется большая скорострельность, что может быть выполнено только при непрерывной наводке орудия без производства каких-либо установок по внешним шкалам прицела со стороны наводчика. Во-вторых, стрельба по движущейся цели требует от прицела большого поля зрения. Поэтому противотанковые и танковые прицелы снабжены специальными механизмами углов прицеливания и бокового упреждения. Действие этих механизмов вызывает необходимые перемещения сетки в вертикальном и горизонтальном направлениях относительно нулевой главной оптической оси прицела и неподвижного перекрестия. Кроме того, в этих прицелах имеются механизмы выверки прицела по высоте и направлению после установки его на орудие. В процессе стрельбы перекрестие остается неподвижным, а углы прицеливания и упреждения устанавливаются по внутренним шкалам прицела (шкалы на сетках), путем перемещения сетки в вертикальном и горизонтальном направлениях относительно перекрестия.

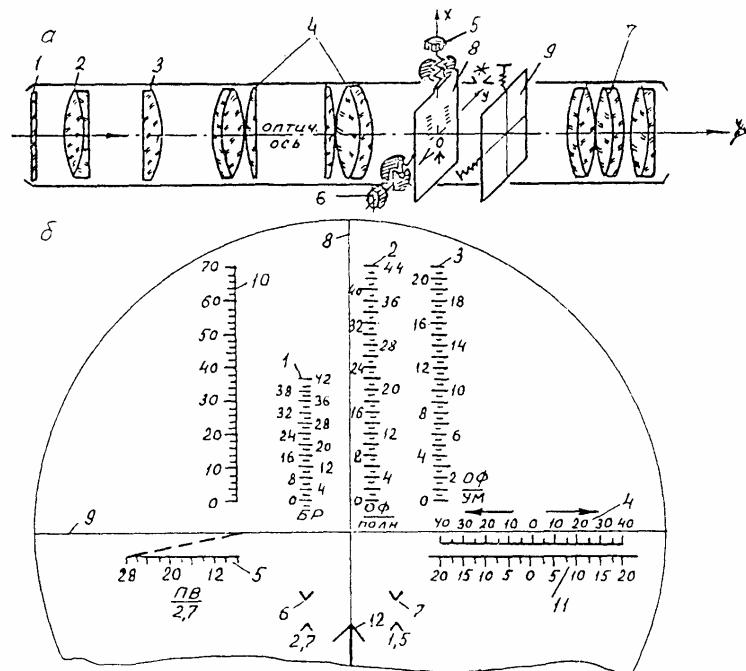


Рис. 5.17. Схема противотанкового прицела

На рис. 5.17, а представлены основные элементы оптической системы телескопического противотанкового прицела ОП-4. Система включает светофильтр 1, объектив 2, коллектив 3, линзы обраачивающей системы 4, сетку 8, перекрестье 9 и окулярную группу 7. Условно показаны механизм упреждения 6 и механизм углов прицеливания 5, с помощью которых каретка сетки 8 может перемещаться поперек оптической оси по горизонтали (ось Y) и по вертикали (ось X). Сетка 8 установлена в задней фокальной плоскости второго трехлинзового компонента обраачивающей системы 4.

На сетке (рис. 5.17, о) нанесены: дистанционные шкалы 1, 2 и 3 (в гектометрах), шкала боковой составляющей скорости цели 4 (в км/ч), дальномерная шкала 5, угольники 6 и 7 для определения дальности прямого выстрела по целям высотой 2,7 м и 1,5 м и прицельный знак 12. На поле зрения сетки просматривается перекрестье с вертикальной 8 и горизонтальной 9 нитями. Оптический прицел ОП-4 является универсальным для противотанковых орудий, отличием будут только знаки на сетках, которые наносятся в соответствие баллистикой данного орудия. Часто на сетках наносятся шкалы корректур, например, по дальности 10 (в тысячных) и направлению 11 (в тысячных).

Наводчик орудия, наблюдая в окуляр прицела, ловит подвижную цель в поле зрения прицела и, вращая маховичок 5, устанавливает скомандованный прицел по дистанционной шкале, соответствующей снаряду, которым ведется стрельба. После этого вращением маховичка 6 устанавливает скомандованное значение скорости цели по той части шкалы боковой составляющей скорости, над которой расположена стрелка направления движения цели. Затем наводчик, действуя поворотным и подъемным механизмами орудия, выносит прицельный знак несколько вперед по ходу движения цели и в момент, когда прицельный знак совместится с целью, производит выстрел.

Прицел ОП-4 имеет 5,5-кратное увеличение и поле зрения  $11^\circ$ .

## 5.9. ЗЕНИТНЫЕ ПРИЦЕЛЫ

Для поражения воздушной цели стволу орудия в момент выстрела необходимо придать такое положение в пространстве, при котором снаряд попал бы в точку, лежащую впереди летящей цели на пути ее движения. Точка  $A_y$  (рис. 5.18), в которой должна произойти встреча снаряда с целью, называется точкой встречи или упрежденной точкой, при этом точки  $A$  и  $O$ , соответственно, положение цели в момент выстрела и место положение орудия. Чтобы снаряд попал в упрежденную точку  $A_y$ , необходимо ось ствола орудия направить в момент выстрела в направлении прямой линии выстрела, положение которой определяется требуемыми углами: упреждения  $\beta$  и прицеливания  $\alpha$ . При этом угол  $\alpha$  должен соответствовать упрежденным значениям наклонной дальности  $D_y$  и угла места цели  $\varepsilon_y$ , которые характеризуют

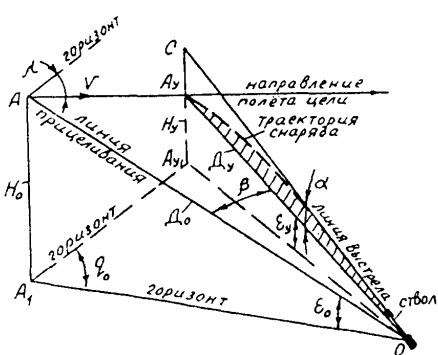


Рис. 5.18.

положение точки  $A_y$  в плоскости стрельбы. Величины углов упреждения и прицеливания непрерывно изменяются, поскольку цель движется. Для наводки зенитных

орудий в цель используются автоматические зенитные прицелы, которые сами автоматически вырабатывают углы упреждения и прицеливания после ввода в прицел параметров движения цели и условий стрельбы. Основными параметрами движения цели при этом являются наклонная дальность  $D_0$  или высота цели  $H_0$ , угол места цели  $\varepsilon_0$ ; скорость полета цели  $V$ ; курсовой угол  $q_0$  (иногда называют курсовой параметр); угол пикирования  $\lambda$  (или кабрирования).

Наклонная дальность определяется либо дальномером, либо на глаз. Скорость цели определяется прибором или по типу цели. Угол места цели предварительно не определяется и вводится в прицел автоматически в процессе визирования по цели. Курсовой угол и угол пикирования (кабрирования) определяются по видимому направлению движения цели.

Наиболее простыми зенитными прицелами, позволяющими вести стрельбу по воздушным целям при самых разнообразных их направлениях и скоростях, являются так называемые кольцевые прицелы (рис. 5.19). На стволе орудия укреплена линейка 1 с передним кольцевым визиром 2 (радиуса  $R$ ), который с помощью отвеса 3 удерживается в горизонтальной плоскости. Визир 2 состоит из ряда концентрических колец. Задний визир с целиком  $O$  (глаз наводчика) установлен на стойке 4 в задней части ствола. Линия прицеливания  $O\alpha_y$  (в момент выстрела) образует с

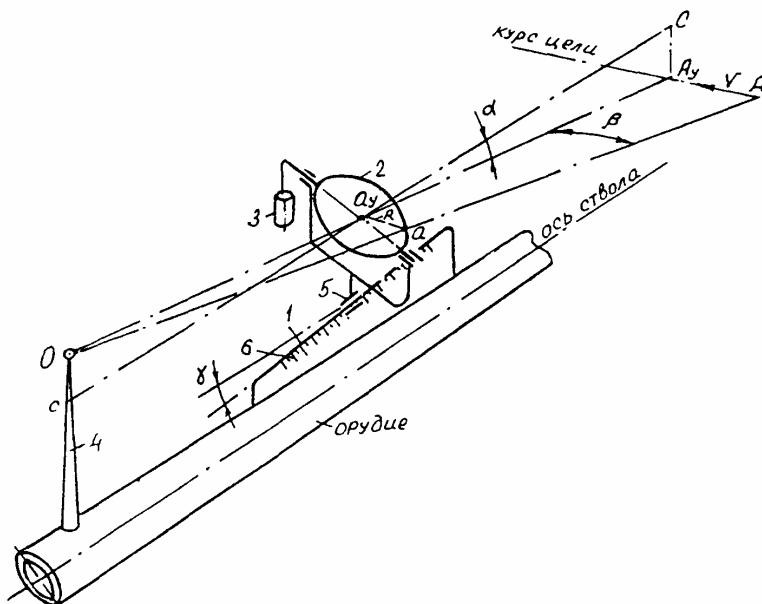


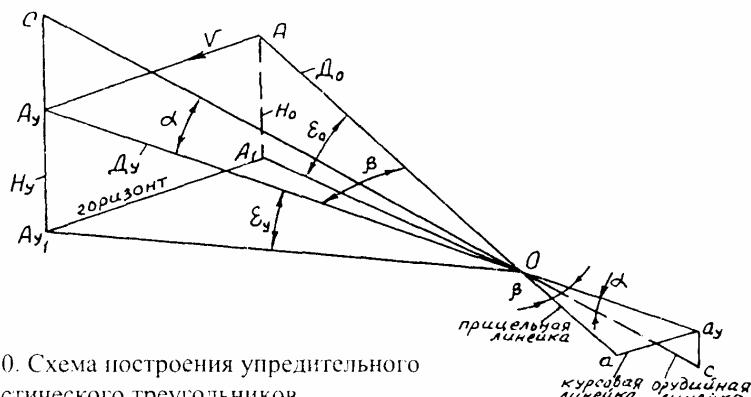
Рис. 5.19. Схема прицеливания зенитного орудия с кольцевым прицелом

осью ствола орудия прицельный угол  $\alpha$ . Расстояние  $O\alpha_y$  выбирается в соответствии с наклонной дальностью до цели путем перемещения каретки 5 с передним визиром 2 вдоль линейки 1 с дистанционной шкалой (дистанционная линейка). Дистанционная линейка может быть установлена еще и под углом  $\gamma$  по отношению к оси ствола для коррекции устанавливаемых на прицеле прицельных углов  $\alpha$ . При малых углах места цели  $\varepsilon$  наводка при горизонтальном расположении кольцевого переднего визира невозможна, поэтому отвес 3 поворачивают на  $90^\circ$  относительно цапф колец, при этом визир устанавливается в вертикальное положение.

При наводке орудия с кольцевым прицелом визирование в цель осуществляется через целик  $O$  и какую-либо точку  $a$ , лежащую на контуре кольца переднего визира. Величина выбранного кольца визира соответствует определенной скорости  $V$

полета цели. Для разных значений скорости  $V_i$  желательно иметь и соответствующее число  $R_i$ . В практике используют до пяти колец, стянутых спицами. В процессе прицеливания точка  $a$  на соответствующем кольце выбирается наводчиком таким образом, чтобы цель казалась перемещающейся в центр колец (точка  $\alpha_y$ ), а направление радиуса  $R$  (отрезок  $\alpha_y a$ ) было параллельно курсу цели. В таком случае получается построение прицельного треугольника  $O\alpha_y a$  подобному пространственному треугольнику  $OAA_y$ . Таким образом, в процессе наводки орудия будет обеспечен угол упреждения  $\beta$ . Учет углов пикирования или кабрирования требует большого навыка наводчика. Эффективность стрельбы с кольцевыми прицелами существенно зависит от опытности стреляющего.

Принцип устройства автоматических зенитных прицелов в большинстве случаев основывается на гипотезе: за время полета снаряда до упрежденной точки  $A_y$  цель движется равномерно и прямолинейно в любой плоскости. Прицел автоматически вырабатывает угол упреждения  $\beta$  и углы прицеливания  $\alpha$  путем построения упредительного и баллистического треугольников (рис. 5.20).



но текущей (в момент выстрела) дальности  $D_0$  до цели. Прицельная линейка параллельна линии прицеливания (линия визирования  $OA$ ), при этом:

$$O_a = K \frac{OA}{t} = K \frac{D_0}{t}; \quad (5.3)$$

сторона  $a_y c$  характеризует величину понижения ( $CA_y$ ) траектории снаряда под линией выстрела  $OC$  для упрежденной точки  $A_y$ . Величину  $CA_y/t$  можно считать средней скоростью понижения снаряда;

сторона  $Oa_y$  в прицеле получается в результате построения других четырех сторон  $Oa$ ,  $aa_y$ ,  $a_y c$  и  $Oc$ .

Введением в прицел с помощью механизмов прицела входных данных ( $D_0$ ,  $H_0$ ,  $\varepsilon_0$ ,  $V$  и  $\lambda$ ) устанавливаются длина линеек и их направления, то есть производится геометрическое построение упредительного  $aOa_y$  и баллистического  $a_y O c$  треугольников прицела. При этом линия прицеливания (линия визиров) разворачивается относительно оси ствола на требуемые углы упреждения  $\beta$  и прицеливания  $\alpha$ . Таков этап установки.

На этапе наводки с помощью механизмов орудия последнее, вместе с линией прицеливания поворачивается в вертикальной и горизонтальной плоскостях до совмещения прицельной линии визира с линией цели и далее производится выстрел.

На рис. 5.21 приведена принципиальная схема автоматического прицела с построением вышеуказанных линеек: курсовой, орудийной и прицельной. Орудийная линейка 1 (со шкалой дальности до цели) связана со стволом орудия и параллельна его оси. Курсовая линейка 2 (со шкалой скорости цели) смонтирована на вертикально расположенной оси 4 и может быть установлена параллельно курсу цели путем установки, связанной с линейкой силуэта - самолетика 5 по курсу цели. Прицельная линейка 3 шарнирно скреплена в точках  $O$  и  $a$  с линейками 1 и 2. На этой линейке установлено визирное приспособление 6. Перемещением ползунов 7 и 8 (и шарнира  $a$ ) изменяются величины сторон  $Oa$  и  $aa_y$  упредительного треугольника  $Oaa_y$ . Одновременно с этим изменяется и величина стороны  $Oc$  баллистического треугольника  $Oa_y c$ . Перемещением линейки 2 в вертикальных направляющих 9 изменяется вторая сторона  $a_y c$  баллистического треугольника. Указанные перемещения осуществляются в виде установок по соответствующим шкалам и по входным данным с помощью отдельных механизмов прицельного устройства. На этапе наводки подъемным 10 и поворотным 11 механизмами орудие разворачивают вместе с прицелом до совмещения прицельной линейки 3 и линии визира 6 с линией цели  $OA$ . После чего линия  $Oa_y$  окажется совмещенной с упрежденной линией цели  $OA_y$ , а линейка 1 (линия  $Oc$ ) установится по отношению к этой линии под углом прицеливания  $\alpha$ . Ствол орудия примет положение в пространстве, отвечающее упрежденной точке  $A_y$ . В процессе наводки курсовая линейка 2 должна удерживаться параллельно курсу цели. Это обеспечивается с помощью механизма стабилизации курса, который кинематически связывает эту линейку с поворотным механизмом орудия. Первоначальная установка линейки 2 по курсу цели производится, как правило, вручную с помощью силуэта - самолетика 5.

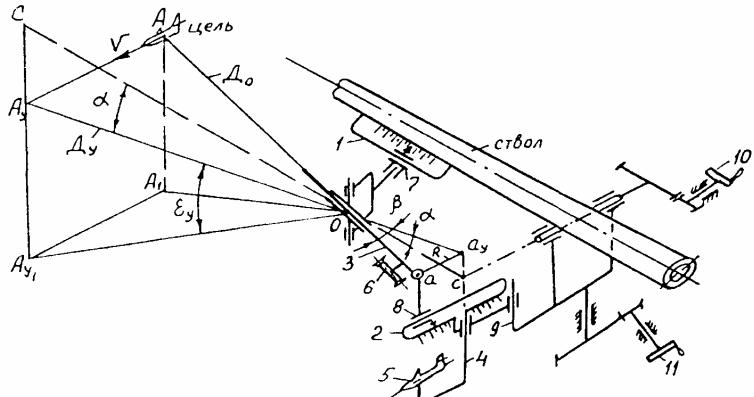


Рис. 5.21. Кинематическая схема зенитного прицела

## 5.10. ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

При ведении боевых действий ночью при прямой наводке первостепенной задачей является обеспечение видимости. Для наблюдения при малых освещенностях применяют оптические приборы с большим увеличением. Однако их использование затруднено, поскольку естественная полная освещенность содержит всего лишь 30...40% видимого излучения. Остальную часть составляет инфракрасное излучение, источником которого являются нагретые тела.

Электронно-оптические приборы используют возможности преобразования невидимого инфракрасного излучения в видимое. Основным их элементом является электронно-оптический преобразователь (ЭОП). Принцип его действия иллюстрируется на рис. 5.22. Элементы ЭОП размещены в стеклянной колбе 1, в которой создан вакуум порядка  $10^{-6} \dots 10^{-7}$  мм рт. ст., что необходимо для свободного перемещения в ней электронов. Фотокатод 2 нанесен на переднюю стенку колбы с внутренней стороны и представляет собой тонкий слой полупроводника, состоящего из полу-прозрачного слоя серебра, обеспечивающего равномерное распределение электрического потенциала по полю фотокатода, и слоя из окисей серебра и цезия. Анодный узел состоит из диафрагмы 4, алюминиевого цилиндра 5 и экрана 6, представляющего собой слой катодолюминофора, нанесенный на стеклянную подложку и покрытый тонкой пленкой алюминия. Под действием инфракрасных лучей из фотокатода выбиваются электроны (фотоэмиссия). На рисунке показана траектория электронного пучка из точки *a*. Фокусирующая система служит для ускорения выбитых из фотокатода электронов и для фокусировки их на экран 6 ЭОП.

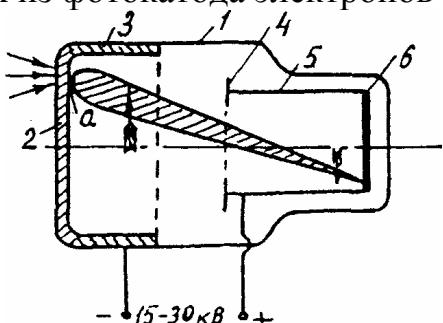


Рис. 5.22. Схема электронно-оптического преобразователя.

Эта система из двух электродов (катод и анод) создает внутри колбы 1 электростатическое поле. Между катодом и анодом фокусирующей системы приложено высокое напряжение (25...30 кВ).

Катодолюминоформ под действием падающих на него электронов испускает видимый свет, причем яркость его свечения пропорциональна мощности электронного пучка. В качестве люминоформа используется сульфид-селения цинка, активированный медью.

Электронно-оптические приборы могут быть активного действия (с подсветкой от инфракрасного прожектора) и пассивного действия (без подсветки).

На рис. 5.23, *а* показаны основные элементы электронно-оптического прибора активного действия. Инфракрасный прожектор 1 облучает наблюдаемый объект инфракрасными лучами. Часть отраженных лучей попадает в объектив 6 электронно-оптической зрительной трубы и далее на электронно-оптический преобразователь 5 (ЭОП), который преобразует невидимое изображение в видимое. Последнее получается на люминесцентном экране ЭОП и рассматривается глазом наблюдателя в увеличенном виде через окуляр 4 (лупа). Для работы прибора необходима аккумуляторная батарея 2 (2,5-24 В) и высоковольтный источник питания 3, который необходим для создания разности потенциалов напряжения между фотокатодом и анодом. Недостатком приборов активного действия является собственная демаскировка излучением своего инфракрасного прожектора и наличие аккумуляторной батареи для питания прожектора, что увеличивает вес и объем комплекта прибора.

На рис. 5.23, *б* представлены основные элементы электронно-оптического прибора пассивного действия. Здесь инфракрасное излучение от наблюдаемых объектов попадает непосредственно на объектив 1 и далее после преобразования в более мощном ЭОП (2) поступает на окуляр 3. Для питания прибора также необходима аккумуляторная батарея 4 и высоковольтный источник постоянного тока 5. Светозащитное устройство 6 служит для защиты прибора от воздействия на него засветок.

С целью измерения углов и наведения огневых средств в цель в электронно-оптических приборах также используются сетки, штрихи и знаки которых наносятся на внешнюю поверхность катодного стекла ЭОП или проектируются на фотокатод специальной оптической проекционной системой.

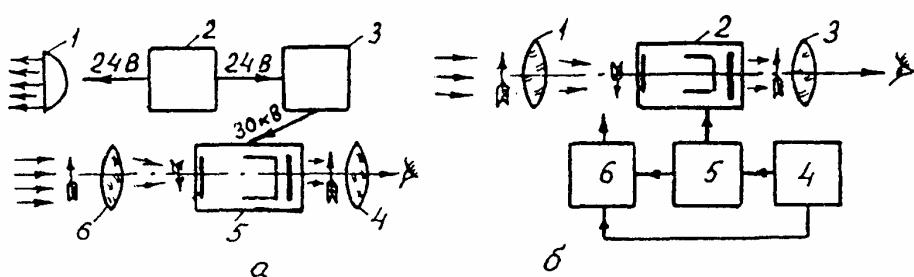


Рис. 5.23. Основные элементы электронно-оптического прибора активного действия

Основными элементами инфракрасного прожектора являются источник излучения (лампа накаливания мощностью до 400 Вт), отражатель и инфракрасный фильтр. Инфракрасный фильтр служит для срезания видимой части спектра в лучистом потоке прожектора, в результате чего прожектор излучает только невидимые для глаза инфракрасные лучи. Внешне инфракрасный прожектор похож на обычную автомобильную фару. Кроме того, эти прожекторы имеют устройства для согласования направления их потока лучей с направлением оси зрительной трубы.

## 5.11. АРТИЛЛЕРИЙСКАЯ БУССОЛЬ. СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИЕ ДАЛЬНОМЕРЫ

Перископическая артиллерийская буссоль является основным прибором батареи и дивизиона и предназначена для измерения магнитных азимутов и дирекционных углов, измерения горизонтальных и вертикальных углов на местности и определения расстояний и дистанций до точек на местности. Кроме того, с помощью этой буссоли определяются значения синусов углов, производится разбивка фронта батареи и расстановка орудий. В комплект прибора входят буссоль, перископ, тренога и освещение с аккумуляторной батареей.

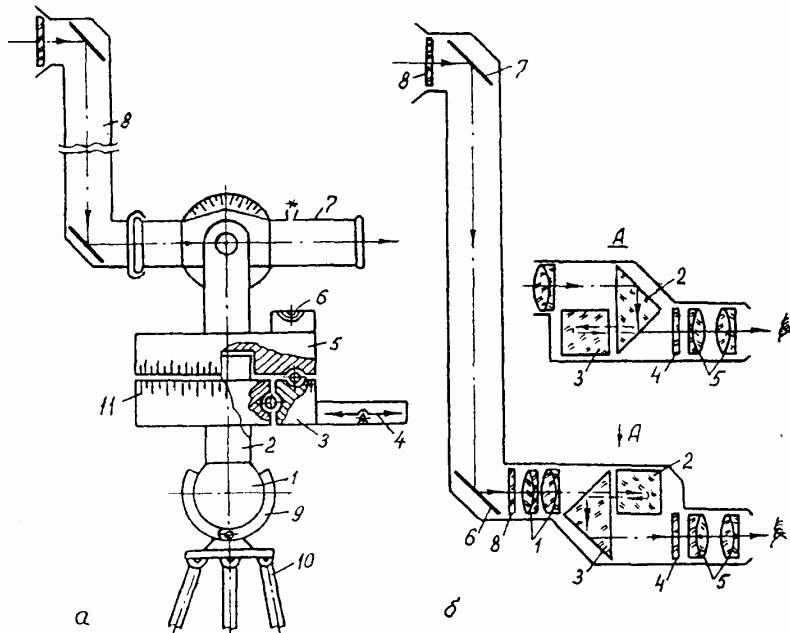


Рис. 5.24. Схема артиллерийской перископической буссоли

Буссоль (рис. 5.24, *a*) включает в себя шаровую пятю 1 с осью 2, нижнее поворотное основание 3 с магнитной стрелкой 4, верхнее поворотное основание 5 с шаровым уровнем 6, качающуюся часть с монокуляром (зрительная груба) 7 и перископ 8. Поворотом пяты 1 в шаровой цапфе 9 треноги 10 по уровню 6 производится горизонтизирование оснований 3 и 5 буссоли. Поворотом нижнего основания 3 в горизонтальной плоскости производится ориентирование буссоли по магнитному меридиану с помощью магнитной стрелки 4. Поворотом верхнего основания 5 с качающейся частью и монокуляром 7 относительно нижнего основания 3 производится ориентирование монокуляра 7 в горизонтальной плоскости и отсчет углов по азимуту. Поворотом монокуляра 7 в вертикальной плоскости производится отсчет вертикальных углов. Углы поворота верхнего основания 5 и монокуляра 7 отсчитываются в тысячных по шкалам грубого (цена деления 1-00) и точного (цена деления 0-01) отсчета. Цена деления шарового уровня 0-03.

Перископ 8 (оптическая насадка может устанавливаться вертикально, наклонно и горизонтально) применяется при работе с буссолью из-за укрытия.

Монокуляр (рис. 5.24, *b*) включает объектив 1, оборачивающие призмы 2 и 3, сетку 4, окуляр 5 и защитное стекло 8. Зеркала 6 и 7 являются составными частями перископа. Оборачивающие призмы 2 и 3 обеспечивают прямое (не перевернутое)

изображение местности при ее обзоре по азимуту на  $\pm 360^\circ$  ( $\pm 60\text{-}00$ ). Сетка монокуляра, расположенная в фокальных плоскостях объектива и окуляра, имеет две угломерные шкалы (с ценой деления 0-05) и две дальномерные (неравномерные) шкалы, градуированные в метрах.

Стереоскопические дальномеры служат для измерения дальностей (до 16 км и более), а также горизонтальных углов на местности и могут использоваться в качестве разведывательных приборов с последующим целеуказанием. Для работы в ночное время в комплекте дальномеров имеются специальные ночные приставки (ЭОП).

Принцип работы стереоскопических дальномеров основан на измерении линейных и угловых параллаксов стереоскопического зрения. Стереоскопическое зрение - способность человеческого зрения воспринимать пространственное расположение предметов и оценивать их взаимное положение по дальности. Этот эффект присущ только бинокулярному зрению (двумя глазами) и осуществляется мгновенно, рефлекторно.

Стереоэффект объясняется различием положений изображения предметов  $A_1$  и  $A_2$  (рис. 5.25, a) на сетчатке глаз или параллаксом. Если предмет находится в бесконечности  $A_\infty$ , то его изображение находится в центре глаз. Если наблюдать предметы  $A_1$  и  $A_2$ , то расстояния  $b_1$  и  $b_2$  между их изображениями на сетчатках глаз будут больше базы глаз  $b$ . Линейные параллаксы будут равны соответственно:  $p_1 = b_1 - b$ ;  $p_2 = b_2 - b$ . Угловой параллакс ( $\delta_{\text{зл}} = \alpha_1 - \alpha_2$ ) определяется разностью углов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  при вершинах треугольников, основанием которых является база глаз  $b$ .

Наименьшее значение  $\delta_{\text{зл}}$ , при котором еще сохраняется стереоэффект, называется остротой зрения (в среднем  $\delta_{\text{зл}}=10^{11}$ ). Предельное расстояние, дальше которого глаза человека не различают расположение предметов по глубине, называется стереоскопическим радиусом  $R_{\text{зл}}$  где  $R_{\text{зл}} = \frac{b}{\delta_{\text{зл}}}$ . При базе глаз  $b = 65$  мм,  $R_{\text{зл}} \approx 1350$  м.

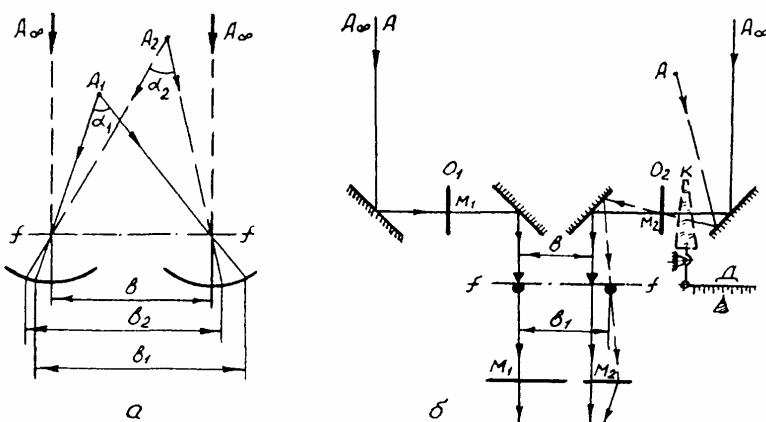


Рис. 5.25.

При наблюдении в бинокулярный прибор этот радиус  $R$  определяется выражением  $R = \frac{B}{\delta_{\text{зл}}} n$ , где  $B$  - база прибора,  $n$  - увеличение прибора.

Например, для стереоскопического дальномера ДС-1  $B = 1000$  мм;  $n=12$ ;  $R \approx 16$  км.

В стереодальномерах дальность до цели оценивается по положению изображения цели  $A$  и измерительных марок ( $M_1$  и  $M_2$ ), относительно друг друга (рис. 5.25, б). Марки установлены в фокальных плоскостях  $f$  объективов  $\theta_1$  и  $\theta_2$  и в местах изображения бесконечно удаленного предмета  $A_\infty$  и обозначены треугольниками.

Изображения предмета обозначены кружочками. При наличии линейного параллакса ( $p \neq 0$ ) цель и измерительные марки будут находиться на различных дальностях.

При выборе линейного параллакса с помощью поворота оптического компенсатора  $K$  (клиновидная пластинка), то есть при  $p = 0$ , цель  $A$  и марки будут казаться совмещенными по глубине. Перемещение компенсатора при совмещении изображения предмета и марки передается на дистанционную шкалу  $D$ , нанесенную на оправе компенсатора, по которой можно прочесть дальность до цели.

## 6. САМОХОДНАЯ, ТАНКОВАЯ И КОРАБЕЛЬНАЯ АРТИЛЛЕРИЯ

### 6.1. АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ БОЕВЫЕ ГУСЕНИЧНЫЕ МАШИНЫ

Самоходная артиллериya имеет существенные преимущества перед буксируемой по защите экипажа, системе обеспечения огневой мощи и подвижности как на марше, так и в боевых порядках. Выполнение самоходных установок (СУ) на базе танков обеспечило существенное снижение затрат на изготовление, обслуживание и ремонт. Возможности броневой защиты и герметизации обитаемых отделений СУ позволили обеспечить защищенность от оружия массового поражения. Выполнение ядерного заряда в калибре 152,6 мм (155 мм) позволило сделать СУ, оснащенные орудиями этого калибра, носителями тактического ядерного оружия.



Рис. 6.1. Самоходные артиллерийские установки:  
а - СУ-7АМ; б - СУ-122; в - СУ-85; г - СУ-100; д - СУ-152; е - ИСУ-122С.

Существенное развитие СУ получили в период Великой Отечественной войны (рис. 6.1). Так, на базе легкого танка Т-70 была создана СУ-76, оснащенная 76-мм пушкой ЗИС-3 - одной из лучших полевых орудий начала войны. Рубка СУ-76 была полубронированной - без крыши и заднего листа, что существенно снижало уровень защищенности. СУ-76 и ее модернизация СУ-76М использовались как орудия сопровождения пехоты. На базе танка Т-34 было создано семейство самоходных артиллерийских установок:

СУ-122, вооруженная 122-мм гаубицей, СУ-85, вооруженная 85-мм пушкой, обеспечившей эффективную борьбу с танками противника, и СУ-100, оснащенную 100-мм морской пушкой, обладавшей еще более высокими баллистическими и бронебойными характеристиками.

Для повышения эффективности борьбы с разработанными в Германии к 1943 г. новыми тяжелыми танками Т-VD ("пантера"), Т-VIE "тигр" и самоходной артил-

лерийской установкой (САУ) "фердинанд" были созданы на базе тяжелого танка КВ наиболее мощные на тот период САУ. Так, на базе танка КВ-1С была разработана СУ-152, оснащенная 152-мм пушкой-гаубицей. В конце 1943 г. на базе нового танка ИС создается ИСУ-152 и затем ИСУ-122, оснащенная 122-мм полевой пушкой. Замена 122-мм полевой пушки на 122-мм танковую пушку привела к созданию установки ИСУ-122С.

Появление новых задач (аэроransportабельность, плавучесть, защита от оружия массового поражения, оснащение ядерными боеприпасами и др.) и технологических возможностей определили дальнейшее развитие этого вида вооружения.

По существующей классификации военно-гусеничных машин (БГМ), боевые гусеничные машины, оснащенные артиллерийскими орудиями для уничтожения живой силы, военной техники, оборонительных и других сооружений и объектов противника, называют артиллерийскими боевыми гусеничными машинами (артиллерийскими БГМ).

Огневая мощь артиллерийских БГМ обеспечивается системой оружия (СО), включающей артиллерийские орудия, боекомплект, устройства заряжания орудия и устройства загрузки боекомплекта в машину.

После появления оружия массового поражения к артиллерийским БГМ предъявились требования быть носителями ядерного оружия и обеспечивать ведение боевых действий в условиях воздействия средств массового поражения. Первоначально разрабатывались артиллерийские машины с орудиями большого калибра: пушка 175 мм (М 107) и гаубица 203,2 мм (М 110) (рис. 6.2) - оба производства США, на специальной базе. Орудия смонтированы открыто, в кормовой части, углы наведения по горизонту  $\pm 30^\circ$ . Аналогичные установки были приняты на вооружение у нас; были созданы сверхмощные с ядерным снарядом 406-мм пушка СМ-54 на подвижном шасси и 420-мм самоходный миномет 2Б2 (главный конструктор орудия И. И. Иванов). По своим тактико-техническим характеристикам установка СМ-54 не имела аналогов в мире.

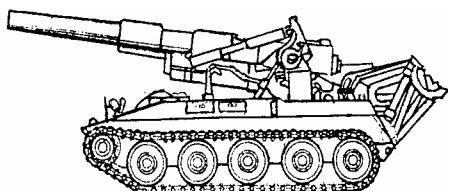


Рис. 6.2. Самоходная 203,2-мм гаубица М 110 (США).

До калибра 155 мм (152,6 мм) артиллерийские орудия могут размещаться на БГМ в закрытой башне кругового вращения. В США по такой схеме в 70-х XX века годах была выполнена 155-мм гаубица М109, имевшая помимо обычных осколочно-фугасных и ядерный снаряд с небольшим тротиловым эквивалентом. Поэтому, начиная с калибра 152,6 мм и выше, имеются ограничения на эти виды оружия в международных договорах. Гаубица выполнена с безгильзовой обтюрацией (с этого калибра за рубежом все артиллерийские орудия в безгильзовом исполнении) с боекомплектом 28 боеприпасов раздельного заряжания с зарядами в полностью сгорающих оболочках; масса установки 26 т, скорость до 56 км/ч.

Полностью закрытая башня и броневой корпус на танковом шасси позволили создать артиллерийские БГМ, обладающие высокой огневой мощью, за счет оснащения пушками калибра 152,6 мм (155 мм), подвижностью на уровне базовых тан-

ков и защитой от оружия массового поражения, осколков, стрелкового оружия. В настоящее время это наиболее представительная часть артиллерийских БГМ.

Во Франции в середине 70-х XX века была создана на базе основного танка AMX-30 САУ с пушкой калибра 155 мм 155 GCT. Система оружия этой машины включает пушку безгильзовой обтюрации, механизм заряжания и боеприпасы раздельного заряжания с полностью сгорающим зарядом. Скорострельность достигала 8 выстрелов в минуту, система управления огнем (СУО) обеспечивала прицельную стрельбу прямой и непрямой наводкой, экипаж -4 человека.

Тактико-технические характеристики некоторой отечественной и зарубежной самоходной артиллерии, созданной в военный и послевоенный периоды, приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Индекс САУ	Калибр d, мм	Коэффициент массы снаряда $C_q$ , км/дм <sup>3</sup>	Коэффициент могущества орудия $C_E$ , МДж/дм <sup>3</sup>	Максимальная дальность стрельбы, X <sub>m</sub> , км	Начальная скорость снаряда V <sub>0</sub> , м/с	Практическая скорострельность $n$ , выстрелов в мин	Масса орудия в боевом положении M <sub>b</sub> , тонн	Боекомплект N, количество боеприпасов
СУ-76М	76	14,8	3,17	8,6	680	10	10,5	60
СУ-85	85	14,9	4,79	13,6	790	8	29,6	48
СУ-100	100	15,8	6,39	15,4	900	8	31,6	33
ИСУ-122	122	13,7	4,40	15,7	800	2	46,0	30
ИСУ-152	152	13,9	2,97	12,2	600	2	46,0	20
2С1	122	11,9	3,52	15,2	686	5	15,7	40
2С3	152	12,5	2,74	17,4	655	3	27,5	46
2С5	152	13,1	5,81	28,4	942	6	28,2	30
2С7М	203	13,1	4,86	37,5	960	2	46,0	8
2С19	152	14,2	4,50	24,7	828	8	42,5	50
М-109	155	11,6	2,70	18,1	684	4	24,9	36
М-107	175	12,5	5,32	32,6	914	2	28,2	2
М-110	203	10,8	2,28	24,3	645	1	26,5	2
SP70	155	11,7	4,03	24,0	827	6	43,0	40

Из таблицы видны основные тенденции совершенства артиллерийских БГМ - это повышение дальности стрельбы и скорострельности при увеличении боекомплекта и снижении общего веса установки.

К артиллерийским БГМ предъявляются следующие основные требования:

уровень боевой эффективности, определяемый дальностью стрельбы, действием снаряда у цели, точностью, скорострельностью, величиной боекомплекта;

тактическая и оперативная подвижность, определяемая скоростью, проходимостью по пересеченной местности и запасом хода;

защита от оружия массового поражения, осколков, стрелкового оружия;

степень обеспечения боеспособности и условия обитаемости, определяемые

эргономичностью, степенью механизации и удобствами обслуживания и ремонта.

Эти машины должны быстро менять огневые позиции и, соответственно, быстро переводиться из боевого положения в походное и обратно. Для обеспечения высокой готовности к открытию огня БГМ должны быть оснащены приборами поиска, сопровождения целей, баллистическими вычислителями, автоматами заряжания. Артиллерийские БГМ должны обеспечивать возможность стрельбы в зараженной местности и преодолевать водные преграды, а также удовлетворять требованиям по аэроransportабельности.

### **6.1.1. Классификация артиллерийских БГМ**

Артиллерийские БГМ классифицируются по признакам вооружения и по признакам носителя. По вооружению они классифицируются аналогично полевым орудиям: по калибру, степени автоматизации заряжания и т. п. По признакам носителя их можно разделить на следующие виды:

по массе - легкие (до 15 т); средние (до 30 т); тяжелые (свыше 30т);

*по степени защищенности орудия* - полностью бронированные; частично бронированные; открытые;

*по компоновочной схеме расположения боевого отделения — переднее; среднее; кормовое;*

по степени подвижности установки орудия - неподвижные (рубки); с ограниченным сектором вращения; с круговым вращением;

*по способу преодоления водных преград* — плавающие; переправа бродом;

*по способу обеспечения устойчивости при выстреле - с подвески; с выключением подвески; с использованием сошника.*

По конструктивному признаку БГМ подразделяются на открытые и закрытые. *Закрытые* (бронированные) могут быть с различной степенью бронированности и подвижности башни.

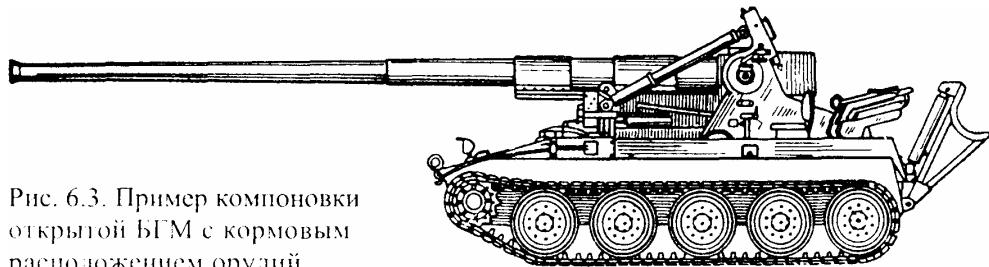


Рис. 6.3. Пример компоновки открытой БГМ с кормовым расположением орудий

*Открытые* артиллерийские БГМ (рис. 6.3) имеют верхний станок для орудия и несущую раму-лафет, установленную на шасси. Эти установки, как правило, имеют ограниченный угол обстрела по горизонту. Открытые артиллерийские БГМ могут быть без сошников и без выключения подвесок ходовой части для стрельбы; с откидным сошником, упирающимся при стрельбе в грунт, и выключением подвесок, если угол возвышения орудия велик. Выключение подвесок или ограничение их хода может осуществляться переводом гидроамортизаторов ходовой части в режим стрельбы путем увеличения их сопротивления или опусканием корпуса на грунт, то есть приданием машине нулевого клиренса, что достигается применением управляемой гидропневматической подвеской в ходовой части машины.

*Боевое отделение* закрытых БГМ предназначено для размещения системы

оружия, включающей основное вооружение (пушечное или ракетное), боекомплект, вспомогательное стрелковое оружие, СУО, средства связи и экипаж.

*Переднее расположение боевого отделения (рубки)* позволяет уменьшить размер машины по высоте, что снижает вероятность ее обнаружения и поражения, а также увеличивает объем боевого отделения (рис. 6.1. кроме 6.1, a). Недостатками рассматриваемой схемы являются, увеличение общей длины машины вследствие выдвижения ствола за корпус машины, что может привести к утыканию его в грунт при движении БГМ по пересеченной местности, а также ограничение углов наведения орудия по вертикали и горизонту, определяемых высотой и шириной корпуса. Эта схема получила распространение в годы второй мировой войны, когда ствол был относительно коротким, и могущество действия боеприпаса поднимали за счет увеличенного калибра орудия, а не начальной скорости снаряда (например, СУ-100, СУ-122 и др.).

*При среднем расположении боевого отделения* (рис. 6.4) СО и боевой расчет размещены во вращающейся башне или снаружи. Преимуществами данной схемы являются возможность кругового ведения огня и сокращение длины машины за счет сдвига орудия назад. Недостатками схемы являются увеличение высоты машины, а, следовательно, повышение опрокидывающего момента при выстреле, ограничение объема боевого отделения.

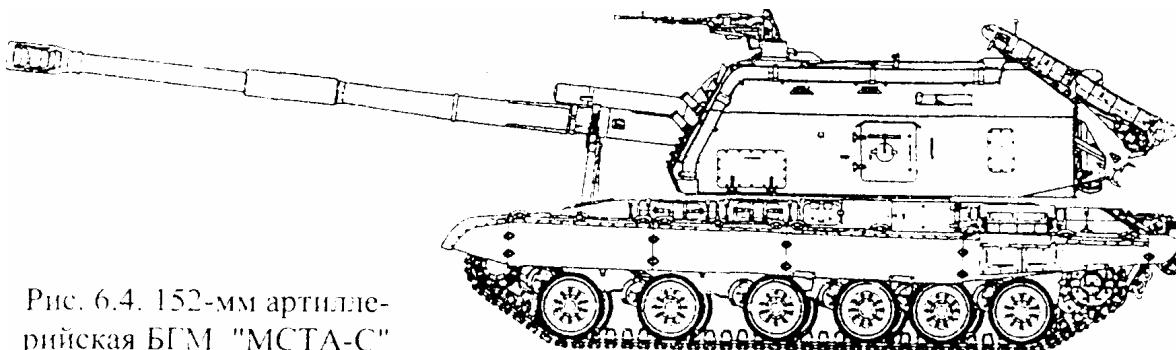


Рис. 6.4. 152-мм артиллерийская БГМ "МСТА-С"

Развитие других видов вооружения и средств обнаружения противника требовало постоянного совершенствования технических характеристик самоходной артиллерии и решаемых ею задач. Так, в период Вьетнамского конфликта бронетанковая техника оказалась не готовой бороться с огнем вертолетов, которые находились вне зоны действия пулеметов. По мере развития авиации и средств борьбы с воздушными целями, особенно после внедрения радиолокационных орудийных станций обнаружения и наводки, стало возможным создание эффективных зенитных самоходно-артиллерийских установок ЗСУ-37-2 - "Енисей", ЗСУ-23-4 - "Шилка", а в дальнейшем - зенитных артиллерийско-ракетных комплексов (ЗАРК) "Тунгуска" 2С6.

*При заднем расположении боевого отделения* (рис. 6.5) СО и боевой расчет располагаются во вращающейся башне или снаружи в кормовой части машины. Моторно-трансмиссионное отделение (МТО) размещается в носовой части корпуса. Для увеличения опорной базы машины и снижения удельного давления на грунт в машинах с задним расположением боевого отделения вместо направляющего колеса гусеницы устанавливают опорный каток и опускают его на грунт. Схема с задним расположением боевого отделения позволяет получить машину минимальной длины пе-

ремещением орудия назад, исключить утыканье ствола орудия в грунт даже при установке длинных стволов; обеспечить стрельбу при подаче боеприпасов с фунта; организовать удобный вход и выход в боевое отделение и обеспечить хорошую устойчивость орудия без применения сошников или с ними. Недостатками рассматриваемой схемы являются увеличение высоты машины, обусловленное необходимостью обеспечить углы снижения орудия, ухудшение обзорности для механика-водителя. Для создания нормальных условий вождения машины в установках с задним расположением боевого отделения (передним расположением МТО) необходимо располагать место механика-водителя в наивысшей точке боевого отделения, либо принять решение об изолированном размещении в носовом отделении механика-водителя, или использовать перископное управление машиной. Примерами БГМ с установками в кормовой части шасси открытого орудия являются отечественная самоходка 2С5 152-мм "Гиацинт", 175-мм самоходная пушка M107 (США), 155-мм самоходная пушка F-3 (Франция). В качестве примера ниже приводится несколько современных БГМ.

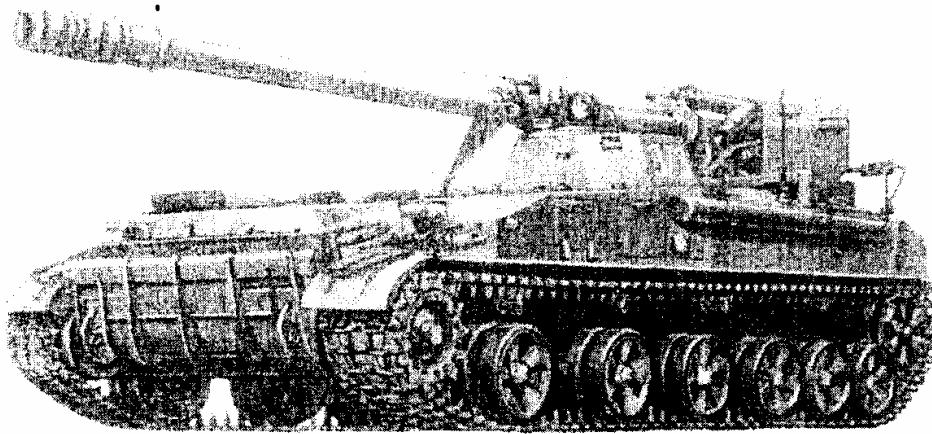


Рис. 6.5. 152-мм самоходная гаубица 2С3 "Акация"

*2С1 "Гвоздика" – 12-мм гаубица*, созданная в 70-х годах на базе удлиненного шасси легкого многоцелевого тягача МЛ-ЛБ. Данная БГМ плавающая, перемещение по воде осуществляется за счет гусениц, однако имеются ограничения по скорости течения воды и высоты волн. В передней части корпуса машины размещается МТО и отделение управления. Место механика-водителя отделено от силового отделения герметичными перегородками. Кормовую часть машины занимает боевое отделение 122-мм гаубицы Д-32 с баллистическими характеристиками, как и у буксируемой гаубицы Д-30. БГМ выполнена по полноповоротной башенной схеме, заряжение ручное с полуавтоматической досылкой. Ствол орудия имеет эжекционное устройство и двухкамерный оконный дульный тормоз. Механизм продувания канала ствола обеспечивает удаление пороховых газов из канала ствола после выстрела, что уменьшает загазованность боевого отделения. В башне размещается три члена экипажа: впереди слева наводчик орудия, за ним – командир боевой машины и справа от орудия – заряжающий. Для облегчения заряжания гаубицы используется механизм досыпания – электромеханического типа с раздельной досылкой снаряда и заряда в ствол после укладки их на лоток досыпания.

*2С3М - 152-мм самоходная гаубица* с задним расположением боевого отделе-

ния, закрытого типа, не плавающая. Система оружия включает гаубицу 2А33, боеприпасы, боеукладку, транспортер, механизм заряжания и механизм для загрузки боеукладки.

Цепной досылатель с электроприводом повышает скорострельность и обеспечивает стабильность скорости досылки снаряда и заряда. Редуктор досылителя - с червячной настройкой и приводной звездочкой, находящейся в зацеплении сцепным толкателем. Последовательность выполнения этапов досылания обеспечивается концевыми переключателями. В случае отказа возможна ручная досылка.

Боеукладка включает карусельную укладку для снарядов и сотовую укладку для зарядов и снарядов. Карусельная укладка предназначена для размещения 12 снарядов и состоит из барабана с 12 гнездами, направляющей с фиксатором снаряда. Сотовая укладка предназначена для размещения 33 снарядов, состоит из каркаса с 33 трубами, плиты запорной с тремя стопорами и его пневмопривода (воздушный редуктор, пневмоцилиндры и электроиневмоклапаны). Транспортер предназначен для подачи выстрелов с грунта в боевое отделение и состоит из обрезиненной замкнутой ленты, ведущего и поддерживающих роликов, червячного редуктора с электродвигателем и концевыми выключателями.

*2С19 "Мста-С" 152-мм самоходная гаубица* (см. рис. 6.4) выполнена на гусеничном шасси, унифицированном с шасси танка Т-72, и оснащена многотопливным двигателем В84А мощностью 840 л.с.

Ходовая часть имеет торсионную подвеску и гидроамортизаторы, обеспечивающие гашение колебаний установки, как на ходу, так и во время стрельбы. Возможно преодоление рва шириной 2,5 м. стенки высотой 0,5 м и брода глубиной до 1,5 м. Запас хода до 500 км. Мощность двигателя позволяет развивать максимальную скорость до 60 км/ч. Обеспечено круговое вращение башни и углы наведения по вертикали от 4° до +68°. Наведение по углу возвышения при стрельбе корректируется без участия наводчика (контролируется наведение лишь по азимуту). Экипаж - 5 человек (при стрельбе с грунта - 7 человек).

Система герметизации казенной части гаубицы предотвращает загазованность боевого отделения. Автомат заряжания имеет систему механизированной подачи снарядов (включая конвейер подачи снарядов с грунта) и исполнительный механизм координации углов с подачей снарядов от укладки. Автоматизированная подача снарядов производится по заранее заданной программе. Компоновка внутреннего оборудования позволила разместить в самоходной установке боекомплект на 50 выстрелов. На башне имеется зенитно-пулеметная установка ПЗУ-5 с 12,7-мм зенитным пулеметом НСВТ "Утес", имеющим дистанционное управление из башни. Прицельная дальность стрельбы зенитной установки - 2 км. Скорострельность крупнокалиберного пулемета 700... 800 выстрелов в минуту. Боекомплект 300 патронов.

"Мста-С" имеет комплекс оборудования подводного вождения (ОПВТ), что позволяет преодолевать водные препятствия глубиной 5 м и шириной до 1 км. С помощью встроенного бульдозерного оборудования самоходная гаубица способна подготовить окоп.

Стрельбу из орудия может вести как прямой наводкой, так и с закрытых позиций, в том числе в горных условиях. Фильтровентиляционная установка (ФВУ) позволяет боевому расчету вести стрельбу в зараженной местности. Комплект термо-

дымовой аппаратуры для создания маскирующей дымовой завесы дает возможность артиллерийской установке действовать даже на открытой местности, что существенно повышает тактические характеристики этой боевой машины. "Мста-С" имеет агрегат бортового стояночного питания с автономной топливной системой, систему связи, включающую внутреннюю телефонную, внешнюю проводную и радиосвязь. Время перевода гаубицы из походного положения в боевое и обратно - от одной до двух минут. "Мста-С" может использовать все виды штатных боеприпасов данного калибра. Корректируемый артиллерийский снаряд "Краснополь" может с высокой вероятностью (0,9) при стрельбе на дистанции 18 км поражать движущиеся и неподвижные малоразмерные цели (танки, автомобили, артиллерийские орудия, укрепленные огневые точки и т. и.). Для подсветки цели лучом лазера используется переносной лазерный целеуказатель, установленный на треноге. Возможно размещение системы подсветки цели класса "танк" - около 5 км, длительность подсветки - 6...15с. Головка самонаведения снаряда при стрельбе на максимальную дальность способна захватывать подсвеченные лазером цели в радиусе 1 км. При использовании одного лазерного целеуказателя в течение 30 с можно поразить три различные цели. Корректируемый снаряд снижает расход боеприпасов в 40... 50 раз, скорость поражения цели возрастает в три-пять раз.

### **6.1.2. Составные части боевых военных гусеничных машин**

Вне зависимости от типа конструкции в любой боевой машине можно выделить следующие *основные части*: артиллерийское оружие с СУО; корпус: силовая установка и трансмиссия; ходовая часть; электрооборудование и вспомогательное оборудование, которые объединены в трех отделениях: боевом, МТО и управления. К комплексу вооружения относятся: орудия с механизмами наведения, СУО, уравновешивающий механизм, прицельные приспособления, возимый боекомплект с механизмом заряжания, боеукладки и пулеметные установки.

Корпус представляет собой сварную конструкцию, на которой устанавливаются все части САУ и который воспринимает усилия, действующие на САУ при выстреле и на марше. В бронированной САУ корпус изготавливается из бронелистов толщиной 5...30 мм. Сварной корпус САУ состоит из двух лонжеронов коробчатой формы закрытого типа, связанных между собой в кормовой и носовой частях связями, а также днища. К днищу и лонжеронам приварены блоки подвесок. Блоки подвесок служат для установки ходовой части машины. В средней части машины лонжероны связаны между собой центральной коробчатой связью, в которой монтируется верхний станок. Кормовая часть корпуса машины выполнена в виде отливки, в которой в специальных расточках устанавливаются бортовые редукторы трансмиссии машины.

В кормовой части машины на бортах смонтирован постамент, на котором устанавливается двигатель. Установка постамента двигателя на бортах обеспечивает большую стабильность положения двигателя в корпусе, чем установка его на днище, вследствие большой жесткости бортов машины, выполненных в виде лонжеронов. Для обеспечения устойчивости листов лонжеронов в процессе эксплуатации в центральной их части введена обечайка, что обеспечивает высокую прочность и жесткость лонжеронов при работе их на кручение и изгиб.

Для изготовления корпусов применяется хорошо свариваемая листовая сталь. Для обеспечения устойчивости тонких стенок в корпусе подобного типа применяются наборы в виде жесткостей, состоящих из уголников и швеллеров, что приводит к неоправданному увеличению веса и трудоемкости.

Для исключения этого недостатка в последнее время в конструкциях, где требование по пустотой не выполняется, начали применять легкие сплавы. Применение алюминиево-магниевых сплавов, имеющих примерно в три раза меньший удельный вес по сравнению со сталью, позволяет соответственно увеличить толщину листов и отказаться от применения дополнительных приварных жесткостей. Однако следует отметить, что корпуса, изготовленные из алюминиево-магниевых сплавов, будут иметь значительно большую стоимость, чем изготовленные из стали. Корпус САУ делается герметичным для защиты экипажа от действия поражающих факторов оружия массового поражения (ОМП) и для преодоления водных преград.

*К силовым установкам* относятся: двигатель, со всеми его системами; главный фрикцион; коробки перемены передач; бортовые фрикции и бортовая передача. МТО САУ состоит из двигателя, системы его обслуживания, трансмиссии, обеспечивающей преобразование передаваемого от двигателя крутящего момента на гусеничный движитель, осуществляющий движение и поворот машины. В качестве двигателей для большинства отечественных военных машин применяются двигатели внутреннего сгорания - дизели, работающие на тяжелом топливе с самовоспламенением от сжатия смеси в цилиндрах двигателя, или газотурбинные установки.

Дизель как тепловая машина характеризуется следующими параметрами:

эффективной мощностью и крутящим моментом при определенных оборотах коленчатого вала и определенной подаче топлива;

экономичностью его работы, которая определяется удельным и секундным расходом топлива;

коэффициентом приспособляемости двигателя, определяющим степень изменения крутящего момента двигателя при его работе.

Для обеспечения высокого коэффициента использования мощности двигателя при широком изменении внешних нагрузок необходимо устанавливать за дизелем или газотурбинным (ГТД) специальные устройства - трансмиссии, позволяющие в значительных пределах изменять крутящий момент, передаваемый от двигателя к гусеничному движителю.

Для нормального (функционирования) дизеля и трансмиссии в машине необходимо иметь системы охлаждения дизеля и трансмиссии: очистки воздуха от пыли: питания топливом и маслом;

запуска при температуре окружающей среды от +50 до -50 °C.

Система охлаждения дизеля и трансмиссии обеспечивает заданный тепловой режим при их работе. Она состоит из насосов, осуществляющих прокачку воды через охлаждающие рубашки цилиндров двигателя и масла через наиболее напряженные трущиеся поверхности дизеля и трансмиссии, и пластинчатых масляных и водяных радиаторов, обладающих большой рассеивающей способностью тепла при продувании через них атмосферного воздуха. Продувание воздуха через радиаторы осуществляют либо высоконапорные вентиляторы, либо эжекторные устройства, не имеющие движущихся частей. В качестве охлаждающей жидкости используют антифриз.

Для уменьшения износа подвижных частей дизеля требуется тонкая очистка воздуха с высокой производительностью, независимо от климатических условий. В качестве устройств, осуществляющих очистку воздуха от пыли, применяются циклонные аппараты. Степень пропуска пыли после прохождения через циклонный аппарат составляет 0,4... 0,5 %. Окончательная очистка воздуха осуществляется второй ступенью воздухочистителя выполненной в виде проволочных кассет, пропитанных маслом. В целях создания благоприятных условий для работы воздухочистителей целесообразно располагать их в местах с наименьшей запыленностью воздуха и наиболее близко от двигателя.

В качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания используется дизельное топливо марок ДЛ, ДЗ, ДА. Топливо и масло размещается в специальных баках, и подаются в двигатель и трансмиссию с помощью насосов. Для облегчения запуска двигателя при минусовых температурах, применяется система обогрева двигателя и трансмиссии путем пропускания подогретой жидкости через места, создающие дополнительное трение.

Двигатели внутреннего сгорания могут изменять величину крутящего момента до 30%. Кроме того, диапазон рабочих оборотов двигателей может изменяться не более чем в два раза, скорость движения гусеничной машины должна меняться от 3 до 70 км/ч. Таким образом, возникает необходимость создания специальных планетарных редукторов, называемых трансмиссией. Применение трансмиссий позволяет в широких диапазонах изменять тягу машины, скорость ее движения, а также осуществлять ее поворот и торможение. В гусеничных машинах нашли применение гидромеханические трансмиссии вследствие их простоты и надежности в эксплуатации. В настоящее время нашли применение гидрообъемные и электромеханические трансмиссии, позволяющие плавно в широком диапазоне изменять скорость движения машины.

Помимо обеспечения прямолинейного движения, трансмиссия гусеничной машины должна иметь механизмы, позволяющие осуществлять ее поворот. Поворот гусеничных машин достигается с помощью изменения скорости движения гусеничных лент путем создания поворачивающего момента, создаваемого силами тяги на отстающей и забегающей гусеницах.

Эти функции в трансмиссии гусеничных машин выполняет специальный механизм поворота, предназначенный для изменения скорости и силы тяги на отстающей и забегающей гусеницах.

К ходовой части гусеничной САУ относятся гусеницы, ведущие (звездочки) и ведомые (ленивцы) колеса с натяжным устройством, опорные и поддерживающие катки, а также подвеска (рессоры с амортизаторами и механизмами выключения рессор и амортизаторов при стрельбе).

Подвеска машины состоит из упругих элементов-торсионов, обеспечивающих высокую комфортабельность движения, и гидравлических амортизаторов, позволяющих быстро гасить колебания корпуса машины в процессе ее движения.

Ходовые части машины должны удовлетворять следующим основным требованиям: высокая средняя скорость движения машины, малая утомляемость экипажа, высокая проходимость, стабильность работы, удобство обслуживания и ремонта.

Проходимость гусеничных машин оценивается по ее способности движения в тяжелых дорожных условиях (мягкий грунт, снежный покров, подъемы, спуски и

косогоры).

Основной характеристикой, позволяющей оценивать проходимость гусеничной машины, является среднее давление на грунт:

$$q_{cp} = \frac{M}{2Lh}, \quad (6.1)$$

где  $M$  - масса машины;

$L$  - длина опорной поверхности гусеницы;

$h$  - ширина гусеницы.

Опытом установлено, что проходимость машины начинает заметно ухудшаться, когда среднее удельное давление на грунт достигает значения  $80000 \text{ Н/м}^2$ , поэтому оно не должно превышать этой величины.

Существенное влияние на проходимость машины оказывают конструктивные параметры отдельных узлов ее ходовой части. При неправильно выбранных размерах между опорными катками, вследствие прогиба гусениц, резко возрастают контактные напряжения, действующие на грунт со стороны гусениц в месте ее соприкосновения с катком.

Установлено, что более широкая гусеница менее повреждает грунт в плоскости, поперечной движению машины, что приводит к заметному повышению ее проходимости, особенно при движении по слабым грунтам.

Стабильность работы гусеничного движителя обеспечивается повышением износостойкости шарниров траков или применением резинометаллических шарниров.

Современные подвески гусеничных машин должны иметь высокую плавность хода, отсутствие пробоев подвески при движении по пересеченной местности и тряски при движении по мелким неровностям, быстрое гашение угловых колебаний машины.

Показатели плавности хода оцениваются величиной суммарной перегрузки, действующей на экипаж, и частотой ее воздействия.

В общем случае ускорения, действующие на экипаж в процессе движения машины, могут быть определены из следующей зависимости:

$$\ddot{Z}_{max} = \ddot{Z}_{max0} \pm l\ddot{\phi}, \quad (6.2)$$

где  $\ddot{Z}_{max0}$  - максимальное ускорение линейных колебаний центра тяжести машины;

$\ddot{\phi}_{max}$  - максимальное значение ускорения угловых продольных колебаний машины;

$l$  - расстояние от центра тяжести (упругости) машины до сидений, на которых размещен экипаж.

Величина периода собственных угловых колебаний корпуса машины определяется выражением:

$$T_k = 2\pi \sqrt{\frac{J_y}{\sum_1^n 2C_k l_k^2}}, \quad (6.3)$$

где  $J_y$  - осевой момент инерции корпуса;

$$\sum_1^n 2C_k l_k^2 - \text{угловая жесткость подвески};$$

$C_k$  - модуль жесткости подвески.

Опытом установлено, что при движении с большими скоростями по мелким неровностям машины, имеющие подвеску с периодом менее 0,5с (жесткая подвеска), вследствие тряски вызывают сильную утомляемость экипажа. При очень мягкой подвеске, с периодом колебаний больше 1,8 с, у экипажа наблюдаются признаки морской болезни.

Линейные ускорения до 1g легко переносятся и не утомляют экипаж в течение длительного времени. Периодическое возникновение перегрузок, достигающих значение 4g, также легко переносятся экипажем. При перегрузках, достигающих 10g, у экипажа наблюдаются травмы. Высокие эксплуатационные показатели плавности хода в современных машинах достигаются путем применения упругой подвески и гидропневматических амортизаторов.

В современных гусеничных машинах наибольшее распространение получили индивидуальные торсионные подвески вследствие их простоты, технологичности изготовления, высокого коэффициента использования занимаемого объема, малой уязвимости в процессе боевой эксплуатации. Монтаж и демонтаж этих подвесок прост и выполняется силами экипажа в короткое время. Упругие элементы в виде винтовых пружин в современных гусеничных и колесных машинах применяются редко вследствие большого объема, который необходимо отводить для их размещения.

В последние годы в гусеничных машинах применяются пневматические и гидропневматические подвески, обладающие рядом преимуществ, в том числе и возможностью создания переменного клиренса или опускания машины днищем на грунт. Эти подвески позволяют объединить в едином блоке демпфирующие элементы, гасящие колебания машины, без применения амортизаторов. Однако этот тип подвески более сложен в производстве.

Существенную роль в гашении колебания машины при ее движении играют гидравлические амортизаторы, работающие на принципе превращения кинетической энергии колебательного движения машины в тепловую с последующим ее рассеиванием в окружающую среду. Характеристики гидравлических амортизаторов рассчитываются из условия, обеспечивающего быстрое поглощение энергии при прямом ходе катка и исключающего раскачивание машины при его обратном холе. Обычно гидравлические амортизаторы устанавливаются на крайних балансирах катков.

*Ведущие колеса* - звездочки работают в очень тяжелых условиях в абразивной среде и подвергаются сильному износу. Для увеличения срока службы ведущих колес поверхности зубьев наплавляются твердыми сплавами, а сами венцы делаются съемными. Гусеницы с резинометаллическим шарниром, нашедшие широкое распространение в современных боевых машинах, имеют ряд существенных преимуществ перед обычными металлическими. Они обеспечивают больший срок службы и больший коэффициент полезного действия при перематывании гусеничной ленты вследствие замены в шарнирах гусеницы сухого трения скольжения металла по металлу трением внутри резинового шарнира. При работе резиновые втулки, запрессованные в проушины трака, подвергаются скручиванию и сжатию. Чем меньше углы

закручивания, тем больше срок ее службы. Недостатком гусениц с резинометаллическим шарниром является значительно большее время, необходимое для их замены.

*Опорный каток* имеет упругую резиновую шину. Толщина резинового массива шины катка и его диаметр выбираются из условия обеспечения прочности и температурных режимов работы резины. Наряду с ошинованными катками в гусеничных машинах применяются опорные катки с внутренней амортизацией, а также цельнометаллические. Использование катков с цельнометаллическим ободом ухудшает условия работы подшипников и гусениц. Катки этого типа применяются в тех случаях, когда использование катков с наружным резиновым ободом становится нецелесообразным по весовым и конструктивным соображениям.

*Направляющее колесо* обеспечивает направление и натяжение гусеницы при движении машины. Натяжение гусеницы осуществляется червяк и червячное колесо путем поворота кривошипа, на котором на подшипниках эксцентрично посажено направляющее колесо.

*Электрооборудование* состоит из источников электроэнергии и потребителей. Источниками энергии САУ служат генераторы, работающие от маршевого двигателя, и аккумуляторные батареи. Основными по греби гелями электроэнергии являются маршевый двигатель, освещение, светосигнализация, средства связи, электрические и гидравлические привода, механизмы наведения и другое специальное оборудование.

### **6.1.3. Особенности устройства артиллерийских частей**

Особенности устройства артиллерийских частей БГМ определяются спецификой их боевого применения;

устройство пушки с механизмом продувки ствола;

наличие механизма заряжания и досылки боеприпасов;

наличие системы обеспечения жизнедеятельности;

применение электрических и гидравлических механизмов наведения;

введений конструктивных изменений в противооткатные устройства;

способы установки качающейся части (КЧ) орудия в САУ. Устройство пушки БГМ мало отличается от аналогичных конструкций буксируемых орудий, но в этих орудиях отсутствует нижний станок, роль которого выполняет сам носитель и, как правило, применяется мощный дульный тормоз.

Продувка канала ствола необходима для очистки боевого отделения от пороховых газов после выстрела, а также исключение обратного пламени при открывании затвора после выстрела. Применяются как вентиляционные установки, так и эжекторы (2.55), установленные концентрично или эксцентрично со стволом. Вентиляционные устройства требуют наличия баллона с высоким давлением или автономного нагнетателя. Эжектор на стволе не обеспечивает эффективную продувку придонных пороховых газов и создает концентратор напряжений в стволе, ухудшающий его прочность. Эффективность того или иного устройства определяется максимальным перепадом давления и объема продуваемого газа, а также временем продувки. Наибольшую эффективность получают при совместном их использовании.

На современных артиллерийских БГМ, как и в танках, широко используются механизмы заряжания или автоматы заряжания (АЗ), которые обеспечивают повышение скорострельности артиллерийского орудия. При этом подача может быть с грунта (ленточными подавателями, электрическими или гидравлическими подъемниками) или из боеукладки специализированными механизмами заряжания.

Для бронированных БГМ условия обитаемости и работы экипажа должны удовлетворять требованиям необходимого объема. Так, для наводчика рабочий объем должен быть не менее  $0,7\ldots0,8\text{ м}^3$ , для командира  $0,6\ldots0,7\text{ м}^3$  и при ручном заряжании  $1,0\ldots1,1\text{ м}^3$ .

Для создания нормальных условий рабочие места не должны стеснять действия экипажа. Исполнительные органы механизмов наведения и управления должны быть расположены таким образом, чтобы доступ к ним был легким, и работа на них не вызывала физического утомления и напряжения. Для исключения травмирования экипажа в зоне работы механизмов должны быть предусмотрены соответствующие ограждения и блокировки. Воздух, поступающий в боевое отделение, должен быть чистым, охлажденным и в должном количестве. Кресла экипажа должны иметь регулировку установки по высоте и длине, а также откидные спинки, позволяющие обеспечивать удобную посадку и возможность отдыха экипажа на марше.

Для преодоления зоны химического заражения или зоны, насыщенной продуктами ядерного взрыва, машина должна быть оборудована комплектом приборов и систем, обеспечивающих полную герметизацию мест нахождения экипажа с одновременным обеспечением условий его жизнедеятельности в герметизированном объеме.

Для входа в боевое отделение в корпусе машины должно быть предусмотрено необходимое количество люков и лазов, обеспечивающих удобный вход и выход экипажа, его общение между собой, а также подачу боекомплекта извне.

В силу малости боевого отделения (для уменьшения силуэта САУ), более жесткие требования предъявляются к работе ПОУ, так как длины отката должны быть не более  $300\ldots500\text{ мм}$ , а, следовательно, более высокие значения будут иметь силы сопротивления откату и более тяжелые температурные условия для функционирования ПОУ. В связи с этим на стволах орудий используются дульные тормоза повышенной эффективности (как правило, более 50 %), однако высокая эффективность дульного тормоза увеличивает пыльную завесу при стрельбе.

Размеры машины определяются, прежде всего, допустимыми габаритами при транспортировке по железной дороге (ширина не более 3,25 м, высота не более 3,9 м и длина не более длины платформы), а также выполнением требований по плавучести машины при преодолении водных преград. Минимальный запас плавучести должен быть не менее 25 % от веса машины.

#### **6.1.4. Особенности обеспечения условий устойчивости артиллерийских БГМ**

При выстреле артиллерийская БГМ должна быть неподвижна и устойчива. Под неподвижностью понимается отсутствие продольного смещения БГМ при выстреле. Устойчивость определяется отсутствием отрыва его передних опорных устройств от грунта (исключение опрокидывания БГМ). Для анализа принимают сле-

дующие допущения: подрессоривание при выстреле выключено:

АБГМ установлена на твердой горизонтальной поверхности; силы, действующие на орудие, лежат в вертикальной плоскости: перемещения орудия при выстреле отсутствуют: стрельба ведется на некотором угле возвышения орудия. Условие неподвижности и устойчивости самоходной артиллерийской установки в простейшем виде может быть определено из равновесия всех действующих сил в проекции на координатные оси и уравнения моментов этих сил относительно произвольной точки (рис. 6.6).

В результате рассмотрения уравнения проекций сил на линию горизонта можно получить следующее соотношение:

$$T_c > R \cos \varphi, \quad (6.4)$$

где  $T_c$  - сила сцепления гусениц с грунтом по горизонтали;

$R$  - приведенная сила сопротивления откату;

$R < (0,7 - 0,8)Q_b / \cos \varphi$ ;

$\varphi$  - угол возвышения орудия;

$Q_b$  - боевой вес АБГМ.

Условия устойчивости определяются из решения уравнения моментов, для которого реакция  $N$  должна быть больше нуля.

$$Q_b D - Q_0 X \cos \varphi > Rh + P_{kh} e, \quad (6.5)$$

где  $P_{kh}$  - сила давления на дно канала ствола в процессе выстрела;

$D$  - расстояние от линий действия силы тяжести АБГМ до крайней задней опорной точки по горизонтали;

$h$  - кратчайшее расстояние от центра тяжести откатных частей орудия до линии, параллельной оси ствола, проходящей через крайнюю заднюю опорную точку;

$Q_0$  - сила тяжести откатных частей орудия АБГМ;

$e$  - кратчайшее расстояние от центра тяжести откатных частей орудия до оси канала ствола;

$b$  - кратчайшее расстояние от линии действия результирующей опорной реакции грунта до крайней задней опорной точки по горизонтали.

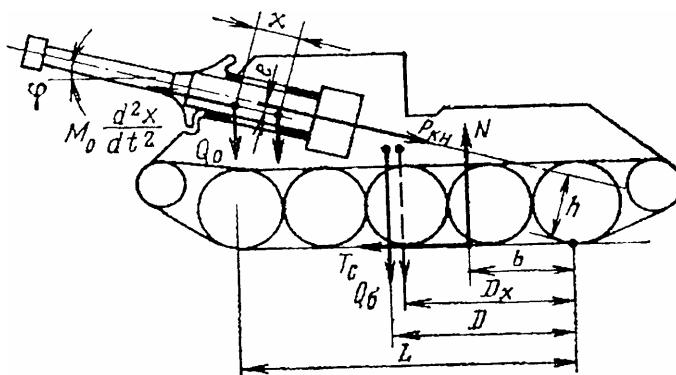


Рис. 6.6. Расчетная схема устойчивости БГМ при выстреле

В действительности АБГМ при выстреле перемещается, так как при наличии гусениц и упругих подвесок, которые при выстреле не всегда выключаются, возникают линейные и угловые колебания, а в зависимости от степени заторможенности гусениц продольное смещение может быть существенным. При выстреле возникают значительные продольные и вертикальные перегрузки, которые могут достигать не-

скольких г.

Существует также понятие устойчивости машины при движении. при этом следует различать продольную и поперечную устойчивость. При рассмотрении продольной устойчивости необходимо учитывать возможность юза (сползания при преодолении крутых подъемов или спусков). Задача расчета поперечной устойчивости (движение по косогору) гораздо сложнее. При ее решении следует учесть следующие (факторы:

естественный боковой уклон местности;

инерционные силы, вызванные кривизной траектории центра тяжести неравномерностью движения машины;

сила ветра;

конструктивные параметры машины: высота расположения центра тяжести, ширина колеи, длина базы машины;

неравномерность сил сопротивления на левой и правой опорах;

изменение осадки грунта из-за неравномерности нагрузки на опорах.

### **6.1.5. Направления развития артиллерийских БГМ**

Анализ развития вооружения показывает, что в последнее время особое внимание уделяется созданию и применению высокоточного оружия, обеспечивающего эффективное поражение цели первым-вторым выстрелами. Именно поэтому повышение скорострельности и точности (меткости и кучности) стрельбы из АБГМ и стало главной задачей их модернизации. Повышение маневренности и подвижности при возрастающем могуществе АБГМ требует постоянного совершенствования ходовой части и вспомогательных механизмов орудия. По мере развития бронетанковой и автомобильной техники все большее применение получают различные электрогидравлические устройства, гидродинамические передачи и гидросистемы, что объясняется рядом преимуществ гидромашин и гидропередач по сравнению с механическими: меньшими габаритными размерами и весом при надежности в работе; простотой преобразования одного вида энергии в другой при независимом расположении в пространстве гидронасоса и гидродвигателя. Это создает большие удобства при компоновке машин: с широким диапазоном бесступенчатого регулирования выходных скоростей при достаточно высоких КПД; простотой управления режимом работы гидравлической машины и гидравлической передачи; простотой предохранения приводного двигателя или ведущего звена от перегрузок или ударных нагрузок. Однако имеются и существенные недостатки, связанные с замедлением скорости их функционирования при низких температурах.

Быстрое развитие радиоэлектроники и лазерных технологий способствуют совершенствованию систем обнаружения и выработки исходных данных, сопровождения управляемых снарядов и, как результат, повышения эффективности и дальности стрельбы. Все это увеличивает стоимость системы управления огнем и всего образца вооружения.

За последние годы во многих армиях получили широкое распространение боевые разведывательные машины (БРМ) - преимущественно колесные, легкобронированные с малокалиберным пушечным или пулеметным вооружением. В армии России и ряда других стран на вооружении состоят бронированные разведыватель-

но-дозорные машины (БРДМ), имеющие специальные навигационное и разведывательное оборудование.

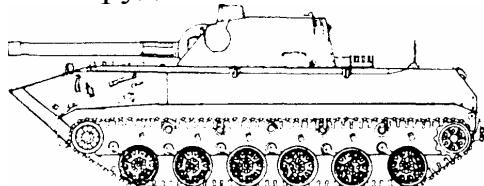


Рис. 6.7. 120-мм самоходная гаубица-миномет 2С9 "Нона"

Самоходные гаубицы, пушки-гаубицы, системы залпового огня и минометы традиционно выполняются на легком гусеничном шасси. Последним сейчас уделяется большое внимание. Достоинство самоходного миномета перед транспортируемыми заключается в том, что он может вести огонь и меняет свою позицию раньше, чем противник организует ответную стрельбу. Примером такой системы является 120-мм самоходная гаубица-миномет 2С9 "Нона", которая сочетает в себе возможности ведения навесного огня (миномет) и прямого огня (гаубица-пушка). Внешне 2С9 напоминает легкий танк (рис. 6.7), но его основным вооружением является 120-мм нарезной казнозарядный миномет с двухтактным затвором клин-рама для картузного заряжания. В башне находится наводчик и заряжающий, командир машины расположен слева в передней части корпуса, также имеется механик-водитель. Боевые возможности установки значительно повышаются за счет того, что она плавающая и может десантироваться на парашюте. При стрельбе установка опускается на гидропневматической подвеске. На базе БТР-80 в колесном варианте исполнения был реализован самоходный нарезной миномет 2С23 "Нона-СВК" с уникальным орудием, не имеющим аналогов в мире. Все модификации "Ноны" имеют единый боекомплект и баллистику. Такого сочетания боеприпасов, как у "Ноны", не было и нет ни у одной артсистемы. Колесный ход обеспечивает большую мобильность и надежность, особенно при переброске техники своим ходом па большие расстояния и по каменистым дорогам. Такие минометы планируется иметь практически во всех разрабатываемых семействах легких БМ. Например, во Франции создан 81 -мм самоходный миномет на базе БМП АМХ-10Р, в Германии проведены испытания 120-мм образца на шасси бронированной машины "Пума", в Великобритании разработан 120-мм самоходный миномет на шасси БТР М1 13.

Кроме того, желательно использовать принцип модульности конструкции, позволяющий переход с гусеничной базы на колесную и наоборот, что отвечает требованиям унификации и стандартизации.

## 6.2. ТАНКОВАЯ АРТИЛЛЕРИЯ

### 6.2.1. Назначение танков

В настоящее время танк рассматривается преимущественно как оружие ближнего (контактного) боя, действующее по принципу "вижу - стреляю". Существуют две основные концепции танка как системы оружия ближнего боя. Согласно одной из них, основной задачей танка является борьба с танками противника, представляющими основную опасность (по принципу "бей равного"), а оборона от наземных и воздушных танкоопасных средств должна осуществляться танковым шлейфом, то есть сопровождающими его БМП и самоходными зенитными установками. Следует отметить, что концепция, исходящая из представления о том, что главную угрозу

для танка создает танк противника, не подтверждается ходом военных действий. Так, в ходе четвертой арабо-израильской войны 1973 года потери танков распределялись следующим образом: от действий противотанковых ракетных комплексов – 50% от действий авиации, ручных противотанковых гранатометов, противотанковых мин - 28 %, от огня танков - 22 %.

Другая концепция, напротив, исходит из взглядов на танк как на автономную систему оружия, способную самостоятельно решать все боевые задачи ближнего боя, в том числе и задачу самообороны.

Существует и иное воззрение на танк как на универсальное огневое средство, которое должно быть способным вести как ближний, так и дальний огневой бой. В основном оно объясняется стремлением использовать огромную в процентном отношении огневую мощь танков в общевойсковых интересах (танковая дивизия США имеет в своем составе 250 танков и только 36 орудий калибра 155 мм) и резко возрастающей долей участия вооруженных сил в подавлении вооруженных конфликтов в "горячих точках", где вероятность классических столкновений массовых танковых групп невелика. Придание танковому оружию свойства дальности существенно измени! облик танка, формируя некий гибрид танка и самоходного орудия.

С другой стороны, дальность может оказаться весьма полезной самим танковым соединениям при подавлении танков и танкоопасных целей противника в глубине обороны, то есть реализации концепции борьбы со вторыми эшелонами (обеспечения перевеса до вступления в контактный бой). Такие возможности появились в последние годы в связи с разработкой высокоточного оружия, кассетных снарядов свободного рассеивания и полевых информационных систем.

По оценкам специалистов, троекратный залп бригады танков по бригадной танковой колонне противника на дальности 15 км 140-мм кассетными снарядами свободного рассеивания может вывести из строя до 20% танков, самоприцеливающимися снарядами типа SADARM - до 30%, а самонаводящимися снарядами типа EPHRAM - до 40 % танков противника.

Основные современные танки, как отечественные, так и зарубежные, выполнены по классической компоновочной схеме. Это отечественные танки Т-72, Т-80 и Т-90 и зарубежные "Леклерк" (Франция), M1 (США), "Леогшрд-2" (Германия) и их модификации, а также "Челленджер" (Англия).

Эти танки относятся к ВГМ третьего послевоенного поколения. Экипаж состоит из четырех человек, включая заряжающего. По сравнению с предыдущими (M60, "Леопард-1"), эти танки имеют большую плотность размещения внутреннего оборудования и рабочих зон экипажа, большие углы наклона лобовой брони корпуса и башни и больший диапазон наклона брони на разных участках (от 0° до 82°), причем использована разнесенная и многослойная защита. Для защиты бортов корпуса использованы бортовые противокумулятивные экраны. Для обеспечения пожаро-взрывобезопасности по боекомплекту при пробитии броневой защиты основная часть боекомплекта размещается в нише башни, отделенной от обитаемых отделений подвижной бронированной перегородкой. В крыше образованного таким образом отсека выполнены отверстия, перекрытые пластинами, закрепленными болтами; при взгорании пороховых зарядов боеприпасов под действием давления болты крепления разрушаются, пластины отделяются от крыши башни и пороховые газы

сбрасываются наружу, не попадая в обитаемые отделения.

Танки М1 и "Леопард-2" оснащены 120-мм гладкоствольной пушкой фирмы "Рейнметалл", используют унитарные боеприпасы, гильза выполнена сгорающей (исключая фланец толщиной несколько десятков мм). В защите модификаций танка М1 использованы элементы из обедненного урана, что существенно повышает стойкость брони при воздействии бронебойных подкалиберных снарядов. Лобовые детали защиты танка "Леопард-2" выполнены с возможностью замены пакетов брони и учетом специфики действия противостоящих снарядов. На танке М1 установлен газотурбинный двигатель мощностью 1100 кВт, на танке "Леопард-2" - дизельный двигатель такой же мощности.

Танк "Леклерк" первым из зарубежных танков оснащен автоматом заряжания, размещенным в нише башни, емкостью 22 боеприпаса. Пушка калибра 120 мм под унитарный выстрел с частично сгорающей гильзой имеет трубу ствола большей длины, чем на других танках, что позволило увеличить скорость бронебойных подкалиберных снарядов (БПС) и, соответственно, их бронепробиваемость. На танке установлена совершенная система управления огнем (СУО), обеспечивающая командиру и наводчику равные возможности в подготовке и проведении прицельного выстрела, что в совокупности с сокращением продолжительности цикла заряжания орудия существенно сократило время на подготовку и производство первого и последующих выстрелов. Электронные системы управления и диагностики состояния всех систем танка объединены в единую танковую информационно-управляющую систему (ТИУС).

Обычно танки имеют три отделения: отделение управления - в носовой части корпуса, боевое отделение - в средней части и МТО - в кормовой части. В отделении управления размещается механик-водитель, органы управления движением, средства отображения информации, топливные баки, передний бак-стеллаж с боеприпасами.

В днище за креслом механика-водителя располагается аварийный люк, в верхней части корпуса над местом механика-водителя выполнен люк для его посадки в машину.

Боевое отделение включает вращающуюся башню и среднюю часть корпуса. В башне установлена пушка, приборы системы управления огнем, кресло командира и наводчика. Нижнюю часть боевого отделения занимает вращающийся транспортер-боекладка автомата заряжания (АЗ). На ограждении пушки установлен механизм улавливания и удаления поддонов. На башне закреплен механизм подъема кассет и механизм досыпания. В МТО установлен двигатель с вентиляционной системой охлаждения, воздухоочиститель и другие обслуживающие системы.

Все современные танки обеспечивают защиту экипажа и внутреннего оборудования от оружия массового поражения. Танк, обладая значительной массой, довольно низкой парусностью, жестким и прочным корпусом, наиболее (по сравнению с другими сухопутными машинами) устойчив к воздействию ударной волны ядерного взрыва и проникающей радиации.

На танках обеспечена защита органов зрения от воздействия светового излучения ядерного взрыва (СИЯВ). Фильтровентиляционная установка обеспечивает защиту экипажа от химического, биологического оружия и пыли.

## 6.2.2. Система оружия танка

Огневая мощь танка является комплексным свойством и обеспечивается системой оружия (СО), функционально и компоновочно связанной с системой управления огнем (СУО).

СО включает в себя артиллерийское орудие, боеприпасы и устройства заряжания, установленные и размещенные в башне и корпусе танка. СУО обеспечивает экипажу возможность наблюдения, обнаружения и опознавания целей, выработку исходных данных для стрельбы, прицеливание, наводку орудия на цель и производство прицельного выстрела.

Современные СУО включают приборы наблюдения и прицеливания, бортовые вычислительные машины и специализированные вычислители, приводы наводки и стабилизации орудия, а также устройства связи прицелов с орудием. На рис. 6.8 показана схема СО и функционирования АЗ отечественного танка Т-72 (Т-90).

Один из возможных вариантов действия экипажа и функционирования СО и СУО в боевой ситуации выглядит следующим образом: командир, используя свои поисковые технические возможности, обнаруживает цель и дает наводчику команду на поражение.

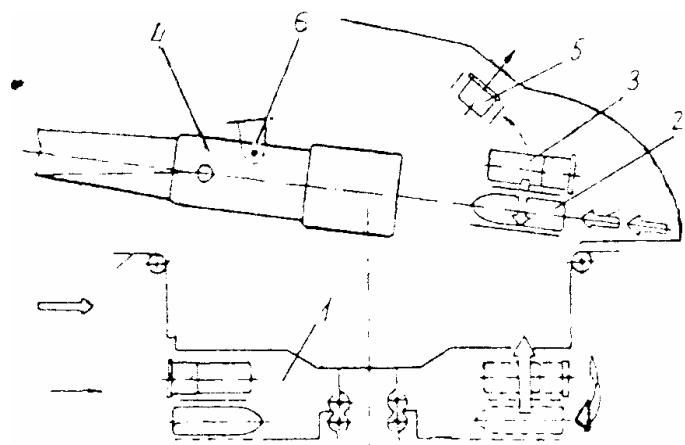


Рис. 6.8. Структура системы оружия танка

Наводчик ведет подготовку прицельного выстрела, включающую заряжение орудия, определение дальности до цели и другие операции. Заряжение орудия производится АЗ в следующей последовательности: наводчик нажимает клавишу для выбора соответствующего типа снаряда в зависимости от цели, после чего происходит поворот боеукладки 1 до положения, при котором снаряд 2 выбранного типа и боевой заряд 3 оказываются в положении, откуда движением подъема они могут быть перемещены на линию досыпания. Одновременно с поворотом боеукладки АЗ начинается приведение пушки 4 приводом стабилизатора по вертикали на угол заряжания ( $+2^{\circ} 30'$ ), на котором качающаяся часть пушки фиксируется электромагнитным стопором 6. Далее механизмом подъема снаряд выбранного типа и заряд из боеукладки АЗ поднимаются на линию досыпания, и механизмом досыпания, размещенным в корме башни, снаряд досыпается в камору орудия. В крыше башни открывается лючок и поддон 5 (металлическая часть гильзы заряда) выбрасывается из боевого отделения за пределы танка. После реверса пени досыпателя механизм подъема опускает на линию досыпания заряд 3, который движением цепи досыпателя перемещается в камору орудия. При этом фланцем поддона сбиваются экстрак-

торы, клин закрывается, цепь досылителя возвращается в исходное положение. Механизм подъема и устройство для улавливания поддонов также возвращаются в исходное положение. Стопор 6 освобождает качающуюся часть пушки, которая приводом стабилизатора по вертикали приводится в стабилизированный режим наведения. Если к этому моменту СУО выработало углы наводки орудия на выбранную цель, то приводы наведения отработают эти углы, придав оси канала ствола орудия необходимое положение в пространстве, после чего наводчиком производится выстрел. Экипаж производит оценку результатов стрельбы.

Танк применяется в условиях непосредственного огневого контакта с противником и ведет огонь на поражение в условиях прямой видимости танкоопасных целей. Наиболее высокая эффективность достигается при поражении противника до производства им прицельного выстрела что предполагает упреждение его в производстве выстрела, высокую вероятность попадания в цель с первого выстрела и нанесения ему поражения, исключающего ответный выстрел. Так, при достоверном поражении цели одним выстрелом упреждение в производстве прицельного выстрела не должно быть меньше времени нажатия оператором на кнопку производства выстрела, движения снаряда по каналу ствола и времени полета снаряда до цели. Если для достоверного поражения цели необходимо проведение двух-трех выстрелов, то величина времени упреждения соответственно увеличивается на время подготовки и проведения этих выстрелов. Поэтому к танковым СО и СУО предъявляются соответствующие требования по времени подготовки и производства прицельного выстрела.

Упреждение противника в производстве прицельного выстрела зависит от продолжительности подготовки и проведения прицельного выстрела, времени полета снаряда до цели, времени поражающего воздействия на противника (пробитие броневой защиты, разрушения, воспламенение, взрыв). Продолжительность подготовки и производства выстрела определяется временными характеристиками СО, включающими продолжительность цикла заряжания орудия требуемым типом боеприпаса, временными характеристиками СУО и квалификацией оператора.

Высокая вероятность попадания в цель снарядом реализуется системой оружия через кучность и меткость стрельбы и обеспечивается взаимодействием СО и СУО в составе комплекса вооружения (КВ) с участием оператора (наводчика или командира).

Как оружие общевойскового боя танк должен поражать заданную номенклатуру целей, что определяет универсальность СО и требует включения в состав системы подсистем основного, вспомогательного и дополнительного оружия с соответствующими подсистемами СУО.

Определяющей при разработке танка является задача борьбы с бронированными и открытыми целями. Наиболее эффективно поражение пелен, исключающее возможность их ответного огня и возможность восстановления при ремонте, то есть приводящее к безвозвратным потерям. Такой уровень поражения достигается, например, при воздействии поражающего элемента, генерируемого при пробитии броневой защиты, приводящего к детонации снаряда или заряда, расположенного в объекте. Поэтому к танковым боеприпасам предъявляется требование высокой стойкости к воздействию поражающих элементов и факторов, генерируемых при пробитии броневой защиты. К подсистеме СО танка - автомату заряжания, помимо

его первоначального назначения заряжания орудия, в настоящее время предъявляется требование не только локализовать горение и взрыв пораженного боеприпаса, но и обеспечить возможность заряжания орудия непораженной частью боекомплекта с исходной (до поражения) продолжительностью цикла заряжания.

### **6.2.3. Основные характеристики системы оружия танка**

К основным характеристикам СО танка относятся: боевая надежность; время заряжания орудия; точность стрельбы; могущество боеприпасов; огневой ресурс.

Новым параметром, которым должна обладать СО танка XXI века, является *боевая надежность*, то есть способность СО сохранять огневую мощь в пределах непораженной части боекомплекта в случае воздействия поражающих элементов и факторов, генерируемых при пробитии броневой защиты, а также при возгорании и взрыве пораженных боеприпасов боекомплекта танка. Это свойство СО существенно более высокого уровня, чем только исключение безвозвратных потерь при поражении боеприпасов в танке. Оно продиктовано и характером боевых действий с массовым применением пехотных противотанковых средств, и круговым обстрелом танков, включая обстрел с верхней полусферы.

Поражающее воздействие на танк можно разделить на первичное (ППВ) и вторичное (ВПВ). ППВ на боеприпас со снарядом с близантным ВВ и пороховым метательным зарядом может привести к его возгоранию, взрыву (например, порохового заряда в гильзе унитарного выстрела) или детонации, в результате чего формируется высокотемпературное, ударнопоражающее (на непораженные первичным поражающим воздействием боеприпасы) и ударноразрушающее (на узлы АЗ, броневые детали и др.) воздействие, которое можно определить как вторичное поражающее воздействие (ВПВ). Интенсивность и инициирующее-разрушающее воздействие ВПВ существенно превосходит аналогичные параметры ППВ, в результате чего объект (танк, БМП, БТР и др.) разрушает сам себя до уровня безвозвратных потерь. Поскольку пробитие брони с достаточным для инициирования ВПВ уровнем первичного поражающего воздействия может быть достигнуто в современных условиях массовым применением пехотных ручных противотанковых гранатометов (РПГ), преодолевающих динамическую защиту и имеющих стоимость на много порядков ниже, чем стоимость танка и не требующих высокой профессиональной подготовки оператора. Обеспечение высокого уровня боевой надежности СО и боевых машин в целом является актуальной задачей, особенно в условиях антитеррористических боевых действий с круговым обстрелом, обстрелом с верхней полусферы и др.

Уровень ППВ определяется запасом по пробитию защиты танка снарядом и спецификой заброневого действия. Так, например, осколки сердечников БПС из вольфрамового сплава при прочих равных условиях создают на пороховые элементы метательных зарядов наибольшее ударное, инициирующее детонацию, нагружение вследствие высокой ударной адиабаты вольфрама; осколки сердечника из обедненного урана обладают высокой пирофорностью и инициируют возгорание за броневой преградой. Для повышения уровня ППВ облицовки кумулятивных зарядов также выполняют из обедненного урана.

Возможность инициирования первичным поражающим воздействием процесса горения и детонации пораженного боеприпаса определяется стойкостью боепри-

паса к соответствующему виду воздействия.

Стойкость танкового боеприпаса к поражающему воздействию также является вновь вводимым параметром и рассматривается отдельно применительно к снаряду с бризантным ВВ и заряду, включающему оболочку и пороховую навеску. Уровень стойкости определяется характеристиками оболочек (корпуса снаряда и гильзы) и чувствительностью ВВ к различным видам инициирования: механического удара осколков, термического воздействия, воздействия ударной волны сдетонированного боеприпаса и др. Тип заряда (гильзовый-безгильзовый), прочность оболочки (стальная гильза унитарного боеприпаса, пластмассовая оболочка гильзы, сгорающая прочная оболочка гильзы, тканевая оболочка безгильзового заряда) существенно влияют на вид и уровень ВПВ: чем прочнее оболочка гильзы, тем при большем внутреннем давлении происходит ее разрушение, то есть тем выше ВПВ. Так, при ППВ, инициирующем возгорание пороховой навески в безгильзовом заряде в картице, горение от очага воспламенения довольно медленно распространяется на всю навеску, тогда как при таком же режиме первичного инициирования в стальной гильзе унитарного выстрела до момента разрушения гильзы внутренним давлением, то есть до взрыва, горением при высоком давлении охватывается вся навеска.

*Время заряжания орудия* является определяющим в эффективности функционирования комплекса вооружения, временная характеристика СО не должна ограничивать временную характеристику СУО. Развитие СУО в направлении автоматизации процессов поиска и идентификации целей, совмещения марки прицела с целью, сопровождения пели и тому подобного существенно сокращают время подготовки исходных установок для стрельбы, наведения марки прицела па цель и других операций, что требует от СО сокращения продолжительности цикла заряжания орудия по сравнению с достигнутым в настоящее время уровнем.

Продолжительность цикла заряжания обычно представляют в виде циклограммы - последовательности операции и их продолжительности.

*Точность стрельбы* определяется кучностью и меткостью стрельбы и зависит от конструктивного и технологического исполнения пушек и снарядов, от начальной скорости и баллистических коэффициентов снарядов, а также от погрешности подготовки исходных установок для стрельбы, ошибок стабилизации, наводки и др.

*Могущество боеприпасов* определяется бронепробиваемостью и заброневым действием поражающих элементов для бронебойных калиберных и кумулятивных снарядов и зоной поражения - для осколочно-фугасных снарядов. Могущество боеприпасов определяется калибром и габаритами, конструкцией, применяемыми материалами, начальной скоростью и др.

*Огневой ресурс* определяется количеством целей заданной номенклатуры, которые должны быть поражены при использовании одного боекомплекта танка и зависит от величины боекомплекта, точности стрельбы, могущества действия снаряда.

#### **6.2.4. Особенности танковых пушек**

Требование пробития броневой защиты сильнобронированных целей с высоким уровнем заброневого действия, генерируемых при пробитии поражающих элементов, значительных зон поражения, большой дальности стрельбы предопределяет высокую дульную энергию снаряда, сообщаемую ему при выстреле. Постоянный

рост этих требований приводит к необходимости увеличения давления в канале ствола и увеличения пути снаряда при выстреле. Величина максимального давления в канале ствола ограничена прочностными характеристиками ствола и снарядов при выстреле, усилием защемления гильзы, силой сопротивления откату, жесткостью элементов конструкции и рядом других факторов. Увеличение пути снаряда обеспечивается увеличением длины трубы ствола, на которую накладываются ограничения по жесткости, массе и уравновешенности качающейся части, а также необходимость предотвращения утыкания дульной части ствола в препятствия при движении танка, особенно при углах снижения орудия при движении по пересеченной местности и при большом динамическом ходе катков ходовой части. На современных танковых пушках максимальное давление достигает 500...600 МПа. На новых образцах следует ожидать повышения давления до предельного по требованиям прочности. Для скрепленных труб из современных орудийных сталей величина предела упругого сопротивления ствола ожидается равной 700...800 МПа. Длина стволов пушек современных серийных танков достигла 50 калибров, а на последнем по времени приятия на вооружение французском танке "Леклерк" длина ствола 120-мм гладкоствольной пушки CN-120-26 достигла 52 калибров.

На кучность стрельбы при стрельбе с ходу значительное влияние оказывают линейные и угловые колебания ствола под воздействием транспортных возмущений, а также вследствие взаимодействия снаряда со стенками ствола при его движении по непрямолинейному каналу ствола. Это приводит к дополнительному рассеиванию снарядов, так называемому вибрационному рассеиванию.

Помимо ошибок стрельбы, вызываемых техническим и вибрационным рассеиванием, формируется ошибка технической подготовки орудия. Конструктивное исполнение пушек и снарядов, их массогабаритные и баллистические характеристики определяют средние значения углов вылета каждого типа снаряда из пушек данного типа, которые учитываются при составлении таблиц стрельбы. Однако индивидуальные особенности изготовления каждого образца (в пределах удовлетворения всем требованиям конструкторской и технологической документации), разброс их параметров, определяющих силовые и моментные нарушения при выстреле, являются причиной появления индивидуальных углов вылета снарядов. Настрел ствола, тепловой изгиб трубы ствола, температура зарядов изменяются в процессе стрельбы, что существенно влияет на изменение индивидуальных углов вылета и обуславливает необходимость определения данных углов не только до начала стрельбы при технической подготовке пушки, но и в процессе стрельбы. Неучет или неточность нахождения этих углов приводит к возникновению ошибки технической подготовки, а следовательно, и к увеличению суммарной ошибки ( $\delta_{с.о}$ ) стрельбы, определяемой выражением:

$$\delta_{с.о} = \delta_{т.р} + \delta_{в.р} + \delta_{т.п} \quad (6.6)$$

где  $\delta_{т.р}$ - ошибка, определяемая техническим рассеиванием снарядов;

$\delta_{в.р}$ - ошибка, определяемая вибрационным рассеиванием, влиянием линейных и угловых колебаний ствола на переносную скорость снаряда и изменением характера взаимодействия снаряда со стенками трубы при его движении по непрямолинейному каналу;

$\delta_{т.п}$  - ошибка технической подготовки.

Для исключения угловых перемещений дульной части ствола до вылета снаряда необходимо равенство нулю суммы моментов сил, действующих на откатные части при выстреле: силы сопротивления откату, давления пороховых газов на дно канала и инерционных сил. Для обеспечения динамической уравновешенности при выстреле противооткатные устройства в танковых пушках устанавливаются симметрично, так, чтобы равнодействующая сил сопротивления откату находилась на оси канала ствола и обеспечивалась неторможенный (свободный) откат на время движения снарядов до дульного среза.

Основным показателем точности стрельбы из танка является вероятность попадания и дальность действительной стрельбы - дальность, на которой вероятность попадания первым выстрелом составляет 0,55.

Стремление максимально повысить дульную энергию, снизить массу пушки, уменьшить длину отката и обметаемое пушкой пространство внутри танка приводит к использованию танковых пушек с большим значением силы сопротивления откату. Так, пушка серийных отечественных танков Д-81 имеет максимальную силу сопротивления откату порядка  $1 \cdot 10^6$  Н и предельную длину отката 310 мм. Эта сила на порядок превосходит массу башни (что определяет соответствующие перегрузки при перемещении башни в пределах выбора люфта в погоне) и в 2,5 раза превосходит массу танка. На зарубежных танках соотношение силы сопротивления откату и веса танка близко к единице (сила сопротивления откату порядка  $0,6 \cdot 10^6$  Н при большей массе башни и массе танка порядка 55 тонн).

В танковых пушках должна быть обеспечена подвижность ствола относительно люльки при высокотемповой стрельбе за счет достаточно большого теплового зазора между трубой и люлькой, а также должна быть обеспечена соосность ствола и люльки, в том числе и при движении танка. Очевидно, что для исключения углового рассогласования оси прицела и трубы необходимо минимизировать угол поворота люльки в цапфах в горизонтальной плоскости. Для обеспечения высокой точности стабилизации пушки, сокращения продолжительности процессов стабилизации и приведения пушки на угол заряжания, а после заряжания - на угол стрельбы, качающаяся часть пушки должна быть уравновешена относительно оси качания. Так как танковые пушки имеют длинные стволы, эжекторы, термозащитные покрытия, а радиус обметания казенной части пушки стремится сделать минимальным, уравновешенность качающейся части пушки элементами ее конструкции обеспечить невозможно. Поэтому для обеспечения совмещения центра масс качающейся части пушки с осью качания (осью цапф) на люльке пушки устанавливают узлы стабилизатора, спаренный пулемет, механизм улавливания поддона после выстрела. Корректировка и регулировка уравновешивания обеспечивается размещением сменных грузов на люльке.

При функционировании пушки в режиме заряжания и производства выстрела механизмы пушки и механизмы автомата заряжания не должны увеличивать продолжительности цикла заряжания и подготовки прицельного выстрела, что достигается сокращением продолжительности соответствующих операций и совмещением их во времени с операциями других подсистем. Кроме того, необходимо исключить внециклические операции (операции, не связанные непосредственно с перемещением боеприпаса в цикле заряжания). Примером невыполнения этого требования является функционирование узлов АЗ, связанных с экстракцией поддона, требующих введе-

ния в состав АЗ механизма улавливания поддонов (в отечественных танках, оснащенных пушкой Д-81 и ее модификациями). Сама по себе экстракция поддона совмещается во времени с накатом, однако наличие в составе АЗ механизма улавливания и удаления (или перекладки) поддона исключает возможность совмещения ряда операций и сокращения продолжительности цикла заряжания пушки. Пушки с затворами безгильзовой обтюрации и, соответственно, с полностью сгорающими оболочками зарядов лишены этих недостатков.

Пушка является также составным элементом в формировании системообразующего параметра *боевая надежность*, являясь просто объектом поражения. Значительная часть пушки (труба, эжектор, термозащитный кожух, установленные на дульной части трубы элементы юстировки СУО с положением оси трубы) находится вне броневой защиты и подвергается воздействию средств поражения, которые могут привести как к разрушению трубы под действием давления в канале трубы при выстреле в зоне снижения несущей способности, так и к разрыву ствола при выстреле из деформированной трубы.

При выстреле, особенно подкалиберными снарядами, на стенки канала трубы действуют высокоскоростной поток пороховых газов и ведущие элементы снарядов, что приводит к изменению конфигурации заходного конуса каморы и канала трубы. Для увеличения долговечности ствола проводится ряд мероприятий, в том числе нанесение эрозионно-термо-износостойких покрытий на различные участки канала трубы (например, хромирование).

Для обеспечения прочности при высоком уровне давления пороховых газов при выстреле наиболее нагруженная каморная часть трубы выполнена скрепленной. Скрепление обеспечивается кожухом, надеваемым в нагретом состоянии на камерную часть трубы-моноблока (рис. 6.9). Диаметры и, соответственно, величины натяга скрепляемых труб подбирают так, чтобы напряжения на их внутренних поверхностях при выстреле были одинаковыми.

После вылета снаряда при экстракции поддона и открытом казенном срезе трубы в боевое отделение поступают пороховые газы, содержащие угарный газ, оксиды азота и другие токсические составляющие. Фильтровентиляционная установка танка подает в обитаемое отделение очищенный от пыли, радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств наружный воздух под избыточным (превышающим атмосферное) давлением, создавая подпор; однако этого подпора недостаточно для обеспечения приемлемого для жизнедеятельности экипажа состава воздуха. С целью принудительного удаления пороховых газов из канала трубы танковые пушки оснащают эжекторами. Корпус эжектора может быть выполнен стальным или из неметаллических материалов. Для исключения влияния эжектора на угол склонения пушки (при размещении эжектора на стволе в пределах корпуса танка) корпус эжектора размещают эксцентрично относительно оси трубы. На пушке Д-81 отечественных танков корпуса эжекторов выполнены стальными и концентрическими, на танке "Леопард-2" - стеклопластиковым и эксцентричным. Следует отметить, что на некоторых танках эжекторы и, соответственно, эжекционная продувка ствола отсутствуют, например, на французском танке "Леклерк": обеспечение низкого уровня загазованности обитаемых отделений обеспечивается продувкой канала ствола сжатым воздухом, получаемым от автономного источника. Такое решение конструктивно более сложно, энергоемко, требует значительного количества

воздуха, но и более эффективно. Продувка сжатым воздухом вместо эжекционной повышает также боевую надежность танка, так как при боевых повреждениях корпуса эжектора степень загазованности боевого отделения существенно возрастает.

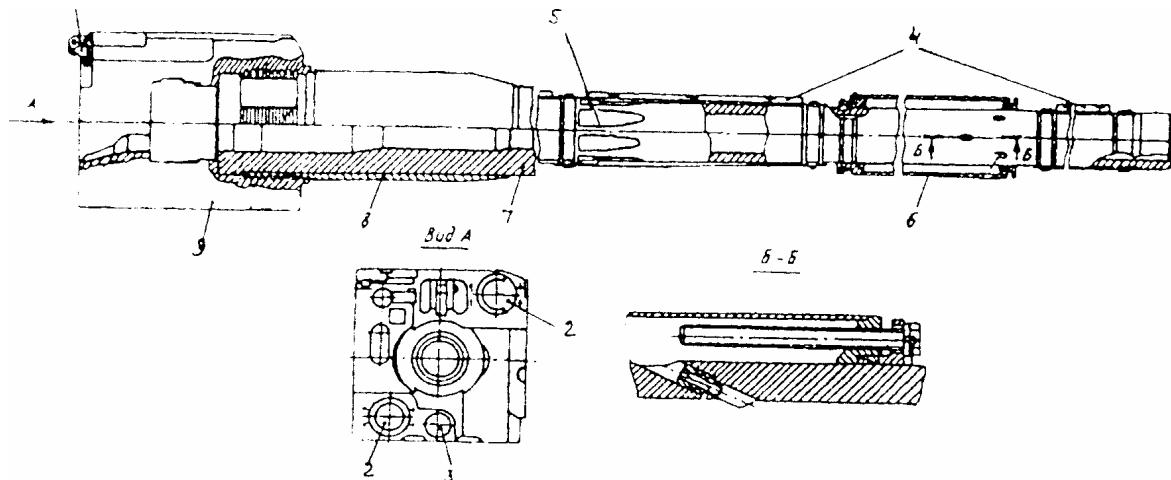


Рис. 6.9. Ствол 125-мм танковой пушки 2А46М:

1 – кронштейн для крепления пушки по-походному; 2 – отверстие для размещения тормозов отката; 3 – отверстие для размещения накатника; 4 – термозащитный кожух; 5 – грани под ключ; 6 – корпус эжектора; 7 – труба; 8 – скрепляющий кожух; 9 – казенник.

Для уменьшения влияния метеорологических условий на точность стрельбы на трубах стволов танковых пушек (рис. 6.9) устанавливаются термозащитные кожухи (на танках Т-72, Т-80, Т-90) или термозащитные покрытия (например, на танке "Леклерк"). При неравномерном нагреве трубы солнечной радиацией, охлаждении боковым ветром труба изгибается в сторону меньших температур. Термозащита наружной поверхности трубы, устраняя указанные негативные воздействия метеоусловий, приводит к повышению температуры грубы при темповой стрельбе за счет ухудшения условий наружного охлаждения, что, в свою очередь, может привести к изгибу трубы за счет, например, разностенности трубы. Следует отметить также, что повышение темпа стрельбы из танков приведет к необходимости введения принудительного охлаждения канала трубы для обеспечения безопасности стрельбы, точности и ресурса.

Существенное влияние на характеристики СО оказывает тип заряжания: гильзовый или безгильзовый. На отечественных танках, оснащенных пушками Д-81, реализуется гильзовое заряжание, причем длина стального поддона составляет  $1/3$  длины заряда,  $2/3$  длины которого выполнены из сгорающей оболочки. Столь значительная длина поддона способствует поступлению большого количества пороховых газов в боевое отделение при экстракции и приводит к необходимости ввода в состав АЗ специального устройства для улавливания поддона массой 3.45 кг со скоростью экстракции 14... 18 м/с с последующим его удалением (перекладкой). На 120-мм пушке, устанавливаемой на танках "Леопард-2", М1, "Леклерк", также реализуется гильзовое заряжание, однако надежная обтюрация и полное сгорание сгорающей оболочки заряда обеспечивается при длине поддона в несколько десятков миллиметров. Существенно меньшая масса и габарит поддона позволяют обойтись без механизма улавливания. Существенно снижается газопоступление в боевое отделение и масса выстрела.

На танках Великобритании традиционно устанавливаются пушки с затворами безгильзовой обтюрации с зарядами в матерчатой оболочке (картузах). Вначале использовались затворы с обтюрацией пороховых газов стальными притертными к посадочной поверхности запирающими кольцами. Удержание обтюрирующей конструкции при воздействии силы давления пороховых газов - силовое запирание затвора - может обеспечиваться как поршневым, так и клиновым устройством.

Переходя к оценке затворов, необходимо, прежде всего, остановиться на влиянии типа затвора на конструкцию ствола. Установлено, что при одинаковой прочности казенник клинового затвора и сам клиновой затвор тяжелее. В конструктивном отношении это выгодно, так как центр массы ствола переносится ближе к казенному срезу, что облегчает уравновешивание качающейся части.

С точки зрения повышения скорострельности, выгоднее применять клиновые затворы, так как при открывании или закрывании клинового затвора совершается движение одного вида. Клиновые затворы имеют ряд преимуществ, с точки зрения удобства заряжания. Поршневой затвор открывается навстречу движению снаряда (гильзы) при заряжании. Поэтому приходится задерживать заряжение до полного открывания затвора.

В клиновых затворах легче и проще применить механизм автоматики, чем в поршневых из-за необходимости преобразования поступательного движения деталей механизмов автоматики во вращательное и поступательное движения поршневого затвора при его открывании и закрывании.

В отношении технологичности производства, прочности и надежности функционирования оба типа затворов равнозначны.

Характеристики некоторых танковых пушек приведены в Приложении (табл. П.4, П.5).

### 6.2.5. Автомат заряжания

Автомат заряжания (АЗ) является подсистемой танковой системы оружия и важным элементом компоновки боевого отделения и танка в целом. АЗ танков предназначен для заряжания пушки требуемым типом боеприпаса в заданный промежуток времени, определяемый продолжительностью цикла заряжания. При подготовке прицельного выстрела цикл АЗ является составной частью общего цикла СО и СУО с участием операторов (наводчика и/или командира).

На современных танках органы управления АЗ устанавливаются на узлах СУО (например, клавиши назначения типа боеприпаса одновременно вводят в танковый баллистический вычислитель соответствующую баллистику), системы управления интегрируются в единую танковую информационно-управляющую систему (ТИУС).

Оснащению танков АЗ предшествовал этап механизации отдельных операций, появление которого было следствием ограниченности возможностей заряжающего доставать из укладок, перемещать на казенную часть орудия и дослать в камору тяжелые, значительных габаритов боеприпасы. Для выполнения этих функций, а также манипуляций с гильзой после выстрела, заряжающий должен иметь моторное поле (часть рабочего места оператора, в котором осуществляются его двигательные действия) значительной величины. Из всех членов экипажа заряжающий занимает наибольший объем и требует наибольшей высоты занимаемого пространства, так

как для выполнения тяжелой физической работы он должен работать стоя.

Высокий уровень физической нагрузки на заряжающего ограничивает скорострельность и количество выстрелов, заряжание которых может произвести человек в ограниченном промежутке времени. Для снижения негативного влияния этих факторов на танке Т-10М для досыпания снарядов калибра 122 мм и зарядов (выстрел в раздельно-гильзовом исполнении) был введен электромеханический досыпател, управляемый заряжающим; на танке Т-62 был введен механизм улавливания и удаления из боевого отделения экстрактируемых гильз унитарного выстрела калибра 115 мм.

В настоящее время все отечественные танки (Т-72, Т-80, Т-90) выполнены с АЗ. Эти АЗ разрабатывались в конце 60-х - начале 70-х годов XX века, когда СУО с оптическим дальномером имели довольно значительную продолжительность цикла подготовки прицельного выстрела и продолжительность цикла заряжания этих АЗ его не лимитировала. Автоматы заряжания на этих танках стали определяющим компоновочным элементом боевого отделения и танка в целом, обеспечив увеличение плотности компоновки и снижение высоты (за счет исключения заряжающего, работающего стоя), увеличение количества боеприпасов во вращающейся части боевого отделения, увеличение числа выстрелов, которые могут быть произведены с максимальной скорострельностью без потери цели из поля зрения наводчика.

За рубежом танк с АЗ серийно начал выпускаться только во Франции (танк "Леклерк". 1993). Для танкоПроизводящих стран оснащение танков автоматами заряжания является значительным резервом повышения характеристик их СО и танков в целом, причем эти АЗ разрабатываются в соответствии с современным уровнем требований и современным уровнем технологий.

На рис. 6.10 показан общий вид автомата заряжания танка Т-90. Боеукладка АЗ - вращающийся транспортер с автоматизированным боекомплектом в количестве 22 выстрелов раздельно-гильзового заряжания калибра 125 мм, размещен в нижней части боевого отделения.

Вращающийся транспортер через двухрядный опорный подшипник 2 установлен на днище танка соосно с погоном башни подшипником диаметром примерно 2000 мм. Приводом стабилизации по горизонту обеспечивается круговое вращение башни и связанного с ней через свой привод вращения вращающегося транспортера. Радиально во вращающемся транспортере установлены 22 кассеты 1, в каждой из которых размещается снаряд (внизу) и заряд (над снарядом); в каждой кассете может быть размещен и зафиксирован любой из четырех типов применяемых снарядов: БПС, ОФС, КМ и управляемый.

Вращающийся транспортер снабжен электромеханическим приводом, обеспечивающим поворот боеукладки относительно башни с установленной в ней пушкой; в режиме заряжания поворот вращающегося транспортера после его расстопорения производится до положения вывода в плоскость, проходящую через ось орудия, кассеты со снарядом требуемою типа. В этом положении вращающийся транспортер стопорится на башню, а кассета останавливается под механизмом подъема 3. Одновременно с расстопориванием вращающегося транспортера начинается приведение пушки (приводом вертикального наведения стабилизатора) к углу заряжания и фиксация качающейся части 6 на башне электромеханическим стопором 7. Приведение пушки на угол заряжания совмещено во времени с вращением транспортера до по-

дачи кассеты со снарядом требуемого типа в плоскость подъема на линию досыпания. На ограждении пушки шарнирно установлена рамка 9, на которой смонтирован механизм улавливания 8 поддона (после выстрела и экстракции) и его выброса из боевого отделения через люк 5 в крыше башни. С некоторым смещением во времени после начала подъема рамки механизма улавливания и удаления поддонов его электромеханическим приводом 10 начинается подъем кассеты механизмом подъема до положения вывода снаряда на линию досыпания. После фиксации кассеты механизмом подъема и отстопорения снаряда от кассеты, производится досыпание снаряда со средней скоростью примерно 2 м/с.

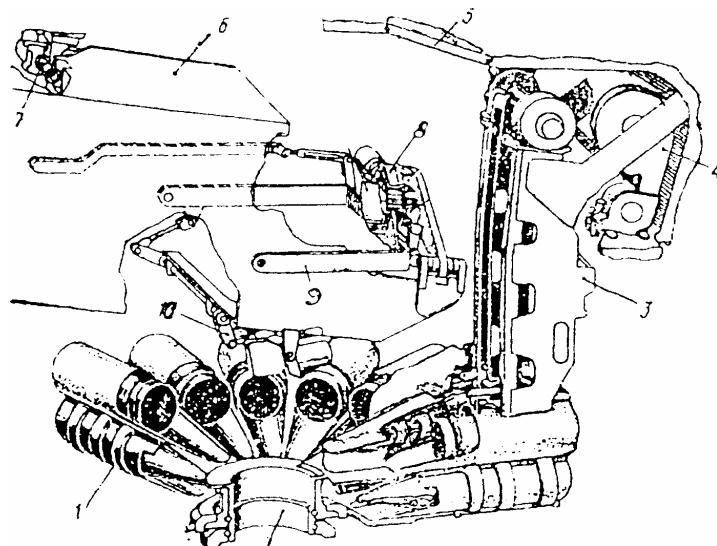


Рис. 6.10. Общий вид автомата заряжания танка Т-90:

1 – кассета; 2- опорный подшипник; 3 - механизм подъема; 4- механизм досыпания;  
5- люк для удаления поддона; 6 – пушка; 7- стопор пушки на угле заряжания; 8 - механизм улавливания поддона; 9 -рамка механизма улавливания; 10 - привод механизма улавливания.

Далее следует возврат цепи досылателя, открывание люка 5 и удаление поддона. После окончания возврата цепи досылателя механизм подъема 3 опускает кассету, выводя заряд на линию досыпания. Досыпание заряда и закрывание люка также совмещены во времени. В конце хода досыпания заряда (скорость примерно 2 м/с) гильза смещает экстракторы, удерживающие клин в открытом положении, после чего начинается закрывание затвора и возврат цепи досылателя. После возврата цепи досылателя в исходное положение появляется возможность опускания кассеты во вращающийся транспортер, что и производится механизмом подъема. Опускание кассеты из положения досыпания заряда позволяет начать опускание рамки механизма улавливания поддона и только после полного завершения этих двух перемещений появляется возможность расстопорить пушку и привести ее стабилизатором к углу стрельбы.

Далее оператор уточняет наводку, пушка попадает в зону, определяемую контактами разрешения выстрела, и производится выстрел. В начале наката производится открывание клина, экстракция поддона и его фиксация в механизме улавливания, о чем подается сигнал в систему управления. Если поддон не зафиксирован в механизме улавливания (электрический сигнал с контакта механизма улавливания не поступил в систему управления), цикл заряжания прерывается и в информацион-

ном ноле наводчика загорается транспарант: "Вставь поддон". Наводчик должен взять упавший на пол боевого отделения поддон и вручную вставить его в механизм улавливания до положения надежной фиксации, о чем будет свидетельствовать потухание аварийного сигнала. Неулавливание поддона является наиболее частым отказом АЗ.

На рис. 6.11 приведена циклограмма работы АЗ и производства выстрела танка Т-90.

На рис. 6.12 приведены циклограммы заряжания АЗ, выполненные по трем основным компоновочным схемам:

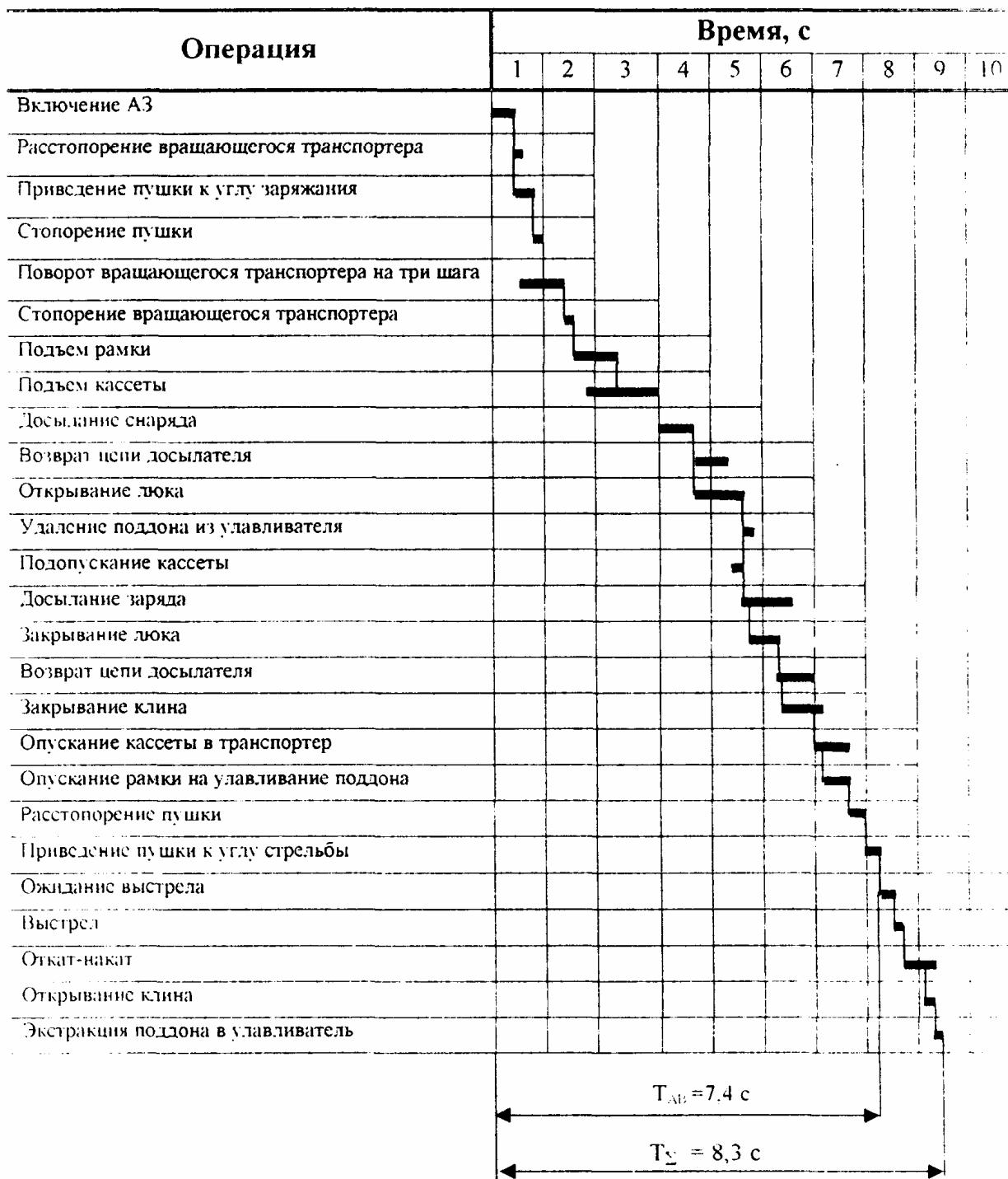


Рис. 6.11. Циклограмма автомата заряжания и производства выстрела танка Т-90

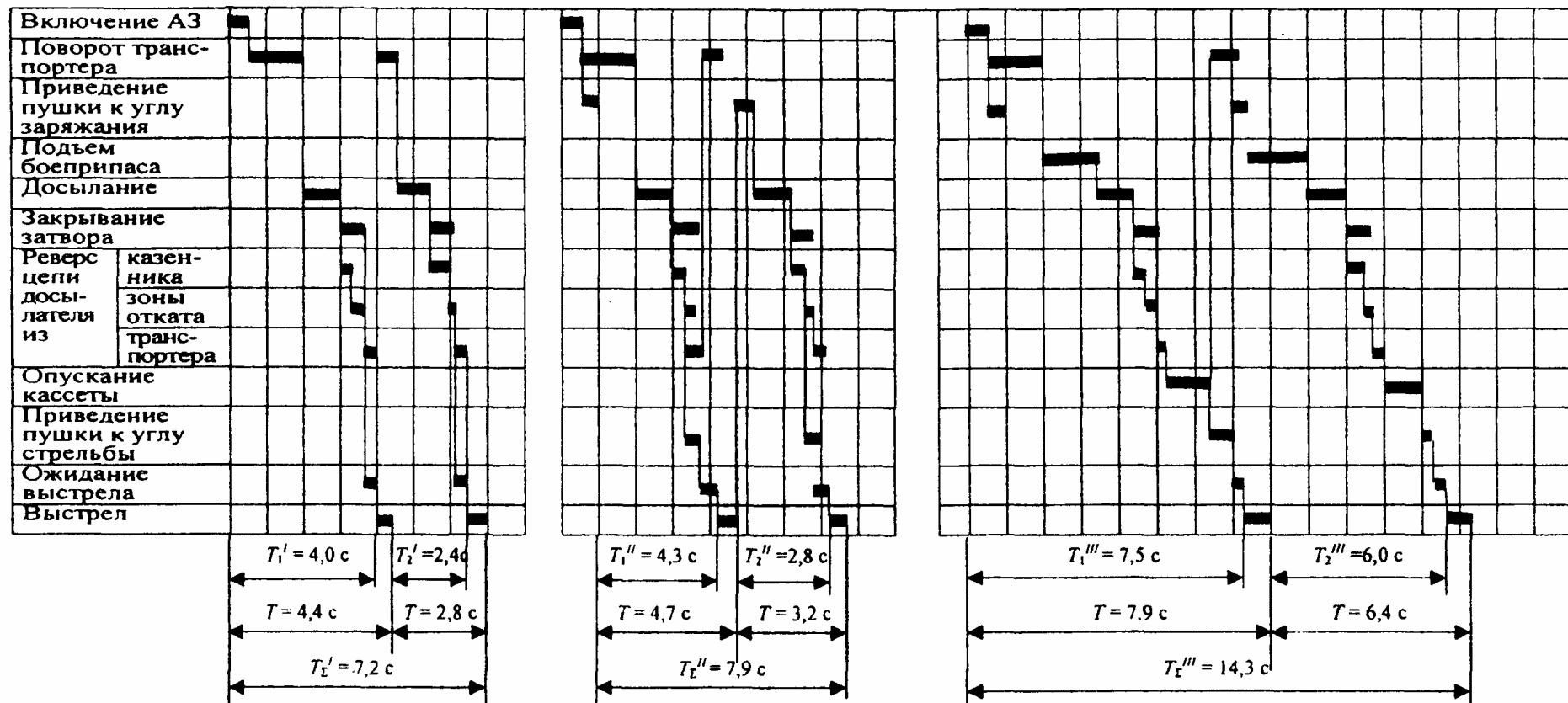
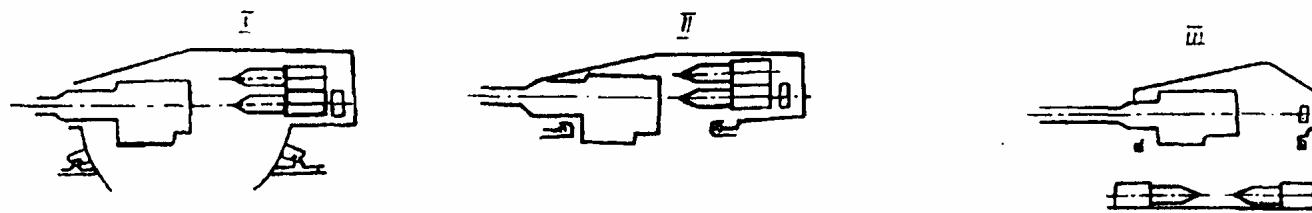


Рис. 6.12. Типовые циклограммы производства первого (индекс 1) и второго (индекс 2) выстрелов при различных компоновках автомата заряжания

I - в корме качающейся башни; II - в корме обычной башни; III - в нижней части боевого отделения.

Как видно из приведенных циклограмм, переход от схемы III к схеме II приводит к снижению продолжительности цикла заряжания на 3,2с, а реализация схемы А3 по схеме I сопровождается уменьшением продолжительности цикла на 0,3с. Однако недостатками качающейся башни являются:

изменение уравновешенности качающейся части по мере использования боекомплекта;

необходимость увеличения массы для обеспечения защиты качающейся части;

уменьшение плотности компоновки ввиду увеличения обметаемого качающейся частью пространства.

Общие направления снижения продолжительности цикла А3 включают повышение скорости движения боеприпаса во всех операциях цикла и реверса исполнительных механизмов; сокращение пути перемещения боеприпаса от его положения в боеукладке до каморы орудия; совмещение операций во времени.

В А3 отечественных танков скорость досылания не превосходит 2 м/с, на корабельных автоматических артиллерийских установках такого же калибра достигает 12 м/с.

Уменьшение пути перемещения боеприпаса достигается возможностью вращения боеукладки в обе стороны и порядком раскладки боеприпасов по типам (если имеется дополнительная информация по номенклатуре предполагаемых целей) чередованием или группами. Очевидно, чем меньше габариты (калибр), чем меньше типов боеприпасов, чем меньше величина автоматизированного боекомплекта, тем меньше продолжительность цикла заряжания.

## 6.2.6. Направления развития танковых пушек

Непрерывный рост толщины брони танка, достигающей в настоящее время для лобовой проекции в пересчете на монолит в нормаль 1000...1100 мм, требует дальнейшего увеличения калибра пушки (или диаметра ПТУР) до 140...150 мм. Диаметры ПТУР уже давно достигли этого уровня (152-мм отечественный ПТУР "Корнет-Э" и американский ПТУР TOW). Увеличению калибра пушки препятствуют ограничения на импульс отдачи (проблема динамической совместимости орудия с платформой), жесткий лимит па общую массу танка (максимум 55 тонн), что связано с ограничениями по железнодорожной и автомобильной транспортировке, и резкое снижение численности боекомплекта с ростом калибра. Закон убывания численности при фиксированной массе системы оружия (орудие + боекомплект) 3000 кг близок к линейному. На графике (рис. 6.13) нанесена также условная граница минимальной численности боекомплекта ( $n=25$ ).

Все современные основные танки имеют пушечное вооружение. В отечественных танках пушка используется также как пусковая установка ПТУР. Многочисленные попытки разработки чисто ракетных танков не увенчались успехом.

Между тем ракетные танки имеют ряд несомненных преимуществ:

снимается ограничение по калибру и проблема динамической совместимости орудия и платформы;

снимается ограничение по живучести ствола (для пушки Д-81 -10 боекомплектов);

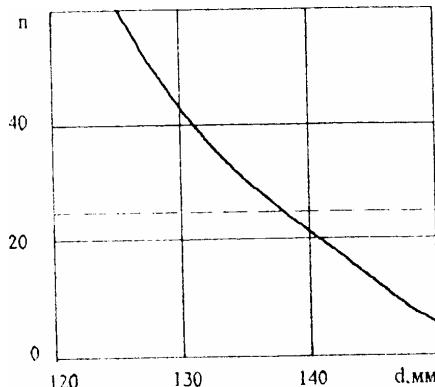


Рис. 6.13. Зависимость величины боекомплекта от калибра орудия при форсированной массе системы оружия.

понижаются стартовые перегрузки, что позволяет применять более рациональную конструкцию боевой части и системы управления снарядом;

снимаются ограничения по дальности стрельбы;

резко возрастают возможности борьбы танка с воздушными целями, в первую очередь с противотанковыми вертолетами;

появляется реальная возможность достичь скоростей снаряда 2000...2500 м/с. Такое увеличение скоростей приведет к появлению принципиально нового танкового боеприпаса - управляемой гиперзвуковой бронебойной ракеты кинетического действия.

Компоновка ракетных танков определяется в первую очередь типом старта (вертикальный, наклонный, с горизонтальным выбросом ракеты) и видом пусковой установки (многоствольная, одноствольная с автоматом заряжания). Наиболее компактное размещение ракет, простота конструкции и достаточно высокая скорострельность обеспечиваются в многоствольной установке с вертикальным стартом непосредственно из контейнера, однако при этом накладываются существенные ограничения на длину ракеты.

Основные возражения против чисто ракетных танков сводятся к следующим: увеличивается полетное время боеприпаса; управляемая ракета более уязвима, чем снаряд, при воздействии на нее комплекса активной защиты танков; стоимость ракеты и ее обслуживания в процессе хранения значительно выше стоимости артиллерийского выстрела; обслуживание и стрельба ракетами требует высокой квалификации персонала, трудно реализуемой в условиях призывной (не контрактной) армии.

Значительные расхождения существуют в прогнозах о конструктивных схемах размещения пушки будущего танка. Наряду с классической схемой с полноповоротной башней рассматривается как весьма перспективная безбашенная схема с вынесенной пушкой, а также компромиссные варианты - капонирная схема (танк STRV-103B), полуобращенная и другие.

Впервые гладкоствольное орудие было установлено на отечественном танке Т-62 (115-мм пушка У5-ТС "Молот"). Существует распространенное мнение, что причиной возврата танковой артиллерии к гладкоствольным орудиям было введение в боекомплект танка подкалиберного снаряда с отделяемым поддоном, стабилизируемого на полете оперением (БОПС бронебойного оперенного подкалиберного снаряда). Это мнение является ошибочным, так как БОПСом можно вполне успешно стрелять и из нарезных орудий. Например, танк M60A1 был вооружен 105-мм нарезной пушкой M68, имевшей в своем боекомплекте оперенные снаряды M735, M744, M797, M833, GD105 и другие. Истинная же причина появления гладкоствольной танковой пушки состояла в стремлении устранить вредное влияние вращения на действие кумулятивного снаряда.

В настоящее время все основные танки, за исключением "Челленджера" (Великобритания) и "Арджуны" (Индия), вооружены гладкоствольными пушками. Перспективная европейская 140-мм танковая пушка тоже является гладкоствольной. Тем не менее, спор между гладкоствольными и нарезными танковыми пушками не закончен. Сторонники нарезных орудий указывают на такие недостатки гладкоствольных систем, как:

большое аэродинамическое сопротивление движению снаряда за счет оперения и, как следствие, небольшая дальность стрельбы;

низкая живучесть гладкоствольных орудий, особенно при стрельбе подкалиберными снарядами;

низкая точность стрельбы.

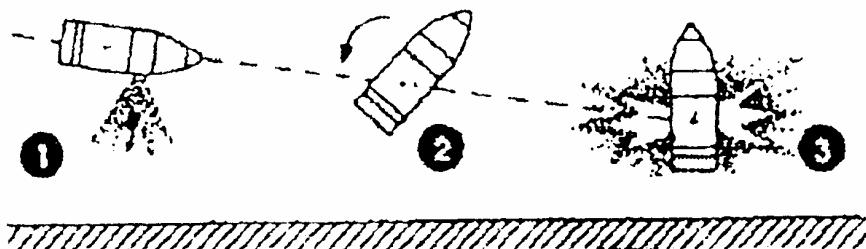


Рис. 6.14. Действие снаряда с траекторным поворотом:  
1 – отстрел балластной массы; 2 – процесс поворота; 3 – подрыв снаряда

Указывается также, что с развитием динамической брони и средств активной защиты танков кумулятивный снаряд может оказаться полностью неэффективным и будет исключен из танковых боекомплектов, что приведет к утрате указанного выше главного преимущества гладкоствольного орудия. Малая дальность стрельбы оперенными калибровыми снарядами не позволяет решать задачи подавления целей в глубине обороны противника.

С другой стороны, для невращающихся (или слабовращающихся) снарядов гладкоствольных пушек значительно легче решаются проблемы точного наведения и управления действием, в том числе действием крышебойных снарядов с траекторным поворотом (рис. 6.14).

Увеличение начальной скорости снаряда ограничивается существованием теоретического предела этой скорости 2200...2400 м/с в классической схеме орудия с метательным пороховым зарядом. Пути увеличения начальной скорости снаряда рассмотрены в главе 7.

### 6.3. КОРАБЕЛЬНОЕ АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ ВООРУЖЕНИЕ

Корабельная артиллериya (КА) наших дней представляет собой сложный технический комплекс, в который входят артиллерийские установки (АУ), боеприпасы и приборы управления стрельбой (ПУС). Современные образцы КА большинства флотов, по сравнению с ранними однотипными образцами, имеют более высокую эффективность поражения целей, в несколько раз большую скорострельность, меньшую массу за счет широкого использования легких и прочных сплавов и стеклопластика.

В зависимости от конструкции АУ делятся на башенные, палубно-башенные и палубные. АУ крупного и среднего калибра, как правило, одно- и двухорудийные, установки малого калибра преимущественно многоствольные.

Практически все имеющиеся на вооружении ВМФ России КАУ являются универсальными, автоматическими, башенными, в большинстве своем оснащены автоматизированными системами управления, которые позволяют выполнять все операции, связанные с наведением орудий, перезаряжанием и стрельбой, без участия личного состава.

В настоящее время наибольший калибр в ВМФ России 130 мм. (В 80-е годы в состав советского флота входили артиллерийские крейсера, вооруженные 152-мм трехорудийными башенными АУ МК-5 бис).

В ПУС включают радиолокационную станцию (РЛС) сопровождения целей, счетно-решающие приборы, приборы наведения орудий, а также агрегаты силового электропитания с пуско-регулирующей аппаратурой. Кроме того, предусмотрена возможность получения дополнительной информации от других общекорабельных систем обнаружения и наведения, не исключается и полностью ручное управление ведением огня.

В зависимости от предназначения и поставленных задач корабли имеют различное число АУ. Это зависит от массогабаритных характеристик КАУ. ПУС' и боеприпасов, а также от расположения других боевых средств.

КАУ могут размещаться как линейно, так и обратно. Первый способ размещения используется в основном для расположения КАУ крупного и среднего калибров. При линейном расположении АУ находятся в диаметральной плоскости корабля, при этом обеспечиваются наибольшие углы обстрела по горизонту. Линейное размещение можно условно разделить на линейно-возвышенное (сторожевой корабль проекта 1135) и линейно-разнесенное (эсминец проекта 956). Побортное размещение используется, главным образом, для АУ малого калибра (на больших противолодочных кораблях проектов 1155, 1134А, 1134Б установлено побортно два АК, в состав которых входит по две АУ; на ракетном крейсере проекта 1164 типа "Слава" применено комбинированное расположение АК малокалиберной зенитной артиллерии: один комплекс находится в носу в диаметральной плоскости корабля, а два расположены побортно). На рис. 6.15 приведена одна из схем размещения вооружения на корабле.

КАУ среднего калибра используются в основном для вооружения ВПК (большой противолодочный корабль), СКР (сторожевой корабль), ТАКР (тяжелый авианесущий крейсер), крупного калибра применяются на ЭМ (эсминец), ТАРК (тяжелый атомный ракетный крейсер). Артиллерию малого калибра часто называют малокалиберной зенитной артиллерией (МЗА) и размещают на кораблях практически всех классов, начиная с рейдового тральщика и заканчивая тяжелыми атомными крейсерами. Можно выделить следующие условные нормы АВ российских кораблей: на кораблях 1 и 2 рангов устанавливается один АК, имеющий в своем составе одну или две АУ крупного или среднего калибра и от двух до четырех комплексов с АУ малого калибра: на кораблях 3 и 4 рангов устанавливается один комплекс с АУ малого калибра, иногда ставится и комплекс с АУ среднего калибра.

АУ помещают на надстройках и палубе корабля, по возможности в местах, обеспечивающих наибольший угол горизонтального наведения. КАУ имеют механизм выключения цели стрельбы, обеспечивающий автоматическое прекращение огня при входе стволов в секторы, не позволяющие вести стрельбу ввиду возможности прострела частей корабля, повреждения материальной части и ранения членов

экипажа.

Боезапас КАУ должен обеспечивать поражение воздушных, морских и береговых целей, для чего на кораблях имеются различные типы боеприпасов.

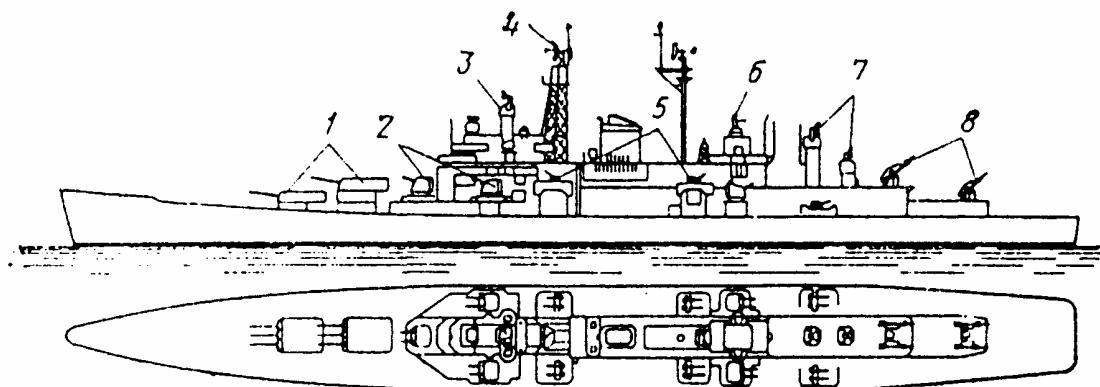


Рис. 6.15. Схема размещения ракетно-артиллерийского вооружения на ракетном крейсере типа "Бостон":

1 – 203-мм АУ главного калибра; 2 – 127-мм универсальные АУ; 3 – носовой стабилизированный пост наведения универсальных установок; 4 – РЛС обнаружения воздушных целей; 5 – 76-мм универсальные АУ; 6 – кормовой стабилизированный пост наведения универсальных АУ; 7 – РЛС наведения зенитных ракет; 8 – пусковые установки зенитных ракет

Практически корабельный боезапас устанавливается в зависимости от скорострельности КАУ, водоизмещения корабля, возможностей размещения артпогребов и составляет примерно для КАУ малого калибра - 500...2000, среднего калибра 400...600 и крупного калибра 300...400 выстрелов на ствол. Артиллерийский боезапас на кораблях хранят в специальных помещениях - артиллерийских погребах, которые стараются размещать ниже ватерлинии. Боезапас для КАУ малого калибра хранится в барбете, непосредственно под АУ. Для обеспечения сохранности боеприпасов погреба оснащаются специальным оборудованием - системами микроклимата, взрыво-пожаробезопасности. В зависимости от класса корабля погреба могут иметь стеллажи, лари, кранцы и шкафы для хранения снарядов. Унитарные патроны могут снаряжаться в обоймы или собираться в металлические ленты и в таком виде подаваться в АУ. Виды отечественных корабельных артиллерийских комплексов и их размещение приведены в Приложении (табл. П.6, П.7).

### 6.3.1. Структура, общее устройство и принципы действия корабельных артиллерийских установок

Круг огневых задач, которые КА должна эффективно решать, определяет особенности корабельных артиллерийских установок, специфику их устройства и конструкций. Размещаемые на корабле КАУ должны обеспечивать универсальность (способность поражать различные цели: воздушные, морские, береговые), высокую готовность к бою, гибкость огня, точность стрельбы, скорострельность, должны обладать высокой надежностью при способности непрерывно и длительно действовать в любых метеоусловиях. Указанные боевые качества определяют необходимость полной автоматизации КАУ, необходимость оперативного взаимодействия со средствами управления стрельбой. Одновременно, в связи с размещением на корабле, необходимы минимизация веса и габаритов как самой установки, так и приборов

управления стрельбой при обеспечении достаточного объема боезапаса.

Характерными чертами современных КАУ является их герметичность, овальность броневой защиты и установка лобовых броневых листов под значительными углами к вертикали. Кроме того, башни имеют основания больших диаметров, что дает возможность личному составу занимать боевые посты из внутренних помещений корабля, не выходя на палубу.

Для улучшения эксплуатационных характеристик скорострельных КАУ и увеличения живучести стволов стволы охлаждают, используя для этого специальные системы.

Приводы наведения обеспечивают круговые углы обстрела ( $360^\circ$ ), углы возведения стволов  $85\ldots90^\circ$  и высокие скорости наводки артиллерийских установок в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Приборы управления стрельбой должны обеспечивать высокую точность стрельбы и иметь малое время реакции (отрезок времени от начала обнаружения цели до момента первого выстрела). Это важно, поскольку мгновенная реакция представляет для КА среднего и малого калибра не менее важную характеристику, чем ее скорострельность.

*Башенные КАУ* бывают, как правило, среднего и крупного калибров. У них все механизмы и приборы, места расположения личного состава и системы подачи боеприпасов защищены замкнутой броней от осколков, пуль и ядерного воздействия. Вращающаяся часть башни составляет боевое отделение, где размещены одно, два и даже три орудия, механизмы наведения и заряжания, башенные приборы управления стрельбой и личный состав, обслуживающий эти механизмы и приборы. Ниже боевого отделения расположено подбашенное отделение, где находятся некоторые вспомогательные механизмы башни и системы подачи боеприпасов, которые в большинстве автоматизированы. Один из вариантов автоматизированной подачи приведен на рис. 1.5. Особенностью башенных КАУ является то, что боевое отделение, пути подачи боеприпасов и погреба составляют единую систему.

*Палубно-башенные КАУ* могут быть среднего и крупного калибров. Они, как и башенные, состоят из боевого и подбашенного отделений. Боевое отделение вращается, подбашенное - неподвижное. У палубно-башенных КАУ боевое отделение и пути подачи боеприпасов защищены незамкнутой броней. Погреба боеприпасов здесь не входят в единую систему и изолированы от башни. Палубно-башенные АУ могут быть одно- и двухорудийными.

*Палубные АУ* полностью изолированы от погребов и системы подачи боеприпасов, которые имеют выходы на верхнюю палубу вблизи АУ. Личный состав, механизмы и приборы таких АУ защищены щитовой противопулевой и противоосколочной броней в виде отдельных щитов или укрытий с крышей или без крыши. Палубные АУ среднего и крупного калибров бывают одно- и двухорудийные, малого же калибра - чаще многоствольные.

Чтобы обеспечить наводку АУ при большой качке корабля, некоторые палубно-башенные и палубные установки стабилизируются. Стабилизация заключается в том, что ось цапф орудия удерживается механизмами стабилизации в горизонтальном положении, в то время как основание АУ качается вместе с кораблем. Наводка стабилизованных КАУ происходит в трех плоскостях: горизонтальной, вертикальной и в плоскости оси цапф.

*КАУ среднего и крупного калибров* состоят из качающейся, вращающейся частей и основания.

Основу качающейся части составляет люлька с цапфами, расположенными на оси, проходящей через центр тяжести качающейся части заряженного орудия, поэтому вертикальная наводка осуществляется без особых усилий. В люльку вставляется кожух со стволов. На кожухе закрепляется казенник, в котором размещается затвор с механизмами закрывания и открывания. На люльке устанавливаются противооткатные устройства и досылатель патронов.

Вращающаяся часть КАУ составляет станок, основными частями которого являются платформа и станины. Станок через шаровой погон опирается на основание. Он позволяет вести круговой обстрел и придавать углы возвышения качающейся части. Закрепленные на станке подхваты обеспечивают при стрельбе и качке сцепление с неподвижным основанием, удерживая АУ от опрокидывания. На станке монтируются платформа для размещения орудийного расчета, механизмы наведения, прицельные устройства, откидная площадка и трап для удобства обслуживания АУ и броневое закрытие. Кроме того, на станке установлены две станины с цапфенными гнездами для закрепления цапф люльки. Прикрепленные к станку платформа и броневое закрытие образуют боевое отделение, где сосредоточены механизмы наведения АУ и посты управления. Электрическая связь приборов, расположенных на вращающейся части АУ, с приборами, расположенными внутри корпуса корабля, а также подача сжатого воздуха осуществляются через колонку питания. Верхняя часть этой колонки вместе с гибкими кабелями и трубкой воздухопровода закрепляется на станке и вращается относительно нижней части колонки. Поворотное соединение в трубке воздухопровода и гибкий кабель допускают поворот АУ при горизонтальном наведении на один оборот. Основание АУ служит опорой вращающейся части и закрепляется неподвижно на уравнительном кольце жесткого барабана, который скреплен с корпусом корабля. К основанию крепится зубчатый обод, с которым сцеплена коренная шестерня механизма горизонтального наведения.

Особенности конструкций КАУ определяются в том числе особенностями устройства отдельных агрегатов, узлов и механизмов установок. Особенности конструкций стволов КАУ связаны как с их типом: стволы-моноблоки и стволы со свободной (быстросменной) трубой, так и со специальными устройствами, размещаемыми на стволовах. Так, например, применяют системы охлаждения стволов жидкостью - забортной водой (наиболее эффективными являются системы межслойного охлаждения); дульные тормоза;

эжекторы. Казенники КАУ могут выполнять дополнительную задачу - уравновешивать качающуюся часть орудия (грузовые казенники). Наводка КАУ может осуществляться как от силовых полностью автоматизированных приводов (электрических, электрогидравлических), так и вручную.

Способность КАУ вести длительную непрерывную стрельбу с требуемой высокой скорострельностью предполагает, во-первых, наличие на ней в достаточном объеме боеприпасов, готовых к стрельбе, и, во-вторых, полную автоматизацию всех операций, связанных с доставкой боеприпасов из подбашенного отделения на установку и производством выстрела. Протяженность общей траектории подачи боеприпасов от места их исходного расположения до канала ствола и разнообразие форм движения боеприпасов на отдельных участках траектории обусловили разно-

образие исполнительных механизмов, работающих в условиях высокого темпа и испытывающих высокий уровень динамической нагруженности<sup>TM</sup> деталей.

Отличительные особенности механизмов и устройств КАУ проанализируем на примере конструкций современных образцов корабельной артиллерии, принятых на вооружение ВМФ России и других государств.

*АК-100* (принята на вооружение кораблей ВМФ в 1977 году, главный конструктор Е. И. Малишевский), представляет собой одноорудийную автоматическую морскую артустановку башенного типа.

Подача патронов, наведение на цель и производство стрельбы производится автоматически с помощью дистанционного управления от системы ПУС с центрального поста без участия обслуживающего АУ расчета. Размещение боезапаса, готового к стрельбе в автоматическом режиме, на АК-100 осуществлено в подбашенном отделении установки в радиальных питателях, расположенных вокруг центрального приемника, который имеет возможность, поворачиваясь, автоматически подключаться к любому питателю, захватывать имеющиеся в нем патроны и направлять их в элеватор вращающейся части. Такая схема подачи получила название лучевой. Устройство подачи подбашенного отделения, выполненное по лучевой схеме с гидравлическим силовым приводом, отличается простотой конструкции, компактностью размещения, надежностью и безопасностью в эксплуатации. Возможность подключения центрального приемника к любому питателю с боезапасом в автоматическом режиме позволила подавать на качающуюся часть любой вид боезапаса (с взрывателем неконтактным, дистанционным или ударного действия) по команде из центрального поста стрельбы. Кроме того, такая схема позволяет производить подпитку боезапасом опорожненных питателей во время ведения стрельбы и исключает перемещение всех патронов, расположенных на артустановке, во время расходования боезапаса при стрельбе, что дает большие преимущества над схемами питания установки с большим количеством боезапаса, где с каждым выстрелом перемещаются на один шаг все патроны, находящиеся на АУ. Обеспечение заданной скорострельности с темпом 60 выстрелов в минуту обусловило необходимость полной механизации и автоматизации всех операций в цикле подачи и заряжания, включающее в себя последовательное перемещение патронов из питателей подбашенного отделения на вращающуюся и качающуюся части, последующие операции по установке заданной дистанции на неконтактных или дистанционных взрывателях, досылку патрона в камору ствола и удаление стреляющих гильз.

Одним из важных факторов, обуславливающих надежность конструктивной схемы артустановки с автоматической линией подачи патронов в приемник качающейся части, является создание такого режима передачи патронов, который предотвращает воздействие на них чрезмерных усилий, исключает соударение их и возможность потери патронов в трактах подачи и особенно в узлах перегрузки.

Для обеспечения наиболее рационального режима времени, скоростей и ускорений при работе механизмов системы подачи (привода поворотной платформы, горизонтального и вертикального приемника, элеватора и вертикального веера), механизмов автомагнитической установки трубок взрывателей (АУТ), спуска, приводов защыривания по-походному и люков артустановки применяются гидравлические устройства, работающие от двух насосных станций.

Высокая скорострельность с большим заданным расходом боеприпасов в ходе стрельбы была обеспечена при использовании комплексного подхода, заключающегося в выборе оптимального сочетания следующих факторов: применение минимального веса пороха с холодными добавками при обеспечении заданной начальной скорости снаряда; конструкции ствола-моноблока с минимальной толщиной стенки за счет применения наиболее прочных марок орудийных сталей; непрерывного наружного охлаждения ствола забортной водой.

Принятое баллистическое решение с уменьшением метательного заряда, в сравнении с применявшимся в 100-мм выстреле артустановки СМ-5, на 12 % в совокупности с использованием заряда беспламенного пороха обусловило существенное снижение температурного напряжения ствола во время стрельбы. Это создало возможность вместо тонкостенного лайнера применить моноблок с охлаждением его наружной поверхности проточной забортной водой. Такая схема охлаждения позволила получить максимальную температуру не более 420°C при стрельбе до израсходования всего боезапаса АУ в самом высокотемпературном сечении внутренней поверхности ствола.

В процессе отработки такого ствола была решена задача по обеспечению прочности кожуха и магистрали охлаждения ствола в условиях воздействия гидравлического удара охлаждающей воды при выстреле, давление которой в передней части кожуха достигало более 200 МПа.

Применение на качающейся части веерного приемника, перемещающего патроны от оси цапф до линии досылки, в котором была впервые применена непрерывная цепь с захватами для патронов, позволило исключить обратный холостой ход механизмов, который в условиях большого темпа стрельбы создает наиболее напряженные режимы перемещения в таких механизмах, а потому значительно увеличило надежность этого устройства.

В АК-100 впервые было применено оригинальное устройство автоматического установщика трубы (АУТ) взрывателей. Большой темп стрельбы значительно ограничил время на установку дальности, а потому ранее применявшиеся устройства АУТ не могли быть применены. В результате был принят механизм, исключающий поиск паза и установки взрывателя в нулевое положение, что более чем в три раза сократило время на установку трубы взрывателя.

КАУ АК-100 явилась первой в нашей стране артустановкой, в которой резко сокращены мертвые зоны обстрела, обусловленные наличием на кораблях-носителях опасных для стрельбы зон (надстройки и другие элементы корабля) и большими скоростями горизонтального и вертикального наведения артустановки. Применение новой схемы устройства выключения цепи стрельбы в опасных зонах, изменяющей углы упреждения стрельбы в зависимости от скорости наведения, позволило резко сократить углы и существенно расширить зоны обстрела артустановки и тем самым резко повысить эффективность стрельбы.

В артустановке АК-100 оригинально решен вопрос замены шаров погона и подхвата, а также роликов шарового основания врачающейся части в процессе эксплуатации. С помощью специальных клиньев и привода ручного наведения, имеющегося на АУ, без других каких-либо подъемных устройств появилась возможность замены всех шаров и роликов в шаровом погоне артустановки в условиях стоянки корабля в гавани.

*АК-130* (принята на вооружение кораблей ВМФ в 1987 году) представляет собой двухорудийную автоматическую морскую артустановку башенного типа. По степени автоматизации и ведения стрельбы эта АУ аналогична установке АК-100, однако значительное увеличение калибра, а, следовательно, габаритов и веса боезапаса потребовало не только находить новые схемные и конструкторские решения, но и намного усложняло ее конструкторскую отработку и изготовление. Выбор надежных путей подачи патронов из подбашенного отделения до ствола, наличие меньшего количества перегрузок боезапаса при автоматической подаче и обеспечение во всех устройствах его безопасности привели к выбору варианта схемы с применением унитарного патрона калибра 130 мм, несмотря на то, что до этого времени максимальные унитарные выстрелы существовали только до калибра 100 мм.

Техническое решение размещения большого количества боезапаса, готового к стрельбе в автоматическом режиме без участия личного состава, осуществлено в подбашенном отделении артустановки в трех барабанах. Это позволяет иметь готовыми к стрельбе три различных вида боезапаса в зависимости от решаемых тактических задач и производить подпитку во время стрельбы барабанов, не участвующих в стрельбе.

Одним из определяющих условий при создании автоматической 130-мм морской артустановки башенного типа было расположение оси цапф (оси вращения качающейся части) относительно оси вращения артустановки в горизонтальной плоскости. От их взаиморасположения определяется размер башни, размер уравновешивающего груза на качающейся части, надежность схемы подачи боезапаса и, в конечном итоге, вес артустановки.

Важнейшим устройством, которое позволило сократить размер башни, было устройство, перегружающее патрон с вращающейся па качающуюся часть, которое разворачивало патрон вокруг его центра тяжести из вертикального положения до угла, соответствующего углу наведения качающейся части. Это позволило значительно уменьшить динамические нагрузки на боезапас во время перегрузки его на качающуюся часть и уменьшить время перегрузки патрона.

В АК-130 предусмотрена возможность ведения стрельбы до израсходования всего боезапаса через один ствол артустановки, что реализовано с помощью приемораздаточного механизма, который является оригинальным механизмом, не имеющим аналогов в мире. Это высокодинамичное устройство решает также вторую не менее важную задачу - позволяет перегружать из подбашенного отделения на вращающуюся часть артустановки два выстрела одновременно и передавать их в оба элеватора вращающейся части (правый и левый).

*Мк-45 мод.0* (с 1973 года), *Мк-45 мод.1* (с 1989 года) - 127-мм одноорудийная палубно-башенная артустановка является наиболее распространенной системой главного калибра на кораблях ВМФ США.

*Мк-45* является самой легкой и малогабаритной из всех находящихся на вооружении стран НАТО 127-мм корабельных палубно-башенных АУ, что позволяет ее использовать на кораблях сравнительно небольшого водоизмещения. *Мк-45* состоит из двух частей - надпалубной и подпалубной.

Надпалубная часть представляет собой боевое отделение, которое включает орудие с механизмом заряжания, станок, насос и гидроаккумулятор верхней гидравлической системы, гидравлические силовые приводы вертикальной и горизонталь-

ной наводки, основание и защиту башни. Последняя изготовлена из армированного алюминия, имеет обтекаемую форму, способна выдерживать избыточное давление до 0,7 кгс/см<sup>2</sup> и образует водонепроницаемый кожух вокруг всех механизмов башни. Для предотвращения обледенения амбразуры башня оборудована устройством терморегуляции. Доступ личного состава в башню для проведения регламентных осмотров и ремонта производится через боковые двери, открывающиеся только после выключения всех цепей установки путем нажатия кнопки безопасности на панели пульта управления. В подпалубную часть входят: магазин с готовыми к автоматической стрельбе выстрелами, электронный и механический установщики взрывателя, верхний и нижний элеваторы, насосы и гидроаккумулятор нижней гидравлической системы, пульт управления и стойка питания электроэнергией.

Магазин барабанного типа вмещает 20 унитарных патронов с обычными баллистическими снарядами или 10 выстрелов раздельного заряжания с управляемыми активно-реактивными снарядами "Дадай". Снаряжение, пополнение и разряжение магазина осуществляется нижним элеватором; загрузка и извлечение боеприпасов производится вручную подносчиками патронов через окна на нижних концах труб элеватора. Установка взрывателей осуществляется автоматически по командам, поступающим от корабельной системы управления огнем. Силовые приводы магазина и элеваторов гидравлические.

Пульт управления с развитой системой индикаторов на панели контроля и переключателей на панели управления обслуживает один оператор. Он может приводить АУ в готовность к боевой работе и переводить в походное положение, устанавливать режим боевой работы, обеспечивать управление всеми циклами работы механизмов без боеприпасов или с холостыми зарядами, переключать артустановку на корабельную систему управления огнем, контролировать состояние и функционирование основных механизмов и устройств. Наличие контрольных цепей, таймеров и индикаторов неисправностей позволяет ему производить автономную проверку логических схем и локализацию сравнительно простых неисправностей непосредственно с пульта управления. Полупроводниковые элементы логических цепей и усилителей собраны на отдельных платах, а все выключатели и другие электрические устройства снабжены кабельными разъемами, что значительно упрощает их замену.

Безопасность обращения с АУ при обслуживании, стрельбе и в аварийных ситуациях обеспечивается электрическими и гидравлическими блокирующими устройствами. На особо важных участках установлены устройства обоих типов. Экстрактирование боеприпасов в случае осечки и разряжение орудия производятся автоматически и не требуют присутствия личного состава в башне.

Боевой расчет артустановки шесть человек: командир, оператор и четыре подносчика патронов.

АУ Мк-45 мод. 1 имеет следующие отличительные особенности: наличие двух режимов боевой работы, благодаря чему можно вести стрельбу обычными и управляемыми активно-реактивными снарядами с полуактивной системой наведения на конечном участке траектории; осуществление комбинированной загрузки магазина боеприпасами шести различных типов, что позволяет практически немедленно путем нажатия соответствующей кнопки на пульте оператора менять тип боеприпаса при переносе огня (например, с береговой цели на воздушную); истанционный выбор типа боеприпаса по командам корабельной системы управления огнем в соот-

ветствии с видом поражаемой цели; использование не только механического, но и электронного установщика взрывателя: повышенные надежность и безопасность за счет использования твердотельных оптических датчиков; широкое применение в электронных устройствах микропроцессорной техники.

"Компакт" - 100-мм одноорудийная палубно-башенная артустановка (Франция).

Ствол орудия длиной 55 калибров заключен в стеклопластиковый кожух. В зазоре между кожухом и стволов во время стрельбы циркулирует охлаждающая пресная вода. Кроме того, после каждого выстрела в канал ствола автоматически впрыскивается 50 см<sup>3</sup> воды и подается 1 лitr сжатого воздуха под давлением 100 МПа. Образующаяся при этом водно-воздушная смесь производит дополнительное охлаждение ствола и эжектирует пороховые газы из башни. Благодаря двойной системе охлаждения живучесть ствола составляет не менее 3000 выстрелов.

Горизонтальная и вертикальная наводки осуществляются электродвигателями постоянного тока, которые связаны с зубчатым венцом неподвижного основания и с сектором подъемного механизма через редукторы с геликоидальными зубчатыми колесами. Для проведения осмотра и ремонта приводов наведения в условиях сильной качки предусмотрена блокировка с помощью двух электромагнитных тормозов, действие которых прерывается при помощи механического размыкающего механизма в случае наводки вручную. Торможение и последующая остановка орудия в конце наведения на цель с помощью электроприводов обеспечивается четырьмя блоками подтормаживания.

Время реакции АУ при отсутствии боеприпаса в башне составляет 8,5 с. Если патроны поданы из магазина в башню и находятся в скрепленном с люлькой горизонтальном веере подачи, то оно сокращается до 5,2с.

Готовый к стрельбе боезапас хранится в двух расположенных в подбашенном отделении магазинах: основном (90 унитарных патронов с осколочно-фугасными снарядами) и дополнительном (12 специальных выстрелов, в том числе с инфракрасными головками самонаведения для стрельбы по воздушным целям). Кроме того, еще 12 таких выстрелов могут размещаться в промежуточном магазине внутри башни. Основной и дополнительный магазины оборудованы транспортерами, перемещающими патроны от поста подпитки каждого магазина к элеватору или в обратном направлении в случае разряжания артустановки. Элеватор, осевая линия грубы, которого совпадает с осью вращения башни, подает выстрелы в приемное устройство последней, откуда они поступают по скрепленному с платформой вертикальному вееру к свободной позиции промежуточного магазина. Его транспортер образует замкнутую цепь из 18 позиций: 12 используются для хранения специальных боеприпасов, а остальные шесть - для передачи обычных выстрелов в горизонтальный веер, по которому они поступают на лоток досыпателя. Когда стрельба ведется обычными боеприпасами, специальные выстрелы перемещаются в промежуточном механизме по замкнутой схеме. При необходимости использования специальных выстрелов транспортер вертикального веера блокируется, а транспортер промежуточного магазина переключается на подачу таких выстрелов в горизонтальный веер. Подобная система питания орудия позволяет практически мгновенно переходить от стрельбы одним типом боеприпаса к стрельбе другими. Выбор боеприпаса осуществляется дистанционно с пульта командира АУ. Система подачи имеет возможность

подачи имеет возможность реверса, что позволяет производить возвращение всех боеприпасов в магазин. Управление работой системы производится с помощью ЭВМ.

Боевая работа АУ "Компакт" полностью автоматизирована. Открытие огня, контроль за состоянием всех механизмов и устройств, а также прекращение стрельбы производятся ее командиром с пульта управления и технического обслуживания. Широкое применение в конструкции легких сплавов и пластмасс привело к уменьшению общей массы артустановки на 28 %, а массы башни на 35 %, по сравнению с аналогичными параметрами предыдущей модели, что позволяет устанавливать ее на кораблях водоизмещением от 500 т и выше.

"Компакт ОТО Мелара" - 76-мм одноорудийная палубно-башенная артустановка (Италия).

АУ выпускается в модульном исполнении, упрощающем и значительно ускоряющем монтажные работы при ее установке на корабле (в частности, погрузка модуля-контейнера занимает 23 мин, установка на фундамент - 47 мин, подсоединение электропитания - 5 мин). В комплект артустановки входят также главный распределительный щит и пульты дистанционного управления.

Конструктивно компактный модуль АУ состоит из надпалубной и подпалубной частей. Станок и люлька изготовлены из легкого антикоррозийного алюминиевого сплава. В механизме вертикальной и горизонтальной наводки используются электродвигатели с высокой удельной мощностью и очень малой инерцией. Серво-система построена по модульному принципу, что сокращает потребность в номенклатуре запчастей, обеспечивает удобство осмотра и обслуживания, простоту замены вышедших из строя компонентов. Все ее электронные блоки выполнены на полупроводниках с широким применением интегральных схем, повышающих общую надежность работы.

Длина ствола 62 калибра. Во время стрельбы он автоматически охлаждается забортной водой под давлением 0,7 МПа.

Выполненная из армированного стеклопластика защита башни, рассчитанная на избыточное давление 0,7 кгс/см<sup>2</sup>, имеет окружную форму и надежно предохраняет размещенные на поворотной платформе механизмы и устройства от воздействия окружающей среды и выпадающих радиоактивных осадков. Расположенный под палубой вращающийся магазин с элеватором шнекового типа вмещает 80 унитарных патронов и обеспечивает их автоматическую подачу в башню. Пополнение магазина происходит вручную двумя-тремя подносчиками патронов из находящегося вблизи погреба. Указанная емкость магазина считается достаточной для отражения атак трех низколетящих воздушных целей. Огонь может вестись одиночными выстрелами и очередями с темпом от 10 до 80 выстрелов в минуту, при этом первые 80 выстрелов производятся оператором с пульта управления без участия подносчиков патронов. Жесткость конструкции станка и прецизионные следящие механизмы обеспечивают точную стрельбу при любом темпе, вплоть до максимального. Время приведения АУ в боеготовное положение составляет 2...4с.

*Мк-2 (SAK-57) "Бофорс"* - 57-мм одноорудийная палубно-башенная артустановка (Швеция). АУ полностью автоматизирована. Время перевода из походного в боевое положение, включая прогрев электронной аппаратуры, составляет 4,5 с, а при прогретой - 1,5 с. Открытие и прекращение огня производятся оператором дис-

танционно с пульта в посту управления корабельным оружием. Развитая система средств отображения на панели пульта позволяет оператору непрерывно контролировать работу и состояние всех механизмов установки. По сравнению со своим предшественником (SAK-57MK-1) артустановка Mk-2 имеет увеличенную скорострельность (на 25 выстрелов в минуту), повышенную точность наведения и лучшую кучность стрельбы. В ней используется ствол-моноблок с воздушным охлаждением, клиновой затвор с электрическим стреляющим механизмом, гидравлический тормоз отката и пружинный накатник. Готовый к немедленному применению боезапас размещается в двухсекционном питающем магазине на 40 выстрелов. Расположенные по обе стороны от досыпателя секции магазинов состоят из двух питателей, содержащих по пять обойм (два патрона в каждой).

Снаряжение питающего магазина осуществляется устройством перезаряжания кассетного типа, состоящего из правого и левого идентичных заряжающих механизмов с гидравлическими силовыми приводами и управляющего микропроцессора. Каждый механизм снаряжает патронами свою секцию питающего магазина. Из погреба в патроноприемник боеприпасы подаются двумя электрическими элеваторами максимальной производительностью по 30 двухснарядных обойм в минуту. Питание элеваторов выполняется вручную двумя подносчиками патронов. На полную загрузку башни 120 выстрелами одного или нескольких типов, включая и снаряжение питающего магазина, требуется 1,5 мин.

Механизмы вертикальной и горизонтальной наводки электрогидравлические. Цифровая система центральной наводки состоит из внешнего и внутреннею контуров. Первый вырабатывает управляющие сигналы, связанные с движением пели и корректировкой стрельбы по командам от корабельной системы управления огнем. Второй преобразует данные об угловых скоростях корпуса корабля, которые поступают от прикрепленного к кольцевому основанию башни гироблока в соответствующие угловые координаты оси канала ствола пушки, исключая таким образом динамические погрешности от качки и рыскания. Такая структура сервосистемы позволяет сократить среднеквадратическую ошибку наведения до 0,3 мрад против 1,5 мрад у предшествующей модели.

A190Э - 100-мм облегченная универсальная корабельная артиллерийская установка башенного типа (Россия). Установка А190Э сопрягается с современной системой управления стрельбой типа 5П-10Э и в комплексе с ней обеспечивает универсальность применения; одновременную стрельбу по двум ПКР в секторе; определение падения начальной скорости снаряда; одновременное радиолокационное наблюдение цели и разрывов снарядов с автоматическим введением корректур; возможность вести стрельбу при маневрировании носителя за счет широких секторов обстрела; исключение влияния на наведение организованных или случайных помех; возможность сопряжения комплекса с радиолокатором носителя для получения целеуказания; возможность поражения береговых опорных пунктов шквалом огня; обучение личного состава с использованием встроенного имитатора, обеспечивающего проведение реальных и фиктивных практических стрельб.

Артустановка А190Э представляет собой первую отечественную облегченную корабельную АУ с бортовым компьютером. В то же время основные узлы и механизмы АУ А190Э спроектированы и изготовлены с учетом многолетнего опыта производства и эксплуатации, предшествующих ей артустановок, что обеспечивает

ее высокую надежность.

Управление артустановкой во время стрельбы производится автоматически от системы управления стрельбой, личный состав в подбашенном отделении отсутствует. При этом по команде оператора из модуля управления стрельбой обеспечивается автоматическое приведение АУ в дежурную готовность или боевую готовность, автоматический выбор нужного вида боеприпаса, его подача, автоматическое наведение и производство выстрела. В аварийном режиме (при отсутствии электропитания) наведение артустановки на цель осуществляется вручную с использованием оптического прицельного устройства, сброс ударника производится с помощью гидроцилиндра, приводимого в действие обоими наводчиками.

Артустановка А190Э оснащена электронной системой автоматического управления и контроля (САУК), что значительно упрощает управление артустановкой при подготовке ее к боевому использованию и при ведении стрельбы, обеспечивает постоянную диагностику и передачу информации о состоянии механизмов и позволяет проводить тренировки операторов без включения в действие основных механизмов артустановки.

Артустановка состоит из качающейся части и вращающейся части. В состав качающейся части входят: ствольно-затворная группа; противооткатные устройства; приемное устройство выстрелов, поступающих с вращающейся части; автоматический установщик взрывателя, механизмы перемещения выстрела на линию досылки и досылки его в камору ствола. В состав вращающейся части входят: станок с механизмами наведения и системы подачи, гидросистема, с помощью которой обеспечивается управление механизмами АУ, и нижняя платформа с механизмами и приводом подачи. Экстракция стрелянных гильз производится на палубу, что в совокупности с эффективной вентиляцией значительно снижает концентрацию пороховых газов в подбашенном отделении. Для предохранения механизмов и приборов, установленных на станке, служит защита. Защита представляет собой сварную конструкцию обтекаемой формы, изготовленную из листов алюминиевого сплава, и обеспечивает предохранение от воздействий атмосферных осадков, ударов морской волны, от воздействия близко расположенного оружия. Защита по специальному заказу может быть выполнена по технологии "STEALTH", что в несколько раз повышает защищенность от средств радиолокационного обнаружения. Для нормального функционирования артустановки на нее должно подаваться силовое питание 3...50 Гц, 380 В.

КАУ малого калибра сравнительно небольшие по размерам и массе, что позволяет размещать их в больших количествах на кораблях различных классов. Для увеличения плотности огня их делают многоствольными. КАУ малого калибра имеют все элементы АУ среднего и крупного калибров - качающуюся часть, вращающуюся часть и основание, хотя у них свое характерное конструктивное оформление (рис. 6.16). Спецификой малокалиберных КАУ является размещение на них портативных прицельных станций, обеспечивающих автономную стрельбу, поскольку они имеют средства обнаружения, определения текущих координат цели и вычислительные устройства. КАУ малого калибра, как правило, имеют дистанционное управление наведением.

Малокалиберное артиллерийское вооружение, применяемое на КАУ, может быть с автономным принципом действия (использование сил отдачи затвора или

ствола, отвод пороховых газов) или с внешним приводом, как одноствольное, так и многоствольное.

Некоторые малокалиберные артустановки рассмотрены ниже. *AK-630 (AK-630M)* (Россия) - 30-мм корабельная артустановка, использующая шестиствольный зенитный автомат АО-18. Конструктивно автомат выполнен по схеме многоствольного оружия с вращающимся блоком стволов. Охлаждение блока стволов жидкостное, автономное. Питание непрерывное, ленточное из магазина. Боезапас: 2000 патронов в магазине и 1000 патронов в запасном бункере.

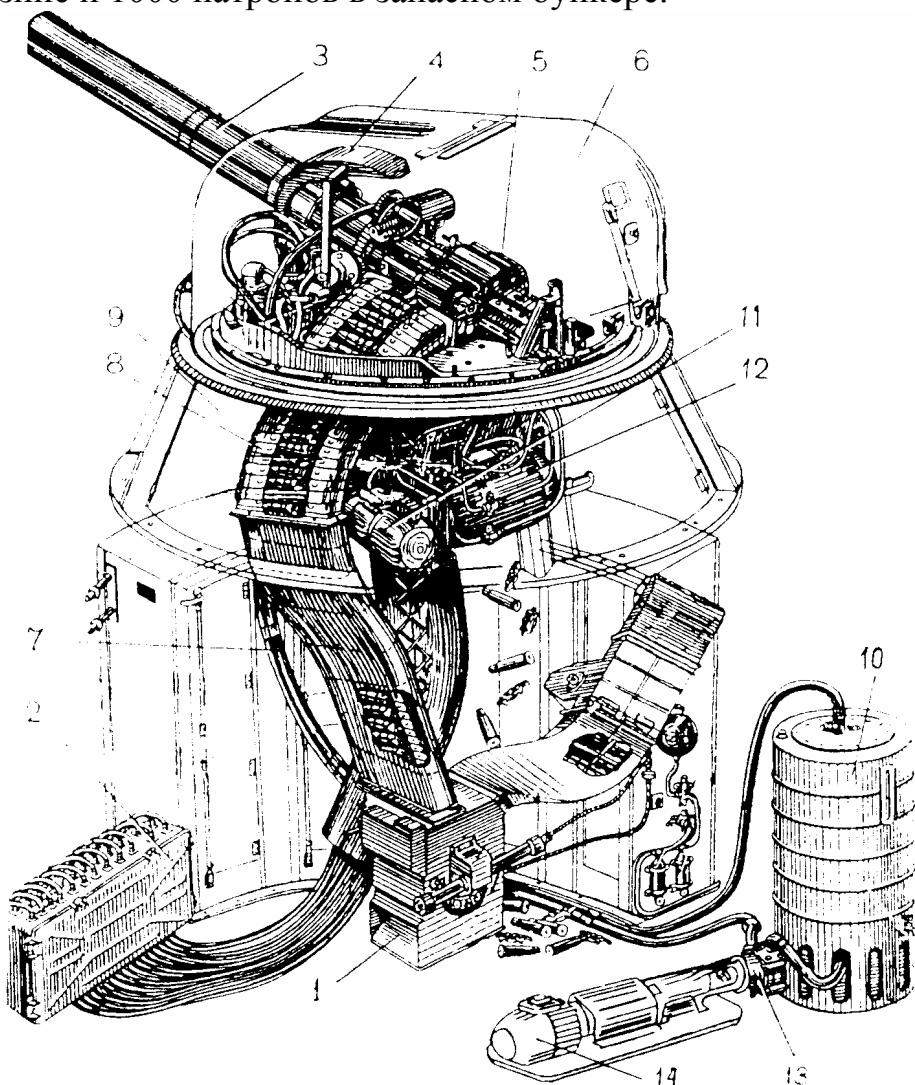


Рис. 6.16. Общий вид артустановки АК-630М:

- 1 – окно для загрузки боеприпасов; 2 – блок управления;
- 4 – маска; 5 – гильзозвенеотвод; 6 – обтекатель; 7 – шланги охлаждения;
- 8 – рукав питания; 9 – барабан; 10 – бак охлаждения; 11, 12 – гидронасосы ВН и ГН;
- 13 – насос системы охлаждения; 14 – электродвигатель.

*35-мм пушка фирмы Nutting (США)* - пятиствольная, выполненная по схеме Гатлинга. Пушка снабжена пневматическим приводом. Максимальный темп стрельбы составляет 2400 выстрелов в минуту, при времени выхода на режим 0,25с. При стрельбе очередями длительностью по 0,25с (10 выстрелов) пушка эффективна против вертолетов и самолетов на дальности более 4 км. При сравнительно высоком темпе стрельбы (2400 выстрелов в минуту) пушка может использоваться для борьбы с ПКР. Зенитная корабельная установка с 35-мм пушкой Nutting по габаритам, мас-

се, количеству готовых патронов не требует дополнительных подпалубных пространств.

*25-мм пушка M811* фирмы *GIAT* (Франция) разработана для оснащения бронемашин и зенитных корабельных установок. Автоматика пушки работает от внешнего источника питания, она может быть приведена в действие с помощью электрического или гидравлического привода. Пушка использует систему двухсторонней подачи боеприпасов. Темп стрельбы пушки M118 регулируемый, составляет 150, 400 или 650 выстрелов в минуту в зависимости от типа цели. Электронная система управления независимо от выбранного темпа стрельбы обеспечивает выбор режима стрельбы - одиночные выстрелы, очереди из трех или десяти выстрелов, очередь без ограничения выстрелов. Пушка имеет модульную конструкцию и не требует специальных инструментов для разборки или замены узлов. Пушка M118 отличается высокой надежностью: стрельба невозможна, если ствол или затвор неправильно собраны; затвор временно застопоривается в случае осечки; патрон, вызвавший осечку, автоматически выбрасывается, благодаря чему устраняются задержки при стрельбе.

*35-мм пушка KDA* (Швейцария). Автоматика пушки использует газоотводный принцип с дистанционным управлением (электрогидравлического типа), с помощью которого осуществляются операции взведения, выбор типа боеприпасов, производство выстрела и постановки на предохранитель. Питание - ленточное, одностороннее. Пушка KDA входит в зенитную корабельную установку GCM-C фирмы ОЕ/ОТО Melara.

Основные тактико-технические данные современных корабельных артиллерийских установок приведены в Приложении (табл. П.8).

### **6.3.2. Основные направления и эффективность боевого применения корабельной артиллери**

Высокая готовность к бою, точность стрельбы и скорострельность, способность непрерывно и длительно действовать в любых метеоусловиях определяют круг огневых задач, которые Корабельная артиллериya (КА) может эффективно решать самостоятельно и совместно с другими видами оружия.

*Огневая поддержка десанта и приморского фланга сухопутных войск.* По опыту боевых действий американцев в войне во Вьетнаме среди средств огневой поддержки десанта огонь КА имеет решающее значение во всех проведенных десантных операциях (американцами использовалась тяжелая артиллериya (203-мм) крейсеров для обстрела побережья). По-видимому, с появлением на вооружении ВМФ ракет, способных производить прицельное поражение укрытых береговых целей, эффективное использование КА в данном направлении (с точки зрения боевого поражения и затрат) сохранится, но примет избирательный характер. Это подтверждает опыт боевых действий в современных конфликтах - Аргентина, Ближний Восток, Югославия.

*Поражение скоростных низколетящих самолетов, противокорабельных ракет и вертолетов.* Эти задачи на больших высотах и дальностях эффективно решаются зенитными управляемыми ракетами. Вероятность поражения, по сравнению с артиллерией, у ЗУР значительно выше. Однако в ближней зоне при самообороне от средств воздушного нападения, летящих на малых и предельно малых высотах, эф-

фективность КА выше. Благодаря высокой боевой готовности, скорострельности и автоматизации всех процессов подготовки и стрельбы, современные корабельные артиллерийские установки (КАУ) являются одним из основных средств ПВО.

*Борьба с быстроходными надводными кораблями малого тоннажа и другими надводными и береговыми целями.* Эти задачи в ВМФ возложены на управляемое ракетное оружие. Однако при борьбе с малыми надводными кораблями, ракетными, торпедными и противолодочными катерами КА наиболее эффективна и экономична.

*Характеристики огневой мощи КАУ:*

$$M = \frac{E_D \lambda}{60} \left( \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right), M_y = \frac{E_D \lambda}{60Q} \left( \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{т}} \right)$$

где  $M$  - огневая мощь орудия;  $M_y$  - удельная огневая мощь орудия;  $E_D$  - дульная энергия,  $\lambda$  - скорострельность.  $Q$  - масса орудия (т).

*Эффективность поражения целей при стрельбе КАУ.* Одним из основных показателей эффективности стрельбы КАУ является вероятность поражения воздушной цели (самолета, противокорабельной ракеты).

Показателен анализ вероятности поражения воздушной цели при стрельбе КАУ среднего калибра.

Анализ проводится при следующих предположениях. КАУ при ведении зенитного огня имеет рассеивание снарядов из-за малого полетного времени около 2,5 тысячных дистанции. При этом 50 % всех выстреливаемых снарядов пройдут в пределах трех тысячных дистанции от средней точки попадания. Если цель не маневрирует во время выстрела (до встречи снаряда с целью или прохождения снаряда около нее), то средняя точка попадания должна находиться в пределах около одной тысячной дистанции от действительного местонахождения цели. (Приведенные данные могут значительно изменяться в зависимости от скорости передвижения и размеров цели, а также от метеорологических условий). Осколочно-фугасные снаряды, снабженные неконтактными взрывателями и имеющие массу от 16 до 32 кг, могут иметь эффективный убойный радиус разлета осколков снаряда 3,5 м. При этом вероятность поражения цели на дальности 1200 м составит примерно 0,5, а на дальности 450 м будет близка единице.

Можно подсчитать вероятность поражения самолета в конкретной стрельбе КАУ. Так, пусть КАУ имеет общую огневую мощь  $912 \cdot 10^3$  кгм/с, скорострельность 60 выстрелов в минуту (причем не имеет значения достигнута такая огневая мощь одним, двумя или даже 12 орудиями), начальную скорость снарядов 914 м/с и при этом 20 % снарядов по той или иной причине не взрываются у цели. Цель приближается к кораблю на малой высоте со скоростью 450 м/с (эта скорость над уровнем моря примерно соответствует числу  $M = 1,35$ ). Рассчитанная для рассматриваемого случая вероятность поражения цели показана на рис. 6.17, а. При этом, если самолет выходит на прямой курс на дальности 4000 м до точки бомбометания (в этом случае у него имеется 7,8 с на прицеливание), то по самолету открывается прицельный огонь на дальности 2500...2700 м (линия 2 на рис. 16.7, а), если самолет выходит на прямой курс на расстоянии 2700 м до точки бомбометания (время на прицеливание составляет 4,5 с), то первый прицельный выстрел по самолету производится на дальности 1650...1800 м (линия 1 на рис. 16.7, а). На рис. 16.7, б показано, что высокая степень защиты корабля может быть достигнута путем удвоения огневой мо-

щи, то есть за счет использования орудий общей огневой мощью  $1824 \cdot 10^3$  кгм/с.

Если предположить, что рассмотренные условные артиллерийские снаряды имеют такой же эффективный убойный радиус разлета осколков против ракет класса "воздух - корабль", как и против самолетов (3,5 м), а противокорабельная ракета имеет скорость 900 м/с ( $M > 2$ ), то необходимая вероятность поражения цели обеспечивается артиллерийской системой, обладающей огневой мощью  $1824 \cdot 10^3$  кгм/с (рис. 16.7,б).

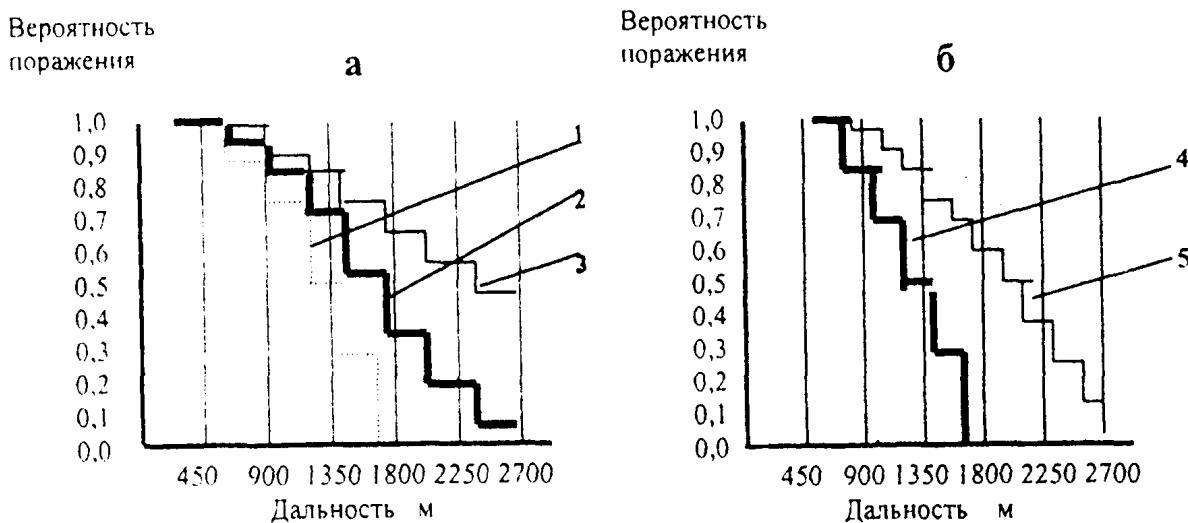


Рис. 6.17. Графики зависимости вероятности поражения низколетящей цели (скорость 450 м/с) от дальности до нее для КАУ (скорострельность 60 выстрелов в минуту, начальная скорость снарядов 914 м/с, надежность неконтактных взрывателей снарядов 0,8):

*а* – общая огневая мощь системы  $912 \cdot 10^3$  кгм/с; *б* – общая огневая мощь системы  $1824 \cdot 10^3$  кгм/с

Первый снаряд выстреливается на дальности:

1 – 1680 м; 2 – 2540 м; 3 – 5450 м; 4 – 1680 м; 5 – 2680 м

Высокая эффективность КАУ поддерживается возможностями ПУС (высокая вероятность поражения цели ничего не стоит, если КАУ не могут быть приведены в действие за отведенное время). Так РЛС обнаружения, входящая в ПУС, должна обнаружить и передать цель РЛС сопровождения через 10...15 секунд после появления цели на дальности действия РЛС (обычно около 18000 м). Сокращения времени реакции на цель можно добиться путем немедленного открытия огня. Практически огонь необходимо открывать по любой цели, которая приблизилась на высокой скорости к кораблю на дальность 4500 м и не отвечает на запрос системы опознания.

*Сравнительное сопоставление КАУ.* Сравнительно малая масса А190Э и посадочные размеры, одинаковые с размерами артустановки АК-176М, позволяют размещать ее на надводных кораблях взамен АК-176М, при этом имеется ряд преимуществ.

1) Корабль, оснащенный 100-мм артустановкой А190Э, имеет преимущество в дуэльной ситуации с кораблями, оснащенными 76-мм артустановкой, за счет больших дальности и могущества снарядов (у АК-176М максимальная дальность стрельбы - 16 км, вес снаряда - 5,9 кг, соответственно у А190Э - 20 км и 15,6 кг). Эффективность корабля, оснащенного артустановкой А190Э, в борьбе с надводными целями в 2,5 раза выше кораблей, оснащенных 76-мм артустановками.

2) 100-мм артустановка А190Э превосходит 76-мм артустановку по эффектив-

ности боевого применения при стрельбе по береговым целям в 1,5 раза и по дальности в 1,3 раза, что существенно расширяет боевые возможности кораблей по огневой поддержке десанта (у АК-176М огневая мощь - 543 тм/с, у А190Э - 860 тм/с).

3) Корабельный артиллерийский комплекс в составе артустановки А190Э и системы управления огнем типа 5П-10Э превосходит арткомплекс АК-176М с системой управления огнем МР-123 по эффективности боевого применения в борьбе с воздушными целями при стрельбе по ПКР в 1,2... 2,1 раза, по самолетам в 5...6 раз и существенно расширяет зону ПВО корабля (у АК-176М высота огня - 7400 м, соответственно у А190Э - 15000 м).

Современные КАУ могут с помощью РЛС обнаруживать цели на значительной дальности, имея достаточно малое время на реакцию. Однако одна КАУ может оказаться перенасыщенной, если две или более цели появляются одновременно вблизи корабля. Большие корабли (крейсера, авианосцы) должны вооружаться значительным количеством орудий, объединенных в две и более батареи, каждая из которых имеет РЛС и способна вести огонь по различным целям независимо друг от друга. Современные КАУ обеспечивают защиту корабля от атак низколетящих противокорабельных ракет и самолетов.

КАУ среднего калибра имеет преимущество перед орудиями малого калибра, особенно в точности стрельбы. На обычных дальностях стрельбы по воздушным целям 40-мм зенитный автомат имеет рассеивание снарядов на 50% выше, чем 127-мм артиллерийское орудие. С другой стороны, орудия малого калибра обеспечивают значительно большую огневую мощь, отнесенную к единице веса. Обычно 20- и 57-мм зенитные автоматы имеют огневую мощь, отнесенную к тонне веса АУ, на порядок большую, чем 114-и 127-мм орудия. Правда эта разница уменьшается, если учесть вес боезапаса. Корабль, имеющий на вооружении малокалиберную зенитную артиллерию, обладает огневой мощью примерно в три раза большей, чем корабль, оснащенный орудиями среднего калибра. К сожалению, орудия малого калибра не могут применяться для решения таких огневых задач, как стрельба по береговым и надводным целям на больших дальностях. Существенное различие между орудиями среднего и малого калибров состоит в том, что в снарядах первых могут применяться неконтактные взрыватели. Такие снаряды способны поражать осколками воздушные цели в случае промаха в несколько метров. В связи с этим можно заметить, что малокалиберные КАУ более эффективны против крупномасштабных целей (самолетов), а орудия среднего калибра - против малоразмерных целей (крылатых ракет).

Артиллерийская система общей огневой мощью более  $1370 \cdot 10^3$  может стоить около 5 млн. долларов (включая стоимость приборов управления стрельбой) и иметь вес от 65 до 150 т. Малогабаритная зенитная артсистема стоит значительно дешевле, минимальный вес ее может составить 20т. Экономично иметь на корабле КАУ среднего и малого калибров с общей системой ПУС.

### 6.3.3. Тенденции развития корабельной артиллерии

Тенденции развития и дальнейшего совершенствования любого оружия определяются уровнем современной военной техники, опытом прошедших и ведущихся войн, постоянным изучением и оценкой боевых возможностей вероятного противника. Учитывая эти факторы и анализируя опыт применения КА при ведении ло-

кальных войн (Вьетнам, Фолклендские острова, Ирак, Югославия и др.) специалисты определяют следующие основные направления развития КА.

*Универсализация корабельной артиллерии* за счет повышения тактико-технических характеристик обеспечивает высокую эффективность поражения воздушных, надводных и береговых целей.

*Предельное снижение массы артиллерийских установок (АУ) и уменьшение их габаритов* (за счет использования в конструкциях новейших материалов: высоко-прочных сталей специальных марок, легких алюминиевых и титановых сплавов, стеклопластиков) позволяет устанавливать на кораблях орудия более высоких калибров, увеличивать число огневых средств на кораблях, повышать количество боеприпасов.

*Полная автоматизация подачи боеприпасов (БП), заряжания, наводки и производства выстрели.* Это повышает скорострельность и резко снижает численность обслуживающего персонала.

*Увеличение дальности стрельбы* достигается применением более эффективных метательных зарядов, повышающих начальную скорость снаряда, и использованием активно-реактивных снарядов, которые позволяют в 1.5-2 раза увеличить дальность стрельбы уже существующих КАУ.

*Разработка и принятие на вооружение новых видов боеприпасов.* Борьба с современными кораблями всех классов и назначений, поражение открытых и укрытых береговых целей требует повышенной фугасной, бронебойной и убойной мощностей современных артиллерийских снарядов, повышенной дальности и точности стрельбы. Эта проблема решается путем создания БП. снаряженных более эффективными взрывчатыми веществами, огнесмесями, убойными элементами, снабженными более совершенными взрывательными устройствами, разработкой активно-реактивных и самонаводящихся в полете снарядов.

*Совершенствование малокалиберных боеприпасов* идет по пути повышения могущества действия снарядов (ОФЗ - за счет высокого до 22 % наполнения ВВ, в бронебойно-подкалиберных - за счет применения сердечников из тяжелых материалов: обедненного урана, вольфрама); повышения начальной скорости и уменьшения полетного времени снаряда за счет увеличения размеров гильзы и навески метательного заряда, применения холодных порохов, использования активно-реактивного принципа метания; снижения веса патрона на 15... 20 % за счет использования гильзы из легкого сплава или пластмассы, применения сгорающих гильз; применения пластмассовых или металлокерамических, армированных пластмассой, поясков, что уменьшает износ ствола, позволяет свести к минимуму разброс начальной скорости снарядов, снизить их стоимость.

*Совершенствование приборов управления стрельбой (ПУС),* решающих задачи обнаружения и захвата цели, ее сопровождения, выработки данных стрельбы и управления огнем, обеспечивает повышение точности стрельбы, сокращение времени реакции (от начала обнаружения цели до момента первого выстрела).

РЛС обнаружения и сопровождения цели полностью стабилизирована (с помощью тех же устройств, которые обеспечивают стабилизацию всей системы ПУС). РЛС определяет дистанцию и пеленг цели с высокой степенью точности, хорошо защищена от средств радиоэлектронного противодействия и имеет специальные устройства для обнаружения низколетящих целей. РЛС сопровождения целей -

станция с узконаправленным лучом и параболической антенной, непрерывно выдает точные данные об угле места цели, азимуте и дальности до цели. Желательно, чтобы на кораблях с большим количеством АУ было несколько независимых РЛС сопровождения. Это позволило бы одновременно вести огонь по нескольким целям.

*Совершенствование и создание новых образцов скорострельных автоматических зенитных малогабаритных АУ (25 - 45 мм),* которые являются эффективным дополнением к ракетным системам самообороны кораблей. Тактико-технические характеристики этих АУ в комплексе с АРЛС таковы, что позволяют отражать атаки малоразмерных воздушных целей на дальности 5...6 км со скорострельностью 600 выстрелов на ствол.

*Создание пушечно-ракетных корабельных комплексов* в виде, например, размещенных на одной платформе зенитного артиллерийского автомата и пусковой установки ЗУРО. Так, одно орудие и две направляющих ЗУРО могут оказаться весьма эффективными против крылатых ракет и низколетящих самолетов. Такую установку можно использовать и против малых кораблей.

*Вооружение кораблей многоствольными установками реактивной артиллерии,* способными вести залповый огонь снарядами большой фугасной мощности. Реактивная артиллерия предназначена для огневой поддержки при высадке десанта и состоит на вооружении десантных кораблей и кораблей огневой поддержки десанта.

## 7. АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ ОРУДИЯ ОСОБЫХ СХЕМ

К артиллерийским орудиям особых схем условно относятся орудия с выкатом, с двойным откатом, минометы, гранатометы, безоткатные орудия, орудия с выкатом и некоторые другие, в которых делаются попытки повышения могущества артиллерийских орудий.

### 7.1. МИНОМЕТЫ

Миномет представляет собой артиллерийскую систему навесного огня. Современный миномет состоит из ствола с казенником, опорной плиты, станка и прицельного приспособления (рис. 7.1.). Минометы калибра 120 мм и выше имеют ходовую часть. Станок минометов среднего калибра (82 и 120 мм) представляет собой лафет-дву ногу, крупною калибра (160 мм и более) - сложную конструкцию, приближающуюся к лафетам обычных артиллерийских орудий (рис. 7.2).

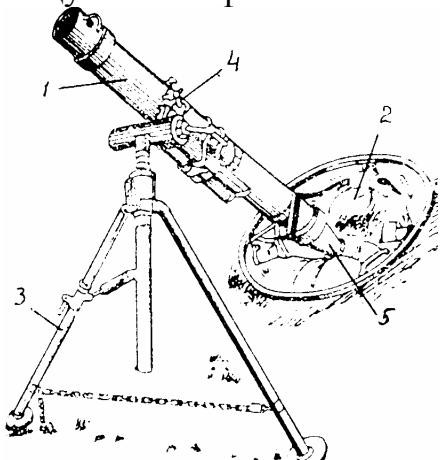


Рис. 7.1. Общий вид миномета в боевом положении: 1 – ствол; 2 – опорная плита; 3 – станок-дву нога; 4 – прицельное приспособление; 5 – казенник.

Минометы предназначены для поражения живой силы, техники и оборонительных сооружений противника. Они имеют следующие особенности:

малые начальные скорости (до 300 м/с), кругую траекторию (углы бросания ( $\varphi_B = 45\dots 85^\circ$ ), что позволяет поражать цели, расположенные за различными препятствиями, недосягаемые для настильного огня;

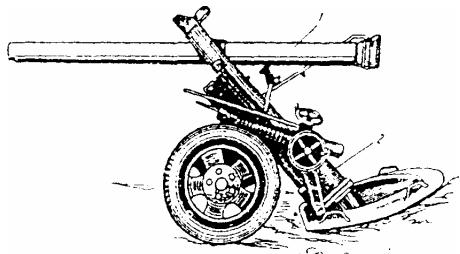


Рис. 7.2. Казнозарядный миномет:  
1- качающаяся часть; 2- казенник.

малые давления пороховых газов (до 100 МПа), малые массы стволов и их отношения к массам выстрела: если это отношение для пушек равно 100...350, для гаубиц - 100... 180, то для минометов - 10...30;

сравнительно высокую скорострельность (порядка 10 выстрелов в минуту), обусловленную

отсутствием затрат времени на откат - накат ствола, так как в большинстве случаев минометы имеют жесткий лафет;

большую мощность огня в сочетании с подвижностью (120-мм миномет в 23

раза легче 122-мм гаубицы);

простую конструкцию и высокую живучесть ствола (до 10000 выстрелов) вследствие малой величины заряда.

Характеристики некоторых минометов приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Боевые характеристики	Минометы			
	82 БМ	М-120	М-160	М-240
Калибр, мм	82	120	160	240
Масса в боевом положении, кг	60	320	1300	3600
Масса мины, кг	3,1	16	41	130
Максимальная дальность стрельбы, м	3000	7200	8000	9700
Скорострельность, выстрелов в мин	15	15	3	1
Углы вертикального обстрела, °	45-80	45-80	50-80	45-80
Углы горизонтального обстрела	±5-25	±4-15	±12-50	±8-39

Канал ствола у минометов может быть нарезным и гладким. При нарезном стволе мина имеет готовые выступы, входящие в нарезы или поясок. Нарезные минометы с 4...8 нарезами находили применение в период первой мировой войны. Современные минометы, как правило, имеют стволы с гладким каналом.

В минометах малого и среднего калибра заряжание производится с дула крупного калибра с казны. В последнем случае миномет имеет затвор. Обтюрация осуществляется при помощи короткой металлической гильзы или пластического обтюратора.

При заряжании с дула выстрел производится наколом капсюля мины о жало, ввинченное в казенник, при приходе мины под действием силы инерции в крайнее заднее положение. Это упрощает конструкцию, увеличивает скорострельность, но позволяет заряжание очередной миною не раньше, чем предыдущая покинет канал ствола. Для предохранения от двойного заряжания предусматриваются специальные устройства на дульной части ствола.

Между стенками канала ствола и ведущими элементами мины при заряжании с дула должен быть зазор для истечения воздуха, находящегося между дном канала и миною, во время заряжания и движения мины вниз по каналу ствола. Это требование обусловлено необходимостью предотвращения осечек и увеличения скорострельности. Однако наличие зазора уменьшает кучность боя и ухудшает обтюрацию пороховых газов между стенками ствола и миною. С целью уменьшения прорыва пороховых газов на центрирующем пояске мины делаются кольцевые канавки (лабиринтное уплотнение). У современных минометов утечка пороховых газов составляет 10... 15 % от общего их количества.

При заряжании с дульной части воспламенение может осуществляться, кроме жесткого жала, и при помощи стреляющего механизма, собранного в казеннике.

К минометам с гладким каналом ствола относятся также минометы с надкалиберными мирами и стержневые минометы (рис. 7.3). Ввиду малой дальности стрельбы из этих минометов, они распространения не получили.

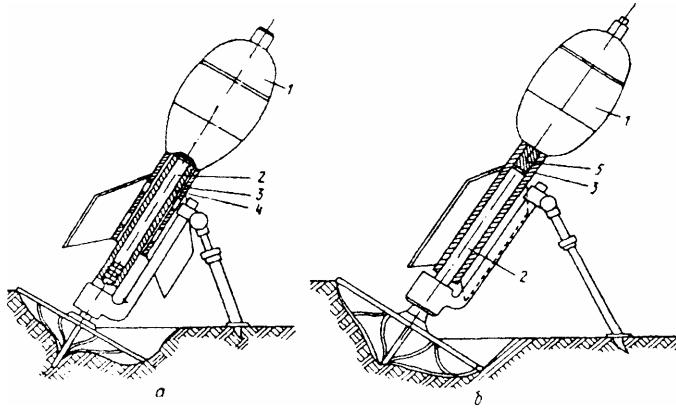


Рис. 7.3. Схемы минометов:  
 а – для стрельбы надкалиберными минами; б – стержневого типа;  
 1 – мина; 2 – стержень; 3- трубка; 4 – ствол; 5 – боевой заряд.

По способу поглощения энергии отдачи минометы подразделяются на жесткие (М-82, М-120, М-160) и с противооткатными устройствами (М-98, США). У минометов, выполненных по первой схеме, ствол жестко соединяется с опорной плитой при помощи шаровой пяты. Простейшая конструктивная схема жесткого миномета состоит из унитарного ствола и опорной плиты (37-мм миномет-лопата, у которого плита служит штыком лопаты, а ствол - ее ручкой). Глухая схема характеризуется тем, что все механизмы миномета собраны на опорной плате. Миномет, выполненный по схеме реального треугольника, имеет ствол, шарнирно соединенный с опорной плитой и двуногой (лафетом), которая опирается на грунт и одновременно связана с плитой. Если эта связь отсутствует, то такая конструктивная схема называется мнимым треугольником. Все современные минометы выполнены по схеме мнимого треугольника.

У минометов с противооткатными устройствами между опорной плитой и стволом находится тормоз отката и накатник. Применение их уменьшает вес и габариты опорной плиты, улучшает устойчивость миномета при стрельбе, но усложняет конструкцию. Эта схема используется при создании крупнокалиберных минометов большой мощности (например, миномет М-98, США).

Боевой заряд в минометах может располагаться непосредственно в заминном пространстве между дном канала и миной. Однако такая схема заряжания может быть реализована только при достаточно больших плотностях заряжания, что неосуществимо при каплевидной форме мины. Поэтому сжигание всего заряда или его части производят в отдельной каморе - наиболее часто в трубке стабилизатора мины. При этом основной заряд размещается в картонной гильзе. Трубка стабилизатора имеет ряд отверстий. Снаружи трубы в мешочках или футляре располагается дополнительный заряд. Сначала воспламеняется основной заряд и горит некоторое время в постоянном объеме при плотностях заряжания  $0,5 \dots 0,6 \text{ кг}/\text{дм}^3$ . Когда давление в картонной гильзе достигает величины, достаточной для разрушения ее стенки, через отверстия в трубке стабилизатора воспламеняется дополнительный заряд.

Если заряд расположен в специальной каморе в казенной части ствола или в трубке стабилизатора, на выходе из которых поставлены диафрагмы с сопловыми отверстиями, и движение мины происходит под действием реакции газов, вытекающих через эти отверстия, то минометы соответственно будут газодинамического или реактивного типа. Они легче минометов, имеющих другие схемы использования за-

ряда, но дают плохую кучность боя и малые начальные скорости мины. Вследствие этого газодинамические (реактивные) минометы распространения не получили. В настоящее время по такой схеме выполняются ручные гранатометы.

Изменение дальности стрельбы в минометах достигается:

изменением угла возвышения;

изменением начальной скорости мины при постоянном угле возвышения за счет стравливания части газов из заминного объема через специальные краны (минометы с дистанционными кранами);

одновременным изменением угла возвышения и массы заряда.

Первые два способа дают ограниченный маневр траекторией. Наиболее распространен третий способ, так как обеспечивает возможность стрельбы на больших углах возвышения при всех дальностях. Влияние массы заряда на дальность и начальную скорость мины иллюстрируется в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Характеристика	№ заряда					
	1	2	3	4	5	6
Масса заряда, кг	0,1	0,17	0,24	0,31	0,38	0,48
Начальная скорость, м/с	119	156	191	221	247	272
Максимальная дальность, м	1340	2300	3270	4160	4900	5700

Рассмотрим основные части миномета.

Ствол миномета представляет собой тонкостенную трубу. На его казенную часть навинчивается казенник. Обтюрация газов осуществляется посредством медного кольца, зажатого между трубой и казенником.

В казнозарядных минометах ствол оканчивается ствольным кольцом, к которому на осях крепится затвор для запирания канала ствола. Открывание-закрывание затвора осуществляется поворотом его относительно ствольного кольца. При этом затвор выходит из кольца или входит в него.

Затвор состоит из затворной рамы, пластического обтюратора, бойкового механизма и блокирующего механизма, предотвращающего выстрел при не вполне закрытом затворе.

При заряжании казнозарядного миномета ствол приводится в положение, близкое к горизонтальному. При переводе в боевое положение казенная часть ствола опускается, и затвор со ствольным кольцом входит сверху в гнездо П-образного казенника. Затвор нижней частью опирается на зеркало казенника, тем самым осуществляется запирание канала ствола.

Казенники всех минометов оканчиваются снизу шаровой пятой, соединяющей ствол с опорной плитой. В минометах калибра 82 мм ударник жестко закреплялся в дне казенника, в минометах калибра 120 мм в казеннике собран стреляющий механизм, предназначенный для производства выстрела. В крупнокалиберных минометах (160 мм и более) выстрел производится при помощи ударноспускового механизма, смонтированного в теле казенника и бойкового механизма затвора.

Стреляющий механизм (рис. 7.4) состоит из ударника, ударного механизма, спускового механизма и переключателя. Переключатель предназначен для установки бойка в жесткое или свободное положение, когда он имеет возможность переме-

шаться в осевом направлении. В этом случае при производстве выстрела поворачивается рукоятка спускового механизма. При этом ползун ударного механизма перемещается вниз и взводится боевая пружина. Когда собачка спускового механизма срывается с ползуна, освобождается и разжимается боевая пружина, которая толкает ползун вверх. Ползун ударяет по основанию бойка, который разбивает капсюльную втулку.

*Подъемный механизм* (рис. 7.5) состоит из винта и конической передачи, малая шестерня которой связана с рукояткой, а большая имеет внутри винтовую нарезку. При вращении рукоятки перемещается винт подъемного механизма относительно вращающейся большой шестерни, придавая стволу углы возвышения. Для направления винта и защиты от повреждения служит кожух.

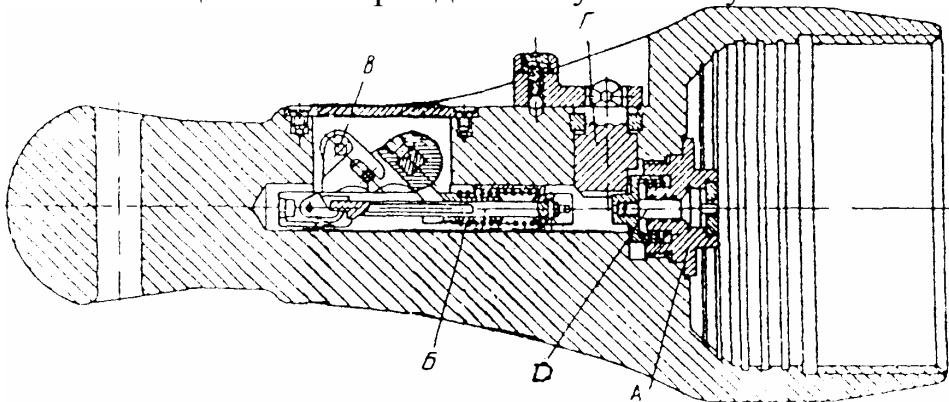


Рис. 7.4. Стреляющий механизм:  
*A* – корпус ударника; *B* – ударный механизм; *C* – спусковой механизм;  
*Г* – переключатель; *D* – боек.

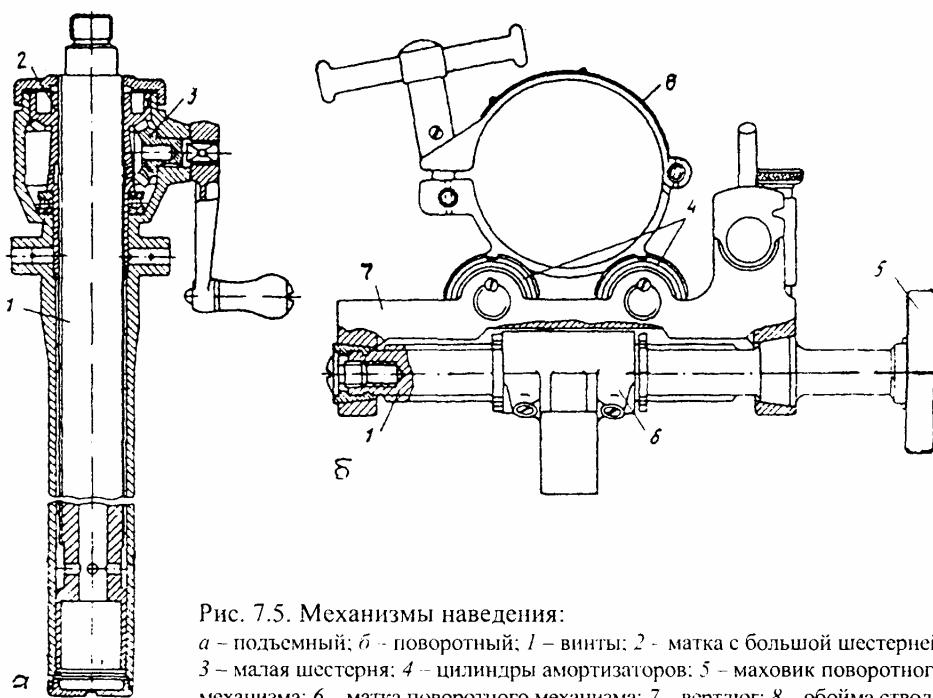


Рис. 7.5. Механизмы наведения:  
*a* – подъемный; *b* – поворотный; *1* – винты; *2* – матка с большой шестерней;  
*3* – малая шестерня; *4* – цилиндры амортизаторов; *5* – маховик поворотного механизма; *6* – матка поворотного механизма; *7* – вертлюг; *8* – обойма ствола

*Винт поворотного механизма* крепится в проушинах корпуса вертлюга, гайка (матка) - на винте подъемного механизма. При вращении рукоятки поворотного механизма винт перемещается относительно матки, тем самым, перемещая ствол отно-

сительно шаровой пяты в горизонтальной плоскости.

Крупнокалиберные минометы имеют уравновешивающий механизм пружинного типа, собранный в одной колонке с подъемным.

В казнозарядных минометах щеки казенника соединяются с амортизаторами. В минометах калибра до 120 мм непосредственно к амортизаторам крепится ствол посредством обоймы.

*Амортизаторы* состоят из цилиндров и штоков, между которыми помещается пружина. Штоки опираются на вертлюг. При выстреле ствол с казенником, затвором и цилиндрами амортизаторов перемещается назад в пределах деформаций плиты и грунта. Штоки амортизаторов остаются на месте, пружины их сжимаются, амортизируя отдачу. После выстрела система под действием разжимающихся пружин приводится в исходное положение.

*Двунога* состоит из двух труб - ног, которые оканчиваются сошниками, опирающимися на грунт. К правой ноге крепится механизм грубого горизонтирования, который служит для быстрой установки вертлюга в примерно горизонтальное положение. Для этого зажим, связанный с кожухом подъемного механизма, перемещается по ноге двуноги.

В крупнокалиберных минометах функции двуноги выполняет стрела, представляющая собой П-образную трубчатую конструкцию, соединенную с боевой осью. Фиксация ее относительно грунта осуществляется двумя забивными сошниками.

*Опорная плита* служит опорой для ствола. К ней предъявляются следующие требования: достаточная прочность и жесткость; обеспечение устойчивости миномета при стрельбе; ограниченная масса, небольшие габариты, простота изготовления.

В зависимости от конструкции различают три типа плит (рис. 7.6): мембранные, арочные и пирамидальные. Наиболее выгодной является пирамидальная конструкция.

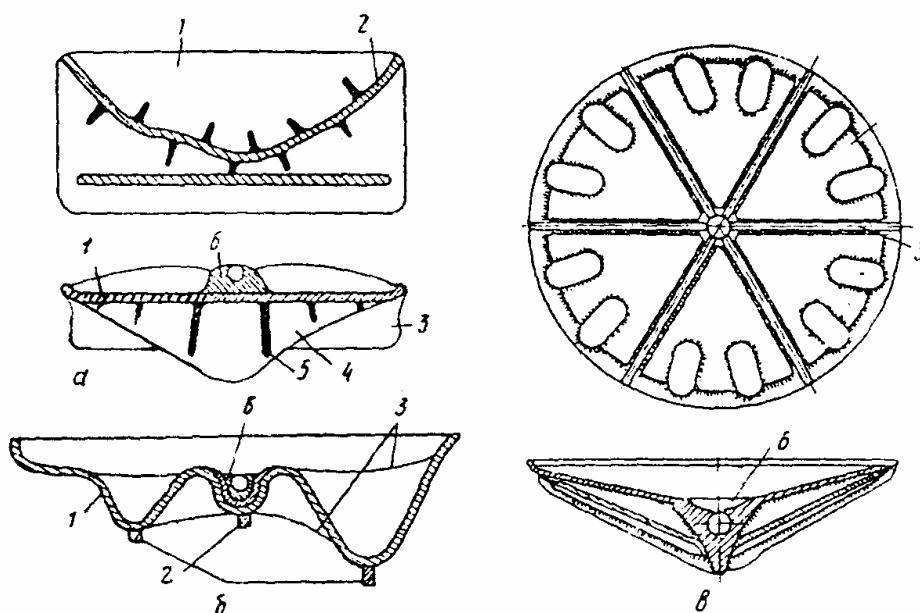


Рис. 7.6. Типы опорных плит:

а - мембранные; б - арочная; в - пирамидальная; 1 - опорный лист; 2, 4 - сошники; 3 - ребро жесткости; 5 - подпирающие ребра; 6 - шаровое гнездо

*Предохранитель от двойного заряжания* (рис. 7.7) состоит из корпуса 2, к ко-

торому на подпружиненной в осевом и окружном направлениях оси 5 прикреплены лопатка 7 и рычаг 1. Лопатка через окно A, а рычаг через дуговой паз B в стенке корпуса попаременно входят в его полость, перекрывая поперечное сечение канала.

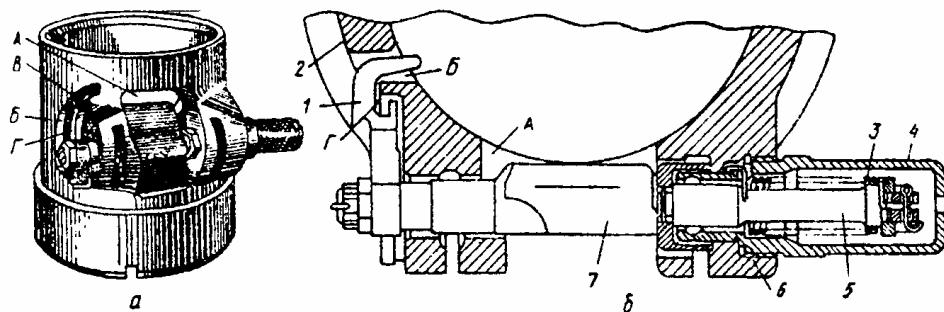


Рис. 7.7. Предохранитель от двойного заряжания:  
а – вид сзади в положении "закрыто"; б – устройство предохранителя

Перед заряжанием колпачок 4 оттягивается вправо и поворачивается против часовой стрелки. Пружина 3 при этом закручивается, рычаг находится в дуговом пазу B, перекрывая канал ствола и опираясь на выступ B опорной площадки Г; лопатка 7 стоит параллельно оси канала ствола. Пружина 4 от раскручивания удерживается шлицами 6 колпачка и корпуса. При заряжании мина своей оживальной частью отодвигает рычаг влево, перемещая ось и сжимая пружину до тех пор, пока рычаг не сойдет с выступа B и правой боковой поверхностью под действием раскручивающейся пружины ось поворачивается, вводя лопатку в канал ствола. Рычаг при этом скользит по опорной площадке Г. Лопатка частично перекрывает канал ствола, тем самым, предохраняя миномет от двойного заряжания. При выстреле газы, прорвавшиеся в зазор между стенками ствола и миной, поворачивают лопатку, освобождая проход для мины. Вместе с лопаткой поворачиваются рычаг и ось, закручивая пружину. Но рычаг не входит в полость корпуса, так как опирается на опорную площадку Г, и только в конце периода последействия он соскакивает с площадки и под действием разжимающейся пружины вместе с осью перемещается вправо, становясь нижней плоскостью на выступ B. Система приведена в исходное положение перед заряжанием.

*Боевой ход* имеют минометы калибра 120 мм и выше (рис. 7.2). Наиболее современным для 120-мм миномета является подрессоренный боевой ход, состоящий из рамы, механизма подрессоривания, сцепного устройства и колес. Подрессоривание боевого хода пружинное, собрано в кронштейнах рамы. Нагрузки на пружины с колес передаются через полуоси и кривошипы.

Кроме рассмотренных конструкций существуют минометы самоходные и автоматические, обладающие большой мощностью, подвижностью и скорострельностью.

## 7.2. БЕЗОТКАТНЫЕ ОРУДИЯ

Безоткатные орудия (динамо-реактивные пушки) предназначены для вооружения стрелковых, мотострелковых, горнострелковых и авиадесантных подразделений. Они могут решать следующие боевые задачи:

уничтожение бронированных средств (танков, САУ и др.);  
подавление и уничтожение живой силы противника в укрытиях и вне укрытий;

подавление огня противника стрельбой прямой наводкой по амбразурам;  
разрушение оборонительных сооружений противника;  
проделывание проходов в проволочных заграждениях.

Динамо-реактивные пушки (ДРП) являются легкими и маневренными артиллерийскими орудиями, в которых откат ствола при выстреле не происходит, истечения пороховых газов осуществляется через сопло в казенной части орудия (рис. 7.8).

Принцип действия ДРП следующий. При выстреле часть газов устремляется через сопло в направлении, обратном движению снаряда, создавая реактивную силу, равную силе давления пороховых газов на дно снаряда. Из этого условия назначают площадь критического (наименьшего) сечения сопла. В результате достигается динамическое равновесие (неподвижность) ствола, и отпадает необходимость в противооткатных устройствах или опорных плитах, воспринимающих энергию отката, резко уменьшается масса лафета. В ДРП лафет практически не испытывает динамических нагрузок во время выстрела и служит лишь для поддержания ствола и размещения механизмов наведения.

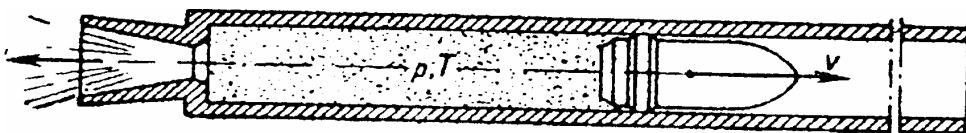


Рис.7.8. Принципиальная схема ДРП

Наряду с этим ДРП присущи и недостатки: наличие опасной зоны позади орудия из-за действия газовой струи и большие расходы пороха.

Применение ДРП целесообразно в тех случаях, когда требование большой мощности при малой массе является решающим.

Основные характеристики современных безоткатных орудий: калибр от 57 до 120мм, масса в боевом положении 50...310 кг, бронепробиваемость кумулятивным снарядом по нормали до 400 мм; дальность прямого выстрела по танкам 400...800 м. эффективная -1000... 1500 м, максимальная - до 7000 м.

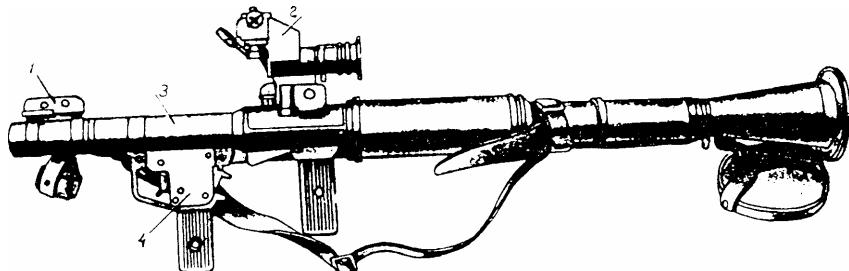


Рис. 7.9. Ручной гранатомет:  
1 – механический прицел; 2 – оптический прицел;  
3 – ствол; 4 – ударно-спусковой механизм.

В настоящее время существует несколько вариантов ДРП. Простейшие их типы - ручные и станковые противотанковые гранатометы. Они являются одним из

самых мощных средств ближнего боя.

Ручные гранатометы (калибр 40...65 мм) состоят из тонкостенной трубы с рукояткой, в которой монтируется ударноспусковой механизм, и прицельного приспособления. Стрельба из них ведется с плеча кумулятивными надкалиберными гранатами на дальность порядка 100 м (рис. 7.9).

Станковые гранатометы (калибра 80...90 мм) имеют дополнительно ходовую часть и предназначены для поражения бронированных целей на дальностях до 1500 м. Стрельба из них ведется калиберными кумулятивными гранатами.

Безоткатные орудия в общем случае состоят из следующих составных частей: ствола с затвором, станка с механизмами наведения, колесного хода, подрессоривания и прицельных приспособлений (рис. 7.10).

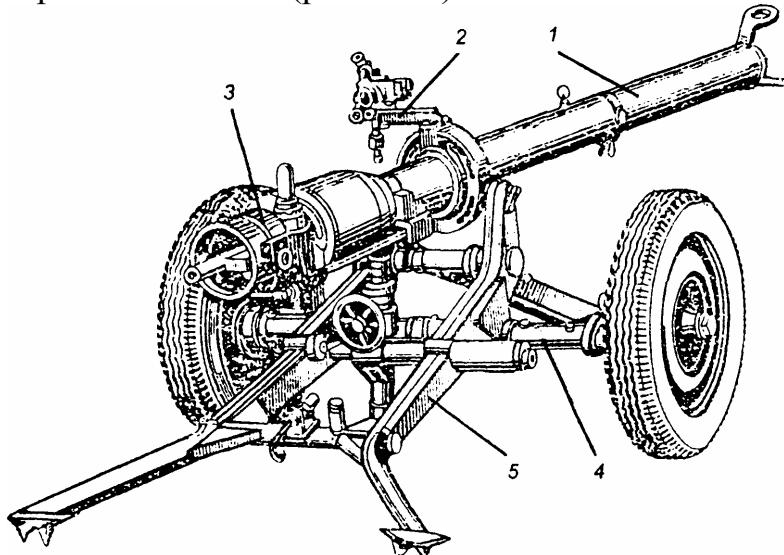


Рис. 7.10. Безоткатное орудие:  
1 - ствол; 2 – прицел; 3 – затвор; 4 ход с подрессорированием;  
5 –станок с механизмами наводки.

Стволы безоткатных орудий могут быть гладкостенными и нарезными. Нарезные стволы не нашли широкого применения. Заряжается орудие с казенной части, для чего предусмотрен затвор. Заряжение может быть гильзовое или безгильзовое. Гильза, как правило, перфорированная, то есть имеет многочисленные отверстия. Чтобы порох не высыпался, эти отверстия закрываются тонкой пленкой. Если есть отверстие в дне (поддоне), оно закрывается специальным диском форсирования из плотного картона или пластмассы, создающим в начале выстрела замкнутый объем, тем самым обеспечивая стабильность баллистики и более полное использование порохового заряда.

При безгильзовом заряжании пороховой заряд размещается, как и у мин, на длинной трубке стабилизатора. Воспламенение заряда осуществляется от капсюльной втулки или с помощью электrozапальных устройств.

Ствол безоткатного орудия состоит из трубы, каморы и затвора. Иногда труба составляется из двух частей: дульной и казенной, соединяемых при помощи специальной муфты. Камора располагается в казенной части ствола, служит для размещения зарядного устройства с зарядом и представляет собой полый цилиндр, имеющий внутри четыре полозка для направления выстрела при заряжании. Камора соединяется с трубой на резьбе.

Ствол шарнирно соединяется со станком при помощи специального штыря,

входящего в гнездо станка, или цапфенной обоймы, позволяющей стволу поворачиваться в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Прицельные приспособления, соответственно, крепятся на специальном кронштейне или непосредственно на обойме. В дульной части ствола имеются рукоятки для перекатывания орудия вручную, а на системах крупного калибра - еще и шворневая балка для соединения с тягачом на походе.

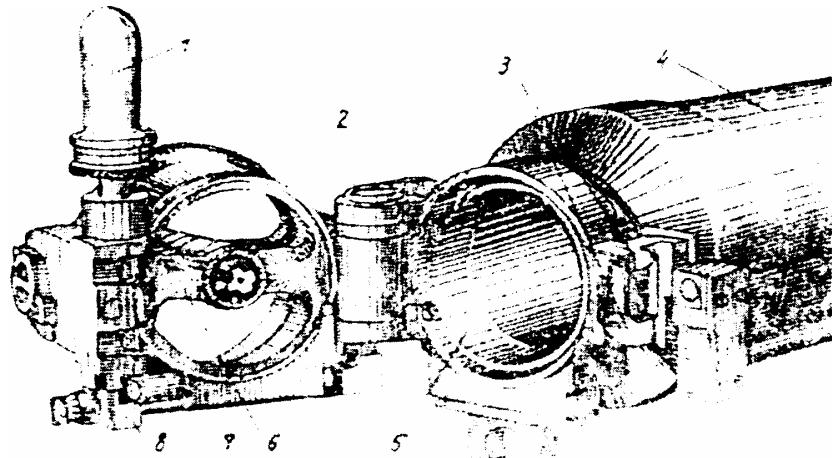


Рис. 7.11. Затвор безоткатного орудия:

1 - рукоятка; 2 - ось; 3 - запирающие выступы; 4 - ствол; 5 - ствольное кольцо;  
6 - регулирующее кольцо; 7 - затворная рама; 8 - запирающий стержень

На камору ствола навинчивается казенник, к которому крепится затворная рама, спусковое и удерживающее устройства.

Затвор предназначен для производства выстрела и обеспечения безоткатности орудия. Он состоит из затворной рамы с обтекателем или регулирующим кольцом, взводящего, стреляющего, спускового и запирающего механизмов. При применении зарядного устройства или гильзы затвор имеет выбрасывающий механизм. Все механизмы затвора собраны в его раме.

Отверстия казенника и затворной рамы с обтекателем или регулирующим кольцом образуют сопловый тракт, причем обтекатель (или кольцо) служит для обеспечения постоянства площади критического сечения сопла, которая увеличивается вследствие разгаря.

Назначение и работа механизмов затвора аналогичны для ДРП и обычных орудий, хотя механизмы затвора ДРП проще по конструктивному выполнению (рис.7.11).

Станок безоткатных орудий служит для придания стволу необходимых углов наведения и различных высот линии огня. На системах малого калибра он состоит из треноги и механизмов наведения, большого калибра - из рамы с механизмами подпрессоривания, механизмов наведения и стрелы.

Механизмы наведения могут быть червячного и винтового типов с приводом в виде цепной или зубчатой передачи. Кроме того, для грубой наводки ствола в вертикальной плоскости и увеличения диапазона углов возвышения применяются специальные механизмы грубого вертикального наведения или стрела.

Колесный ход у орудий, перевозимых только вручную и не имеющих подпрессоривания, состоит из оси, на которой крепится ствол или станок, и двух колес. У

орудий с подрессориванием боевой ход аналогичен боевому ходу минометов и обычных орудий. Подрессоривание торсионного типа.

В заключение отметим, что в целях совершенствования боевых характеристик минометов и гранатометов ведутся работы по их автоматизации (82-мм автоматический миномет, 40-мм автоматический гранатомет), а также по созданию самоходных образцов (240-мм самоходный миномет).

### 7.3. НЕТРАДИЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ МОГУЩЕСТВА СТВОЛЬНОЙ АРТИЛЛЕРИИ

Могущество ствольной артиллерии определяется, прежде всего, начальной скоростью снаряда, от которой зависит и дальность стрельбы, и эффективность бро-небойных снарядов.

Решение задачи о движении снаряда в канале ствола показывает, что энергия пороховых газов затрачивается не только на приданье скорости поступательного движения снаряду, но и на так называемые второстепенные работы: движение пороховых газов, вращение снаряда, тепловые потери и т. п. Для простоты учета работ вводят понятие о коэффициенте фиктивности массы снаряда:

$$\varphi \approx (1,02 - 1,05) + \frac{1}{3} \frac{\Phi}{m}, \quad (7.1)$$

где  $\omega$  - масса навески пороха;

$m$  - масса снаряда.

Таким образом, считают, что пороховые газы толкают снаряд массой  $\varphi m$ . Можно показать, что, увеличивая массу навески  $\omega$  до бесконечности, при существующих ограничениях на ствол и КПД орудия максимальная скорость снаряда приблизится к 2500 м/с. В связи с этим поиск путей увеличения начальной скорости снарядов, условно говоря, связан с поиском уменьшения коэффициента фиктивности массы снаряда.

#### 7.3.1. Легкогазовые пушки

В твердотопливных ракетах применяются пороховые смеси, энергетика которых на 20...25 % выше, чем у бездымных порохов, традиционных для артиллерии. Подобные смеси начинают применяться и в артиллерию. Так, замена пороха метательной смесью в американском 40-мм самоходном зенитном орудии ЗСЦМ247 "Сержант Йорк" позволила при увеличении массы снаряда с 880 г до 980 г одновременно повысить его начальную скорость с 1025 м/с до 1060 м/с.

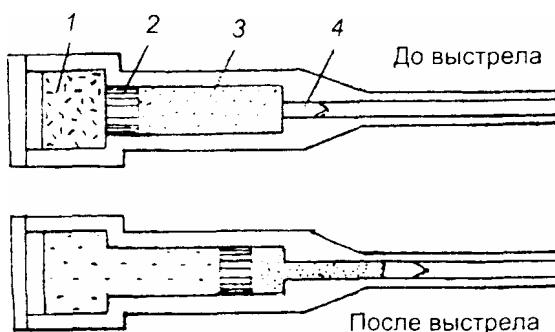


Рис. 7.12. Схема действия легкогазовой пушки.

Развитием этой идеи является разработка легкогазовых пушек, в которых в качестве рабочего тела используется водород либо гелий. Водород почти в 15 раз легче пороховых газов (гелий в 2,6 раза тяжелее водорода), но взрывоопасен. Легкогазовые пушки могут конструироваться по нескольким схемам. Наиболее реалистичной является двухступенчатая схема (рис. 7.12).

Начальная энергия создается сгоранием обычного порохового заряда, который толкает поршень, а тот сжимает легкий газ, создавая в нем высокие давления и температуру. По достижении определенного давления легкий газ пробивает мембрану и начинает толкать снаряд.

Испытывается и другая схема, при которой предварительно сжатый до незначительного давления легкий газ затем разогревается за счет дугового электрического разряда (электротермические пушки). И, наконец, имеется еще одно решение: в камеру с легким газом впрыскиваются керамические гранулы размером в 300... 400 мкм, плотностью энергии до 1000 МДж/м, разогретые до высокой температуры. Гранулированные нагреватели позволяют довести водород до требуемой температуры и обеспечить давление в 105... 140 МПа. Реальные достижения легкогазовых пушек, довольно громоздких либо требующих мощных источников электрической энергии: для снаряда массой 1,8 г скорость 7000 м/с, а для снаряда массой 10-4000 м/с.

Итак, легкогазовые пушки основаны на том, что при примерно одинаковой с пороховыми газами удельной энергоемкости они легче последних, в высокоскоростных пушках на порядок уменьшается коэффициент фиктивности массы снаряда. Однако пока не удается при приемлемых габаритах и массе нагнетающих энергию устройств достичь температуры и давления рабочего тела, соизмеримых с температурой и давлением в газопороховой смеси. Поэтому легкогазовые пушки используются сегодня только для изучения гиперскоростного удара в лабораторных условиях, в том числе при стрельбе по головным частям ракет.

### 7.3.2. Электромагнитные пушки

Дальнейшее развитие идеи уменьшения коэффициента фиктивности масс за счет уменьшения плотности рабочего тела приводит к решению вообще отказаться от вещественного энергоносителя и толкать снаряд невесомым полем, прежде всего, электромагнитным.

Вопрос о создании подобного оружия не ставился до тех пор, пока сотрудники Австралийского национального университета не получили первые положительные результаты. На экспериментальной установке они сумели придать снаряду массой 10 г гиперзвуковую скорость около 6000 м/с благодаря применению электромагнитного накопителя с энергией 50 МДж (обратим внимание, что КПД  $\eta = 0,0036$ ). Впоследствии результаты, полученные в Австралийском национальном университете, вызвали большой интерес в США, где с 1980 года начались интенсивные исследования в этой области. Проведенные эксперименты показали, что с помощью ЭМП можно не только разгонять небольшие тела массой в несколько граммов, но и сообщать большие ускорения снарядам обычного типа. Военные специалисты поставили вопрос об изучении возможности использования ЭМП в качестве основного вооружения танков.

Физический принцип электромагнитного разгона достаточно прост и основан на том, что проводник длиной  $l$ , по которому течет ток силой  $I$ , испытывает в ортогональном магнитном поле с индукцией  $B$  действие Лоренцевой силы  $F$  (рис. 7.13). Взаимосвязь указанных параметров выражается формулой:

$$F = IBl. \quad (7.2)$$

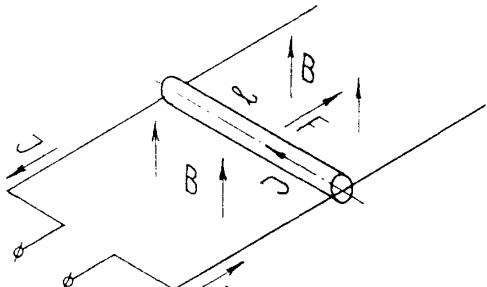


Рис. 7.13 Физический принцип электромагнитного ускорения.

Как видно из формулы, величина движущей силы в реальности зависит от силы тока и индукции магнитного поля. Размер  $l$  в нашем случае представляет собой калибр снаряда, поэтому не может варьироваться произвольно и не оказывает существенного влияния на величину ускоряющей силы. В свою очередь, индукция магнитного поля, создаваемого электромагнитом, пропорциональна протекающему току. Следовательно, сила, толкающая снаряд в электромагнитной пушке, пропорциональна квадрату потребляемого тока.

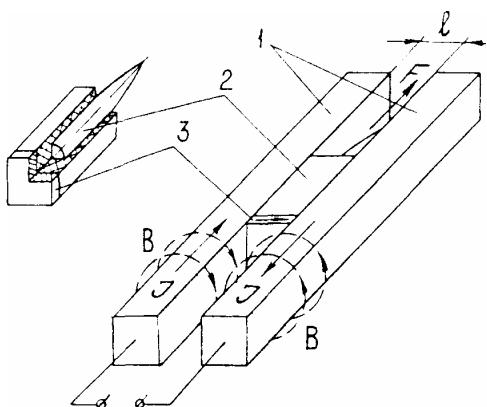


Рис. 7.14 Схема рельсовой электромагнитной пушки.

Для создания экспериментальных установок высокоскоростного метания исследуется большое количество разнообразных схем электромагнитного разгона с использованием как переменного, так и постоянного тока. Однако можно выделить три основных типа: рельсовые (контактные) пушки; индукционные (коаксиальные); комбинированные.

Электромагнитная рельсовая пушка (рис. 7.14) состоит из двух жестких параллельных рельсов 1, служащих одновременно направляющей для движения снаряда, и токоведущими шинами, проводящими ток в прямом и обратном направлениях. Между рельсами помещен снаряд 2 в обойме, имеющей токопроводящий элемент 3, замкнутый на оба рельса. В таком виде рельсовая пушка фактически представляет собой линейный электрический двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением. При этом рельсы являются одновитковой обмоткой статора, а обойма со снарядом служат якорем.

Токопроводящий элемент якоря не обязательно должен быть твердым металлическим проводником. Более того, удовлетворительный контакт твердого якоря с рельсами наблюдается при скоростях движения снаряда не выше 1...3 км/с. Для достижения гиперскоростей считается перспективным использование плазменного яко-

ря. Механизм его образования следующий. При протекании через якорь большого тока (его величина может достигать нескольких мегаампер) металлический слой обоймы снаряда, разогреваясь, испаряется, превращаясь в облако токопроводящей плазмы. Образовавшийся плазменный якорь толкает обойму со снарядом.

Допускаемая величина тока в рельсовых ЭМП ограничивается в основном тремя факторами:

прочностью и жесткостью рельсовых направляющих под действием импульсных магнитных сил, раздвигающих рельсы;

силовыми инерционными нагрузками на обойму со снарядом;

оплавлением и эрозией рельсов в результате их нагрева и бомбардировки частицами плазмы.

В качестве достоинств рельсовых ЭМП специалисты отмечают большую ускоряющую силу, позволяющую при приемлемой длине ствола достичь высоких начальных скоростей снаряда. Недостатком является относительно малый КПД преобразования электрической энергии в кинетическую энергию снаряда. Значение этой характеристики колеблется в пределах 15...20%, что, однако, не хуже эффективности современных пороховых орудий.

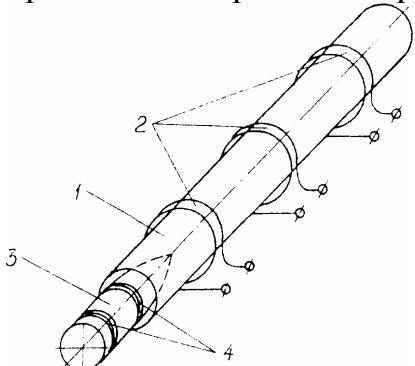


Рис. 7.15. Схема коаксиальной электромагнитной пушки

Параллельно с рельсовыми пушками в исследовательских лабораториях разных стран проводятся научные эксперименты с электромагнитными пушками индукционного типа, в которых вместо рельсов используются соленоиды. Ствол такой пушки (рис. 7.15) состоит из направляющей трубы 1, окруженной рядом стационарных катушек ускорителя 2. Эти катушки по мере продвижения снаряда последовательно включаются в цепь возбуждения, создавая бегущее электромагнитное поле. Металлический снаряд 3, помещенный в неоднородное поле внешнего соленоида, испытывает силу магнитного давления, которая выталкивает его из района повышенной напряженности магнитного поля в направлении ее уменьшения.

Другая конструкция предполагает наличие вторичной катушки 4 на самом снаряде (схема с коаксиальными катушками). Индуцируемый во вторичной катушке снаряда ток создает магнитное поле, которое при взаимодействии с меняющимся магнитным полем соленоида ствола придает снаряду необходимое ускорение.

Основное преимущество индукционных ЭМП - отсутствие электрического и механического контактов между ускоряющими соленоидами и снарядом, что существенно повышает долговечность ствола. По сравнению с рельсовыми пушками наличие многовитковых ускоряющих катушек индукционных ЭМП и, как следствие, высокая концентрация магнитного поля в зоне нахождения разгоняющегося снаряда позволяет на порядок снизить величину потребляемого тока. Кроме того, индукционные системы обладают более высоким КПД выстрела, который реально может достигать 40...45 %.

Конструкции комбинированных ЭМП сочетают в себе отдельные элементы рельсовых и индукционных схем. При их создании разработчики стремятся нейтрализовать главные недостатки базовых вариантов и достичь наилучшего сочетания основных достоинств. Речь, в первую очередь, идет о достижении большой ускоряющей силы при сохранении высокого КПД преобразования электрической энергии в кинетическую энергию снаряда.

Проблема разработки электромагнитных пушек неразрывно связана с созданием специального электрического источника для энергообеспечения стрельбы. Главная сложность состоит в том, что в момент разгона снаряда необходимо развить мощность порядка нескольких гигаватт. В современной технике такие мощности генерируются только на крупных электростанциях. К счастью, импульс такой мощности является кратковременным, так что в промежутках между выстрелами энергия внешнего источника концентрируется в накопителе и затем периодически разряжается на ЭМП в виде кратковременных электрических импульсов миллисекундной длительности. Электрические параметры энергии, потребляемой ЭМП, имеют следующий порядок величин: напряжение питания - киловольты потребляемый ток - от сотен килоампер до нескольких мегаампер в зависимости от типа ускорителя.

В качестве накопителей энергии, способных удовлетворить широкий диапазон предъявляемых специфических требований, могут найти практическое применение униполярные генераторы (УПГ), конденсаторные батареи, магнитогидродинамические генераторы, генераторы сжатия магнитного потока и некоторые другие.

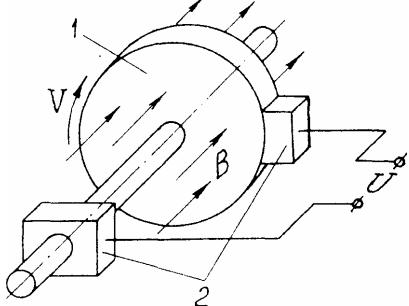


Рис.7.16. Принципиальная схема униполярного генератора

Униполярные генераторы рассматриваются в настоящее время как наиболее вероятный тип накопителя энергии для рельсовых ЭМП военного назначения. Принцип действия УПГ иллюстрируется схемой на рис. 7.16. Металлический ротор 1 в виде диска вращается в магнитном поле, силовые линии которого параллельны оси вращения. При этом радиальные участки диска можно рассматривать как веер проводников, пересекающих магнитные силовые линии. В результате, согласно закону Фарадея, происходит разделение электрических зарядов, и возникает разность потенциалов между осью диска и его периферией. Генерируемая ЭДС снимается щетками 2. Вследствие чрезвычайно малого внутреннего сопротивления диска величина тока может быть очень большой. К сожалению, УПГ имеют, как правило, низкое выходное напряжение и непригодны для непосредственного питания рельсовых ЭМП. Однако их можно использовать для возбуждения промежуточного индуктивного преобразователя.

Для вращения маховика УПГ удобно задействовать маршевый двигатель самоходного артиллерийского орудия, так как при стрельбе оно не находится в движении. Оценочные расчеты показывают, что для питания ЭМП средней мощности с приемлемой скорострельностью приводной двигатель должен иметь постоянную мощность 2...3 МВт. Это лишь вдвое больше того, что имеют современные танковые

двигатели, а, учитывая тенденции роста их мощности и повышения КПД электромагнитных пушек и преобразователей электроэнергии, можно надеяться на практическую реализацию указанной схемы энергообеспечения.

Достоинства электромагнитных пушек, вытекающие из высокой скорости метания (до 11 км/с и более), позволяют при той же кинетической энергии снаряда сократить его массу и габариты. Последнее, в свою очередь, приводит к увеличению возможного боекомплекта, возможности создания более простых и эффективных автоматов заряжания. К тому же повышается вероятность попадания в подвижные высокоманевренные цели вследствие малого полетного времени снаряда.

Среди специфических недостатков ЭМП отметим наличие сильных электромагнитных полей в процессе накопления энергии и в момент выстрела, а также значительное тепловое излучение высокомощных двигателей. Это приводит к демаскированию орудия в электромагнитном и инфракрасном диапазонах. Опасения вызывает также воздействие сильного электромагнитного излучения на экипажи машин.

### 7.3.3. Многокамерные орудия

Следующее направление при попытке исключить или уменьшить влияние перемещения заряда на величину начальной скорости снаряда заключается в том, чтобы сделать пороховые газы неподвижными или уменьшить скорость их движения. Этого можно достичь, если объемы в канале ствола, освобождаемые при движении снаряда, заполнять не за счет перемещения газопороховой смеси вслед за снарядом, а за счет притока дополнительных газов непосредственно в зону сразу за дном снаряда.

Практическая реализация этой идеи возможна в двух вариантах. В первом – непрерывно распределенный пороховой заряд заменяется дискретным, в виде дополнительных пороховых камер 2, присоединенных к стволу 1 на равных расстояниях (рис. 7.17).

Идея многокамерного орудия родилась еще в 80-е годы XIX века. Поскольку тогда сведения из внутренней баллистики были еще очень скучны, это решение, по-видимому, предлагалось как альтернатива прогрессивному горению пороха.

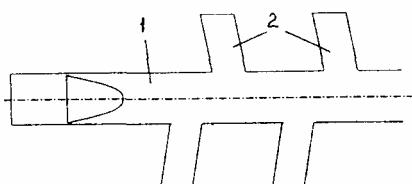


Рис. 7.17. Схема многокамерного орудия

Реальную попытку построить сверх дальнобойную пушку многокамерного типа предприняли немцы во время второй мировой войны.

По предложению и проекту инженера В. Кондреса недалеко от города Кале стали собирать суперпушку для обстрела Лондона. 150-мм снаряд, выстреливаемый из 150-метрового ствола, должен был иметь начальную скорость 1500 м/с. По расчетам В. Кондреса две батареи по 25 стволов в каждой должны были за пять часов доставлять к цели взрывчатки больше, чем ракеты за сутки. При этом доставка должна была обходиться существенно дешевле. Достроить эти орудия немцы не успели.

Следующая попытка осуществить многокамерную суперпушку принадлежит

известному талантливому канадскому ученому и конструктору-артиллеристу Джеральду Бюллю, по проекту которого снаряд массой 1.2 т должен был выстреливаться из ствола калибром 1 метр и длиной 160 м. С помощью 15 дополнительных камер он должен был развивать начальную скорость в 2400 м/с.

Проекту не суждено было осуществиться. 20 марта 1990 г. Джеральд Бюлль был застрелен предположительно агентами израильских спецслужб.

Другое направление в реализации этой идеи - в привязном заряде, то есть заряде, движущемся вместе со снарядом. В этом случае желательно иметь прогрессивно сгорающий заряд, обеспечивая давление в канале ствола постоянным. Этот вариант близок по принципу действия ракете, но, во-первых, здесь нет необходимости иметь прочный корпус для двигателя, представляющий собой пористую массу, его роль исполняет неподвижный ствол.

Ствол поэтому может иметь весовые и прочностные параметры обычных артиллерийских орудий, и в нем давление может быть на два порядка выше, чем в корпусе реактивного двигателя. Соответственно, на два порядка будет меньше и путь, на котором снаряд получает ускорение. Поскольку разгон снаряда осуществляется полностью в стволе, рассеивание снарядов будет соответствовать рассеиванию снарядов ствольной артиллерии, то есть существенно меньше, чем у управляемых реактивных снарядов.

Отметим также, что в обоих случаях скорость снаряда не ограничена теоретически и зависит только от допустимых параметров ствола - длины и выдерживаемого им максимального давления.

#### **7.3.4. Орудия на жидкких метательных веществах**

Появление ракетной техники и накопление опыта эксплуатации ракетных топлив подвело к мысли о возможности применения жидкких метательных веществ (ЖМВ) и в ствольной артиллерии.

Анализ перспектив использования ЖМВ в артиллерийских системах позволял сформулировать следующие основные их преимущества перед порохами:

существенное увеличение дульной скорости снаряда за счет повышенной удельной мощности (силы пороха), наличия у некоторых композиций ЖМВ более легких, чем у порохов продуктов сгорания, а также за счет повышения коэффициента заполнения индикаторной диаграммы (площади под кривой внутрибаллистического процесса в координатах давление газа - путь снаряда по каналу ствола) (рис.7.18);

повышение живучести стволов вследствие снижения пиковых давлений газа и уменьшения температуры горения топлива;

изменение дальности стрельбы совместным варьированием углами возвышения ствола и бесступенчатым дозированном заряда открывает широкие возможности маневра траекториями полета снаряда и обеспечит высокоэффективное компьютеризированное управление огнем;

размещение ЖМВ в баках произвольной формы, находящихся в труднодоступных местах, позволяет увеличить возимый боекомплект орудия и повысить плотность заполнения внутреннего объема боевых машин;

раздельное хранение жидкких компонентов зарядов снижает пожароопасность

и создаст условия для повышения живучести у орудий;

удешевление производства метательных зарядов и упрощение материально-технического снабжения, связанного с транспортировкой и хранением ЖМВ.

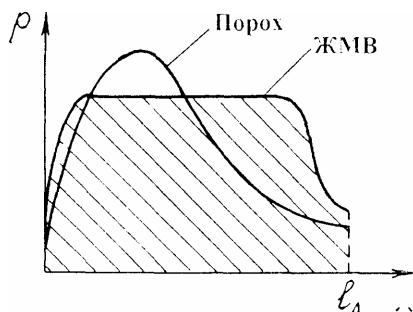


Рис. 7.18. Индикаторные диаграммы.

Ожидаемые выгоды от реализации хотя бы части этих достоинств будут настолько значительны, что окупят все расходы, связанные с разработкой новой технологии и существенно расширят возможности ствольной артиллерии.

Для применения в артиллерийских системах рассматриваются жидкие метательные вещества двух типов: однокомпонентные и двухкомпонентные. Однокомпонентные представляют собой горючие вещества, действующие на принципе межмолекулярных реакций либо реакций каталитического разложения. Они в свою очередь подразделяются на простые и сложные системы. К простым относятся химические соединения, например, гидразин или изопропилнитрат, а к сложным относятся смеси типа гидразин-гидразинмононитрат, которые при обычной температуре в реакцию не вступают.

Двухкомпонентные ЖМВ подразделяются на самовоспламеняющиеся и несамовоспламеняющиеся. В первых системах оба компонента при смешивании вступают друг с другом в спонтанную реакцию, во вторых - реакция протекает очень медленно и, следовательно, как и в случае однокомпонентных топлив, требуется система воспламенения с внешним инициирующим энергетическим импульсом. Примером самовоспламеняющейся системы служит гидразин + азотная кислота, несамовоспламеняющейся - керосин + азотная кислота.

Для воспламенения топлива в каморе орудия возможно применение пиротехнических средств, электрического разряда, микроволн, лазерного луча, адиабатического сжатия. Считается, что наиболее удобным средством воспламенения являются лазерный луч или электрический разряд.

В отличие от обычных пороховых зарядов подача жидкиметательных зарядов в камору орудия возможна только с помощью специализированных гидравлических систем. При этом различают два основных способа:

подача в камору с помощью насоса сразу всей массы топлива до производства выстрела. Этот способ называют объемным заряжанием;

постепенное впрыскивание необходимой массы метательного заряда в процессе производства выстрела. Такой способ подачи носит название инжекционного и предусматривает постоянное присутствие в каморе сгорания лишь небольшого количества несгоревшего топлива в каплеобразном состоянии.

Конструктивная реализация вышеназванных способов заряжания привела к разработке нескольких вариантов систем подачи топлива в камору сгорания (рис. 7.19). Наиболее простыми являются схемы подачи топлива в случае объемного за-

ряжания, при этом подача осуществляется с помощью силового агрегата непосредственно в камору орудия. Для однокомпонентных топлив требуется гидросистема, состоящая из резервуара 1, насоса-дозатора 2 и обратного клапана 3 (рис. 7.19, а), а для двухкомпонентных - по одной подобной гидросистеме на каждый компонент топлива. В последнем случае необходимо обеспечить тщательное перемешивание горючего с окислителем в каморе сгорания.

Для обеспечения инжекционного заряжания впрыск топлива в камору должен производиться под давлением, превышающим давление газов в процессе выстрела ( $\sim 300\ldots400$  МПа). Получение такого давления совместно с необходимостью обеспечения высокого расхода горючей жидкости ( $\sim 2\ldots5$  м<sup>3</sup>/с) при помощи постороннего привода потребовало бы чрезвычайно сложной, громоздкой и энергоемкой аппаратуры. Приемлемым техническим решением оказалось применение дифференциального поршня, использующего давление продуктов сгорания в каморе ствола.

Метод дифференциального поршня известен в гидравлике и основан на том, что равновесие свободного поршня, имеющего различные площади на его торцах (с одной стороны из площади вычитается площадь штока), обеспечивается обратно пропорциональным соотношением давлений в поршневой и запоршневой полостях.

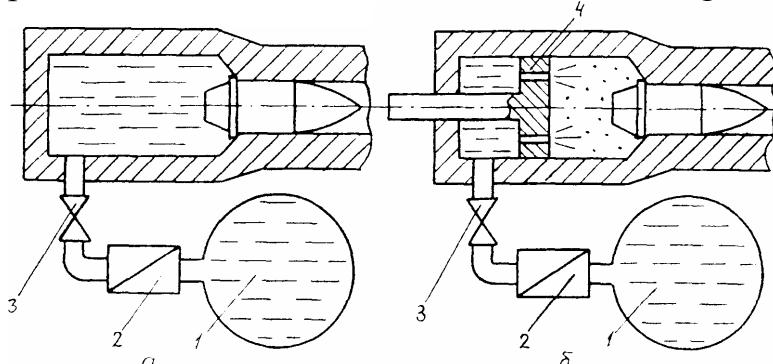


Рис. 7.19. Схемы систем заряжания ЖМВ

Таким образом, при инжекционной подаче однокомпонентного топлива (рис. 7.19, б) доза жидкости заряжается силовым агрегатом в запоршневую полость. С началом горения в каморе, заключенной между дном снаряда и поршнем 4, возникает давление газов, действующих на поверхность последнею. За счет эффекта дифференциального поршня происходит мультипликация давления жидкого топлива в запоршневом пространстве, и оно под действием повышенного давления впрыскивается через форсунки, расположенные в поршне, в камору сгорания, самопроизвольно поддерживающая процесс выстрела.

Метод инжекционной подачи в одинаковой мере применим как для однокомпонентных, так и для самовоспламеняющихся и несамовоспламеняющихся двухкомпонентных топлив. В последнем варианте система подачи должна содержать два дифференциальных поршня и два силовых агрегата заправки.

Экспериментальные работы по выбору той или иной концепции и практической реализации использования жидких метательных веществ в ствольной артиллерии ведутся в разных странах весьма активно, однако созданию боевых артиллерийских систем на ЖМВ должно предшествовать решение еще ряда научных и технических проблем.

### 7.3.5. Орудия с выкатом ствola

Системой с выкатом называется орудие, у которого откатные части к моменту начала процесса выстрела имеют определенную скорость (скорость выката), благодаря чему часть работы силы давления пороховых газов на дно канала ствола ( $P_{\text{кн}}$ ) затрачивается на торможение движения откатных частей вперед до их полной остановки, и лишь оставшаяся часть работы силы  $P_{\text{кн}}$  идет на перемещение откатных частей назад в исходное положение. Это приводит к существенному уменьшению энергии отката, которую должны поглотить противооткатные устройства орудия после выстрела.

Наиболее эффективное использование этого принципа теоретически позволяет вдвое уменьшить скорость движения откатных частей орудия с выкатом по сравнению со скоростью отката классического орудия при одинаковых баллистических и весовых характеристиках откатных частей.

Принцип работы орудия с выкатом ствola иллюстрируется схемой (рис. 7.20).

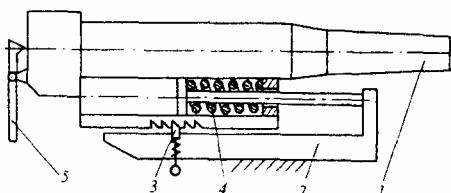


Рис. 7.20. Схема орудия с выкатом ствola

Перед выстрелом откатные части 1 орудия находятся в крайнем заднем положении и зафиксированы относительно люльки 2 стопором 3.

Для производства выстрела откатные части снимаются со стопора, после чего накатник 4 толкает их вперед (происходит выкат).

На последнем участке работы накатника по разгону откатных частей происходит автоматический спуск ударника 5 и воспламенение заряда.

С началом движения снаряда сила  $P_{\text{кн}}$  резко замедляет перемещение откатных частей вперед, а затем разгоняет их назад (происходит откат). Откат тормозится накатником, а в некоторых схемах еще и тормозом отката. После каждого выстрела откатные части возвращаются в крайнее заднее положение и в неавтоматических орудиях ставятся на стопор.

Цикл изменения скорости откатных частей орудия с выкатом ствola графически изображен на рис. 7.21.

Принциональной особенностью функционирования орудий с выкатом ствola является то, что классический порядок следования элементов цикла "откат-накат" изменен на обратный так, что откатные части вначале накатываются, а затем откатываются назад.

Если пренебречь трением, работа силы  $P_{\text{кн}}$  распределяется на две части; одна - на торможение выката, а другая - на откат для взвешения накатника. Вследствие этого, как указано ранее, скорость отката может быть уменьшена в два раза, а энергия отката может быть уменьшена в четыре раза по сравнению с аналогичными орудиями, выполненными по классической схеме.

Уменьшение энергии отката в системах с выкатом позволяет на 75 % сократить длину отката или силу сопротивления откату, последнее, в свою очередь, существенно снижает вес орудия в боевом положении. Кроме того, значительно повышается темп стрельбы автоматических пушек.

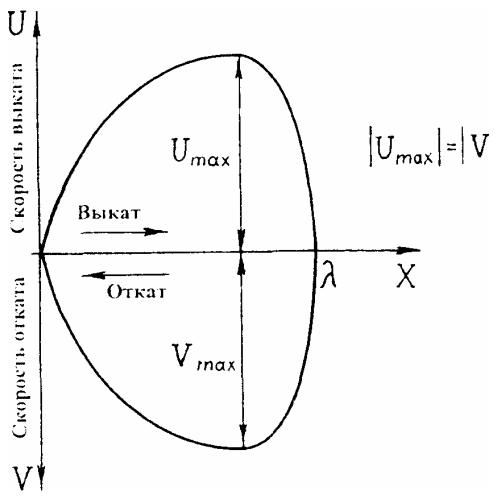


Рис. 7.21. График скоростей выката и отката

Отсутствие отката ствола назад относительно исходного положения позволяет уменьшить высоту линии огня и тем самым дополнительно повысить устойчивость орудия при стрельбе.

Наряду с неоспоримыми преимуществами орудия с выкатом ствола обладают и рядом недостатков, препятствующих широкому использованию этого принципа в ствольной артиллерию. Лишь перечислим основные из них:

пониженнная кучность стрельбы вследствие вылета снаряда из возмущенного ствола;

необходимость предварительного взвода накатника перед первым выстрелом (особенно нежелательная при открытии огня по неплановой цели);

в случае осечки происходит жесткий удар в конце выката, а при затяжном выстреле еще и удар в конце отката, как результат воздействия на лафет энергии откатных частей.

Перечисленные недостатки не являются фатальными, а служат лишь исходными точками, указывающими на направление конструкторской мысли, и ждут для своего устранения оригинальных технических решений.

## **8. АВТОМАТИЧЕСКАЯ АРТИЛЛЕРИЯ МАЛЫХ КАЛИБРОВ**

Автоматическую артиллерию малых калибров условно можно разделить на две укрупненные группы:

малокалиберные автоматические пушки (МАП) с калибрами от 20 до 57 мм;

стрелковое оружие, включающее в себя широкий спектр различных видов (ружья, винтовки, пистолеты и револьверы, автоматы, пулеметы, а также гранатометы) и являющееся наиболее массовым индивидуальным и групповым оружием.

Обе группы имеют схожую структуру механизмов, единые подходы в проектировании и производстве, поэтому их описание объединено в одну главу.

### **8.1. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАП**

МАП в настоящее время применяются во всех родах войск, обеспечивая эффективное решение широкого круга боевых задач. МАП уступают многим видам вооружения в дальности стрельбы и могуществе поражающего действия, но выгодно отличаются быстрой реакцией, высокой скорострельностью, универсальностью и многократностью использования, повышенной надежностью и сравнительной простотой боевого применения и обслуживания.

По специфике условий и характеру боевого применения можно выделить три большие группы малокалиберного артвооружения (рис. 8.1).

**Авиационные МАП.** Авиационные образцы имеют некоторые различия в зависимости от их носителей.

Для истребителя, оснащенного управляемым ракетным оружием. МАП является оружием ближнего боя, позволяющим эффективно поражать различные воздушные цели на дистанции до 500 м в условиях ограниченности времени стрельбы, значительных ошибок прицеливания, интенсивного маневрирования.

В задачу МАП фронтовой авиации входит поражение воздушных и наземных целей. Это приводит к необходимости применять снаряды с повышенной мощностью действия, иметь увеличенный боекомплект и использовать стрельбу на большие расстояния. Значительно расширяются возможности таких носителей при применении подвижных установок МАП.

**Установки МАП бомбардировщиков и транспортных самолетов** предназначены для защиты носителей от истребителей и ракет. Основным требованием, предъявляемым к этим МАП, является высокая плотность огня (темп до 10000 выстрелов в минуту).

**Зенитные МАП.** Применяются в сухопутных войсках и кораблях ВМФ в качестве средств противовоздушной и противоракетной обороны ближнего рубежа. Стрельба ведется на большие дальности (до 4000 м) с высокой скорострельностью (5000...10000 выстрелов в минуту), допускается отстрел больших боекомплектов. В настоящее время зенитные комплексы можно разделить на два типа: всепогодные - со сложной системой наведения и высокой степенью поражения цели, а также упрощенные установки, более подвижные и дешевые.

**Сухопутные МАП.** Малокалиберная артиллериya сухопутных войск и некоторых объектов ВМФ и авиации предназначена для поражения военной техники и живой силы противника на поле боя, а также для стрельбы по низколетящим

целям.

Разнообразие целей ставит задачу многоцелевого применения оружия (селективное питание), экономии боеприпасов в длительном бою (регулировка скорострельности) и улучшения точности и кучности стрельбы при высоких баллистических характеристиках.

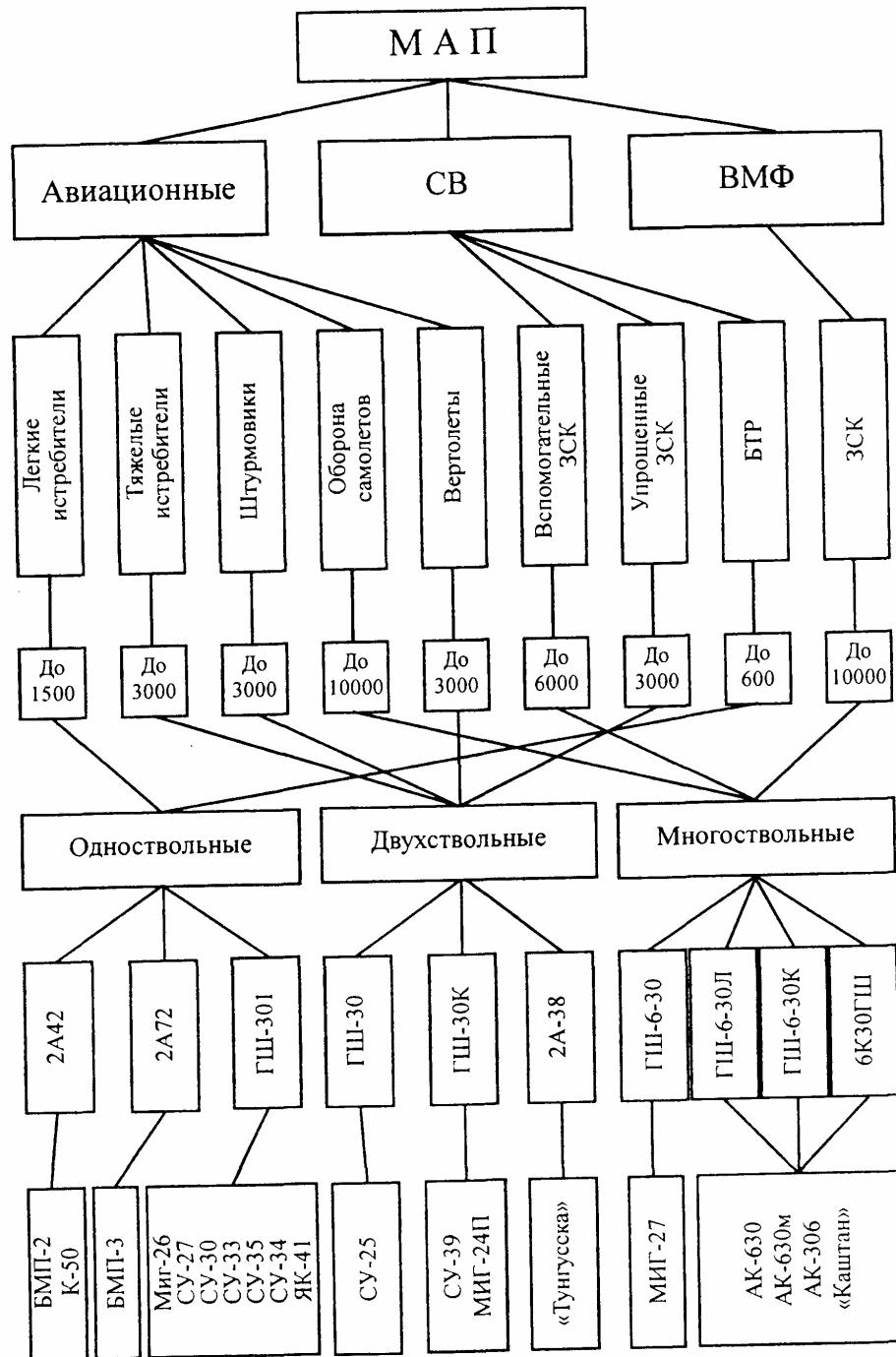


Рис. 8.1. Схема применения современных отечественных малокалиберных автоматических пушек

## 8.2. СТРЕЛКОВОЕ ОРУЖИЕ

### 8.2.1. Пистолеты и револьверы

Пистолет является личным оружием самообороны офицерского состава, а также служит для вооружения солдат и сержантов отдельных служб и родов войск.

Пистолет предназначен для стрельбы по живым незащищенным целям, находящимся на близком расстоянии (до 70 м).

Мощность боевых пистолетных патронов обеспечивает получение дульной энергии 300...500 Дж. Все современные боевые пистолеты самозарядные, что обеспечивает им высокую скорострельность (25...40 выстрелов в минуту). На вооружении Российской Армии состоит 9-мм пистолет Макарова (рис. 8.2, а).

Основным боевым пистолетом армий большинства государств НАТО (Великобритания, Канада, Бельгия) является пистолет "Браунинг" различных модификаций.

Пистолеты армии капиталистических стран разрабатываются под 9-мм патрон типа "Парабеллум", стандартизованный в странах НАТО. Исключение составляет 11,43-мм пистолет "Кольт" M1911A1 (США) образца 1911 г., который не удовлетворяет современным требованиям по весу и имеет малую емкость магазина. В начале 70-х годов на базе этого пистолета был создан 9-мм пистолет M15 с меньшими весом и габаритными размерами, который в настоящее время выдается только высшему офицерскому составу.

В Японии наряду с 9-мм пистолетом "57", подобным по конструкции "Кольту", разработан облегченный малогабаритный 8,61-мм пистолет.

Заслуживают внимания поиски новых схем оружия. Так, в США разработан новый 13-мм пистолет "Жирожет", стреляющий реактивными пулями. Пистолет имеет малый вес, незначительную отдачу и почти бесшумен. Однако малый вес пули при выгоревшем пороховом заряде не обеспечивает достаточную дальность эффективного огня.

В ФРГ разработан новый 9-мм пистолет УР70, который имеет устройство для автоматической стрельбы с фиксированным числом выстрелов в очереди. Приставная рукоятка позволяет использовать его в качестве пистолета-пулемета. Высокий темп стрельбы (2200 выстрелов в минуту) обеспечивает хорошую кучность боя, так как при короткой очереди силы инерции удерживают ствол пистолета в заданном направлении.

Существующие револьверы являются неавтоматическим оружием. При стрельбе с самовзводом, когда поворот барабана и взведение курка осуществляются с помощью спускового крючка, скорострельность револьверов приближается к скорострельности самозарядных пистолетов. Однако при этом увеличивается усилие спуска, что отрицательно сказывается на меткости стрельбы. При стрельбе без самовзвода скорострельность револьверов существенно ниже, чем у пистолетов. Кроме того, процесс перезаряжания барабана в целом у револьверов более трудоемок и длителен, чем смена магазина у пистолета.

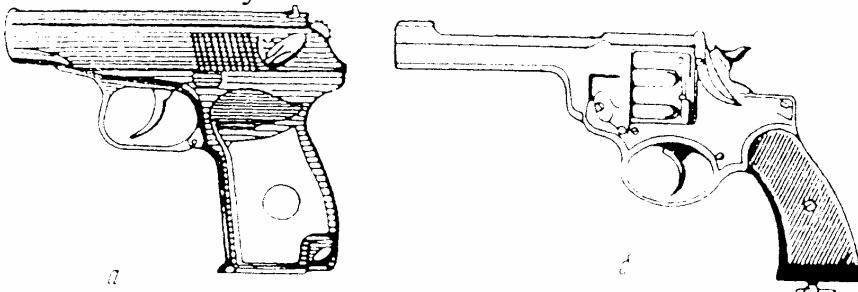


Рис. 8.2. Пистолет Макаров (а) и револьвер Н2МК1 (б)

Несмотря на большую, чем у пистолетов, простоту и технологичность изго-

тования, револьверы из-за указанных недостатков в настоящее время в качестве боевого оружия не проектируются. На вооружении некоторых армий сохраняются револьверы устаревших конструкций, например, английский 9,65-мм револьвер Н2МК1 (рис. 8.2, б) принят на частичное вооружение армии США в дополнение к устаревшему тяжелому "Кольту".

Зарубежные специалисты считают, что перспективный пистолет должен обладать следующими свойствами: масса - не более 1 кг;

емкость магазина - 10 патронов; начальная скорость пули - 390 м/с;

скорость пули при встрече с преградой - 365 м/с.

Основные тактико-технические характеристики некоторых состоящих на вооружении пистолетов и револьверов приведены в Приложении (табл. П. 9).

### 8.2.2. Винтовки и карабины

*Винтовкой* называется ружье с винтовыми нарезами в канале ствола. Дульная энергия современных винтовок одиночного огня составляет 3500...4000 Дж.

Конструктивные трудности, в течение полустолетия не позволявшие создать индивидуальное автоматическое оружие под мощный винтовочный патрон, были успешно преодолены в послевоенные годы. На вооружении капиталистических армий имеется ряд автоматических винтовок под 7,62-мм единый патрон НАТО: винтовка М14 (США, 1957 г.), винтовка FN (Бельгия, 1953 г.), винтовка 1А1 (Великобритания, 1954 г.), винтовка G3 (ФРГ, 1957 г.) и др. Опыт эксплуатации этих винтовок показал, что все они имеют неудовлетворительную дальность эффективного огня (не более 200 м) при непрерывной стрельбе вследствие большого рассеивания пуль. Многолетние работы по улучшению устойчивости винтовок за счет конструктивных изменений (применение дульных тормозов, размещение подвижных деталей автоматики над стволовом, совмещение продольных осей ствола и приклада и т. д.) не дали существенных результатов. И хотя работы по увеличению кучности боя автоматических винтовок под мощный винтовочный патрон продолжаются, все существующие системы таких винтовок используются как самозарядные.

*Снайперской* называется винтовка, конструкция которой в сочетании с оптическим прицелом обеспечивает повышенную эффективность стрельбы; она предназначена для вооружения специально подготовленных стрелков.

В большинстве случаев снайперская винтовка создается на базе штатной общевойсковой винтовки, отличаясь от нее наличием оптического прицела, более тщательным изготовленном и другими несущественными изменениями. Примером может служить снайперская винтовка М21 (США), созданная на базе автоматической винтовки М14.

Ряд мероприятий по отработке ствола и ствольной коробки позволили получить высокую меткость стрельбы: при стрельбе отличных стрелков на дальности 900 м (1000 ярдов) получен поперечник рассеивания 25,4 см (10 дюймов), стрелки средней квалификации поражают с первого выстрела цель, находящуюся на расстоянии до 600 м.

В Советском Союзе с 1964 г. состоит на вооружении самозарядная снайперская винтовка Драгунова - СВД (рис. 8.3), специально спроектированная для снайпинга. Винтовка имеет хорошую кучность боя и прицельную дальность при стрель-

бе с оптическим прицелом (1300 м). Наиболее эффективная дальность стрельбы из СВД до 800 м.

Некоторые страны имеют на вооружении магазинные снайперские винтовки: австрийская 7,62-мм снайперская винтовка SSQ-69, французская 7,5-мм снайперская винтовка F1. Отказ от автоматики в снайперской винтовке также диктуется стремлением к увеличению кучности стрельбы.

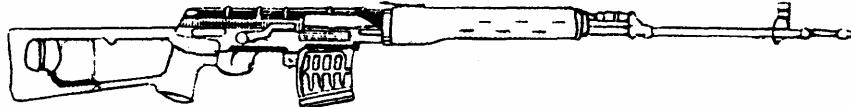


Рис. 8.3. Винтовка Драгунова

*Карабином* называется облегченное и укороченное ружье (винтовка), то есть оружие может быть названо карабином только в сравнении с некоторым штатным образцом ружья. В большинстве случаев карабин создается на базе штатного ружья или винтовки, отличаясь от нее более коротким (обычно на 150...250 мм) стволов и устройством прицела. Изменение прицела связано с уменьшением скорости и изменением баллистики пули. Карабинами вооружались кавалеристы, расчеты пулеметов и артиллерийские разведчики.

Сравнительные тактико-технические характеристики некоторых винтовок приведены в Приложении (табл. П. 10), из которой видно, что при практически одинаковой баллистике патронов (дульная энергия в пределах 3100...3500 Дж) прицельная дальность винтовок изменяется от 400 до 1300 м (даже для снайперских винтовок от 600 до 1300 м).

### 8.2.3. Автоматы и пистолеты-пулеметы

*Автоматом* называется автоматический карабин. Уменьшение веса и габаритов автомата достигается применением специальных автоматных патронов. Дульная энергия автоматов находится в пределах от 1500 до 2000 Дж. В настоящее время автоматы являются основным индивидуальным оружием пехоты.

Советская Армия уже с 1947 г. вооружается 7,62-мм автоматом Калашникова. Модернизированный вариант его состоит на вооружении армии до настоящего времени. В 1974 г. на вооружение принят автомат Калашникова калибра 5,45 мм (рис. 8.4, а). Из автомата можно вести стрельбу короткими (до пяти выстрелов) и длинными (до десяти выстрелов) очередями, а также одиночную стрельбу.

В 1994 году на вооружение принят автомат Г. Н. Никонова. Его преимущество в многократном улучшении кучности стрельбы, особенно из неустойчивых положений, за счет применения автоматики со смещенным импульсом отдачи и целого ряда конструктивных решений.

В настоящее время многие капиталистические страны разрабатывают свои 5,56-мм автоматические винтовки, используя, в основном, патрон США M1 93 с пулей массой 3,56 г. Сравнительные тактико-технические характеристики современных автоматов приведены в Приложении (табл. П. 11).

Опытная автоматическая винтовка "Спью" (США) предназначена для стрельбы стреловидными урановыми пулями. Высокая начальная скорость пуль обеспечивает большую дальность прямого выстрела и хорошую меткость.

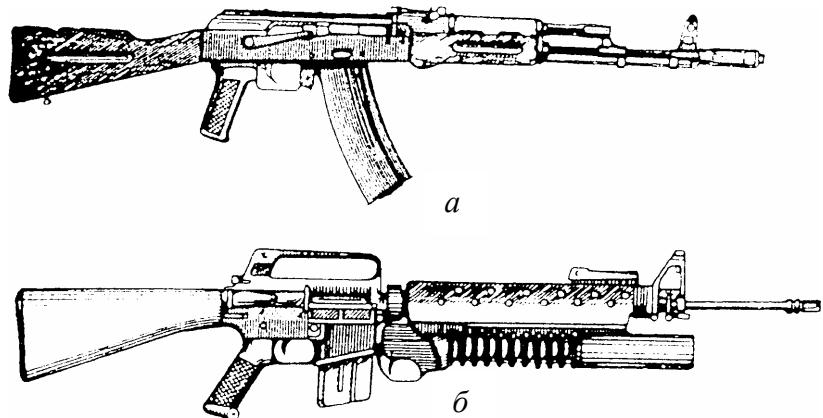


Рис. 8.4. Автомат Калашникова (а) и винтовка М16А1 с подствольным гранатометом (б)

*Пистолетом-пулеметом* называется автомат для стрельбы штатными пистолетными патронами. Все пистолеты-пулеметы снабжаются постоянным или выдвижным прикладом. По сравнению с пистолетом пистолет-пулемет обладает большим весом (в 2...6 раз) и более длинным стволом, обеспечивающим лучшую меткость и кучность стрельбы, а также снабжается магазином большей емкости.

Пистолеты-пулеметы предназначаются для вооружения личного состава воздушно-десантных частей и экипажей боевых машин.

Во время второй мировой войны пистолеты-пулеметы были основным видом автоматического оружия пехоты. С разработкой автоматических винтовок и автоматов интерес к пистолету-пулемету существенно снизился.

В последнее время наблюдается повышение интереса к пистолету-пулемету. В ряде стран разработаны и приняты на вооружение новые модели пистолетов-пулеметов: в Израиле - "Узи"; в ФРГ - MP2; в США - "Ингрэм" различных модификаций и ряд других образцов. Большинство разрабатываемых зарубежных пистолетов-пулеметов в какой-то мере повторяют израильский "Узи", конструкция которого оказалась удачной благодаря тому, что затвор на 3/4 своей длины набегает на ствол, а это позволило существенно сократить длину оружия.

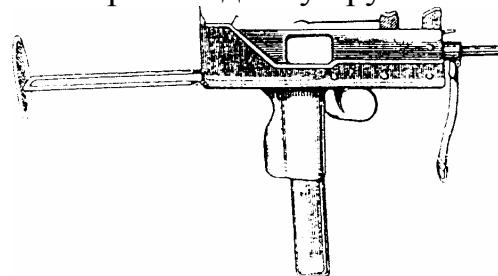


Рис. 8.5. Пистолет-пулемет "Ингрэм" М10

Все пистолеты-пулеметы иностранных армий сконструированы под 9-мм патрон типа "Парабеллум". Пистолет-пулемет "Ингрэм" М10 (рис. 8.5) может снабжаться стволом калибра 11,43 мм. Пистолет-пулемет "Ингрэм" М11 сконструирован под укороченный 9-мм пистолетный патрон.

Характерной особенностью многоцелевого 5,61-мм оружия "МР" (США) является то, что стрельба из него ведется с вытянутой руки, которая как бы исполняет роль приклада. Второй рукой оружия прижимается к предплечью стреляющего, образуя жесткую устойчивую конструкцию из оружия и рук. Для удобства

стрельбы, как с правой, так и с левой руки рукоятка поворачивается относительно оси ствола в обе стороны на углы до 38°.

Современные пистолеты-пулеметы снабжаются коробчатыми магазинами. При создании новых и совершенствовании существующих образцов пистолетов-пулеметов большое внимание уделяется уменьшению веса и линейных размеров, упрощению устройства и технологии изготовления, а также увеличению надежности действия. Уменьшение длины достигается, например, введением откидного или выдвижного приклада, уменьшением длины ствола и другими конструктивными изменениями. Основные тактико-технические характеристики некоторых пистолетов-пулеметов приведены в Приложении (табл. П. 12). Длина пистолетов-пулеметов указана с выдвинутым прикладом.

#### 8.2.4. Пулеметы

*Пулеметом* называется автоматическая винтовка, предназначенная для ведения длительного непрерывного огня.

Существует большое количество разновидностей пулеметов (ручные, станковые, единые и специального назначения), разделяющихся по способу использования и калибру.

Стрельба из *ручных пулеметов* осуществляется с сошек с упором приклада в плечо. Огонь на подавление по рубежам противника может вестись в движении с рук. Ручной пулемет является наиболее мощным автоматическим оружием стрелкового отделения. При стрельбе из пулемета используются винтовочные и автоматные патроны. Дальность эффективной стрельбы из ручных пулеметов составляет 800 м.

Ручные пулеметы, как правило, унифицируются с состоящими на вооружении автоматическими винтовками или автоматами. Примером могут служить ручной пулемет M14E2 (США), унифицированный с автоматической винтовкой M14, и ручной пулемет Калашникова, унифицированный с автоматом Калашникова. Унификация в обоих случаях заключается в утяжелении ствола, что позволяет вести более интенсивный непрерывный огонь, и наличии сошек.

С переходом при проектировании автоматических винтовок на патроны уменьшенной мощности, в том числе малого калибра, и ручные пулеметы проектируются под эти же патроны. Так, в США принят на вооружение малокалиберный пулемет Mk23. Характерной особенностью пулемета является комбинированное питание, позволяющее вести стрельбу, как при магазинной, так и при ленточной подаче.

*Станковым* называется пулемет, предназначенный для стрельбы со специального станка. Станковые пулеметы под винтовочный или автоматный патроны, как правило, тяжелы, и в связи с разработкой в послевоенные годы конструкции единых пулеметов в настоящее время не проектируются. Станковые пулеметы устаревших конструкций сохраняются на вооружении некоторых армий. В большинстве случаев они устанавливаются на бронетранспортеры и боевые машины пехоты (БМП).

Для поражения легкобронированных целей применяются крупнокалиберные станковые пулеметы. К крупнокалиберным пулеметам предъявляются следующие основные тактико-технические требования: хорошая маневренность; высокая скорострельность; двухстороннее ленточное питание; возможность стрельбы с полевого

станка; возможность стрельбы с зенитных установок, в том числе многоствольных.

К станковым следует отнести и пулеметы специального назначения (танковые и авиационные). Танковые пулеметы, как правило, унифицированы со станковыми или едиными пулеметами. Унификация заключается в изменении затыльников или отсутствии приклада, сошек и рукоятки управления.

Учитывая худшие условия охлаждения ствола, танковые варианты пулеметов снабжаются утяжеленными стволами. Помимо ручного спускового механизма танковые пулеметы снабжаются электроспусковым устройством, позволяющим управлять огнем пулемета дистанционно.

Современные авиационные пулеметы в большинстве случаев являются крупнокалиберными. На вооружении авиации состоит 12,7-мм пулемет Афанасьева. На вооружении авиации США имеется 12,7-мм пулемет "Браунинг" М3.

*Единый пулемет* появился при изыскании конструкторами возможности создания легких унифицированных образцов и предназначен для использования как в качестве ручного, так и станкового. В качестве ручного пулемет используется с сошкой. Для установки на легкий, но достаточно жесткий станок у единого пулемета имеются соответствующие места крепления. При стрельбе со станка сошки складываются вдоль ствола. Единые пулеметы являются мощным автоматическим оружием и предназначаются для поражения наземных живых целей, огневых средств противника и воздушных целей. Наиболее эффективный огонь из пулемета со станка - до 1000 м. Прицельные дальности единых пулеметов колеблются в пределах от 1000 до 1500 м.

В Российской Армии на вооружении состоит в качестве единого 7,62-мм пулемет Калашникова (ПКМ, рис. 8.6). На вооружении армии США состоит единый пулемет М60. Большинство единых пулеметов приспособлено для установки на бронированные и небронированные транспортные средства и вертолеты.

К единым пулеметам предъявляются следующие тактико-технические требования: относительно малая масса (до 10 кг); высокая скорострельность; ленточное питание (в некоторых странах предъявляется требование комбинирования с магазинным питанием); воздушное охлаждение; быстрая смена ствола; возможность стрельбы, как с сошек, так и с треноги; возможность использования (с незначительными переделками) в качестве бортовых пулеметов на всех типах боевых машин.

Основные тактико-технические характеристики состоящих на вооружении пулеметов различных типов приведены в Приложении (табл.П. 13).

### 8.2.5. Гранатометы

Гранатометы служат для усиления огневой мощи пехоты в ближнем бою и предназначены для поражения танков, легкобронированных машин и пехоты противника.

Во время второй мировой войны наблюдался быстрый рост толщины броневой защиты танков, и уже вскоре после начала войны противотанковые ружья стали неэффективны. К концу войны появились динамореактивные гранатометы, стреляющие кумулятивными гранатами (базука, фаустпатрон и др.). Первые гранатометы представляли собой открытую с обоих концов трубу, с дульной части которой вставлялась граната с вышибным зарядом в трубке стабилизатора. Современные

гранатометы имеют более сложное устройство, в частности, казенный срез заканчивается соплом, что повышает КПД системы. Применение динамореактивных гранат, реактивный заряд которых воспламеняется на некотором расстоянии от дульного среза, позволило увеличить дальность полета гранаты с 300 до 800 м. Современная кумулятивная граната способна пробить броню толщиной до 300 мм.

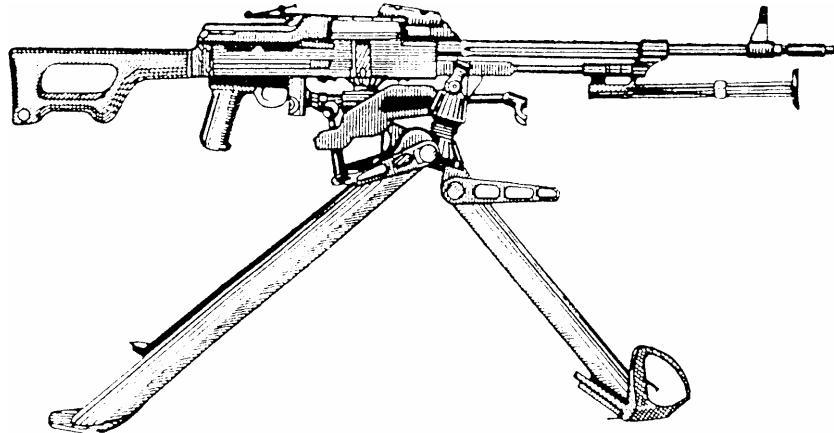


Рис. 8.6. Единый пулемет Калашникова

В послевоенные годы широкое распространение получили приставные гранатометы, позволяющие использовать винтовки или пистолеты-пулеметы для метания противотанковых или осколочных гранат на расстояние до 300 м.

Гранатомет представляет собой трубку, надеваемую на дульную часть ствола и служащую для направления гранаты при выстреле. Перед выстрелом трубка стабилизатора гранаты надевается на гранатомет. Стрельба ведется холостыми патронами.

Масса боевых гранат колеблется от 0,5 до 0,8 кг. Максимальная дальность полета составляет 400 м. Дальнейшее совершенствование винтовочных гранат идет по линии создания активно-реактивных гранат, увеличения их эффективности и меткости стрельбы, а также возможности выстреливания гранат с помощью боевых патронов. Возможность выстреливания гранат боевыми патронами обеспечивается специальными пульными ловушками в трубке стабилизатора гранаты. Дальность полета гранаты при этом уменьшается, но отпадает необходимость наличия в боекомплекте пехотинца холостых патронов.

В настоящее время подствольные гранатометы (рис. 8.4, б) разрабатываются во всех странах.

Применение унитарного патрона позволило разработать автоматические гранатометы. В США разработан 40-мм автоматический гранатомет XM174. На вооружении Российской Армии состоит гранатомет АРМ-17.

### 8.2.6. Вопросы повышения темпа стрельбы

Конструктивный облик собственно оружия определяется кроме калибра следующими основными характеристиками: темп стрельбы; масса оружия; величина отстреливаемого боекомплекта.

В настоящее время найдены конструктивные решения, позволяющие получать практически любой желаемый темп стрельбы.

Это делает актуальной задачу определения оптимального темпа стрельбы МАП для всех видов применения. Причем реализовать такой темп стрельбы можно одной пушкой или скомпоновать в единую установку несколько пушек с более низкими показателями. В каждом из этих решений есть свои достоинства и недостатки. Так, одна пушка всегда легче, но установка из нескольких пушек менее уязвима в бою.

Для сравнительной оценки таких вариантов был выбран критерий коэффициента совершенства, представляющий собой отношение секундного расхода боекомплекта к массе оружия. Использование такого критерия показало, что его значение почти не зависит от калибра оружия, но значительно зависит от схемы автоматики (где главный фактор - количество стволов), и у высокотемпных пушек он более высок по сравнению с низкотемпными. Из этого следует, что наиболее рационально размещать в установке одну пушку с заданным темпом стрельбы.

В классических схемах автоматики, где затвор для перезарядки совершает движение больше длины патрона (что занимает наибольшее время работы), используя различные ускорительные механизмы, можно добиться предельных скоростей перемещения подвижных частей. Это приводит к большим ударным нагрузкам и уменьшает живучесть деталей автоматики. Глубокие исследования в этом направлении были проведены А. Э. Нудельманом, И. М. Афанасьевым, а также В. П. Грязевым, А. Г. Шипуновым, реализовавшим принцип безударного досылания. При этом темп стрельбы достигал 2000 выстрелов в минуту, и практически был исчерпан арсенал средств его дальнейшего повышения (23-мм пушка ТКБ-513).

Новые возможности повышения темпа стрельбы дало револьверное оружие, где операции перезаряжания выполняются не последовательно, как в классической схеме, а параллельно. Совмещение операций достигается наличием нескольких патронников, в которых одновременно шли процессы досылания нескольких патронов, а время поворота блока патронников для производства следующего выстрела было незначительно. Револьверное оружие достигало темпа выше 3000 выстрелов в минуту и вобрало в себя все возможности повышения темпа стрельбы с одним стволом, так как живучесть его становилась несопоставимо малой (30-мм пушка ТКБ-515, В. И. Силин).

Дальнейшее повышение темпа стрельбы автоматических пушек было связано с переходом на двуствольную схему автоматики, для каждого ствола имеется свое ведущее звено автоматики, и они кинематически связаны между собой. Такая кинематика позволила уравнять скорости отката и наката, а применив ускорительный механизм, значительно их поднять. И даже при традиционной схеме перезаряжания суммарный темп достигает 3000 выстрелов в минуту. Сегодня на вооружении находятся пушки ГШ-23, ГШ-30 (В. П. Грязев, А. Г. Шипунов). Двуствольная схема позволяет отстреливать значительный боекомплект, иметь массу и габариты на уровне одноствольного оружия (одна коробка, один патроноподающий механизм и т. д.), но эта схема имеет ограничение по живучести стволов и по темпу стрельбы.

Окончательно проблему скорострельности и живучести удалось решить на многоствольной схеме, где автоматика работает при вращении блока стволов, что позволило получить непрерывное, безостановочное движение основного звена и избавило оружие от ударных нагрузок. При непрерывном вращении ведущего звена не надо тратить большое количество энергии на его разгон в каждом цикле. Приемле-

мые габариты и масса оружия обеспечиваются за счет общих узлов и агрегатов, обслуживающих все стволы. В настоящее время на вооружении нашей армии два многоствольных пулемета калибра 7,62 мм и 12,7 мм, а также 23-мм пушка ГШ-6-23 и ГШ-6-30 с модификациями. На рис. 8.1 даны примеры применения отечественных современных МАП при использовании основного патрона АО-18.

### 8.3. ДВИГАТЕЛИ АВТОМАТИКИ

#### 8.3.1. Структура автоматического оружия

Совокупность механизмов и устройств, обеспечивающих автоматическое перезаряжание оружия и производство выстрела, можно рассматривать как машину-автомат.

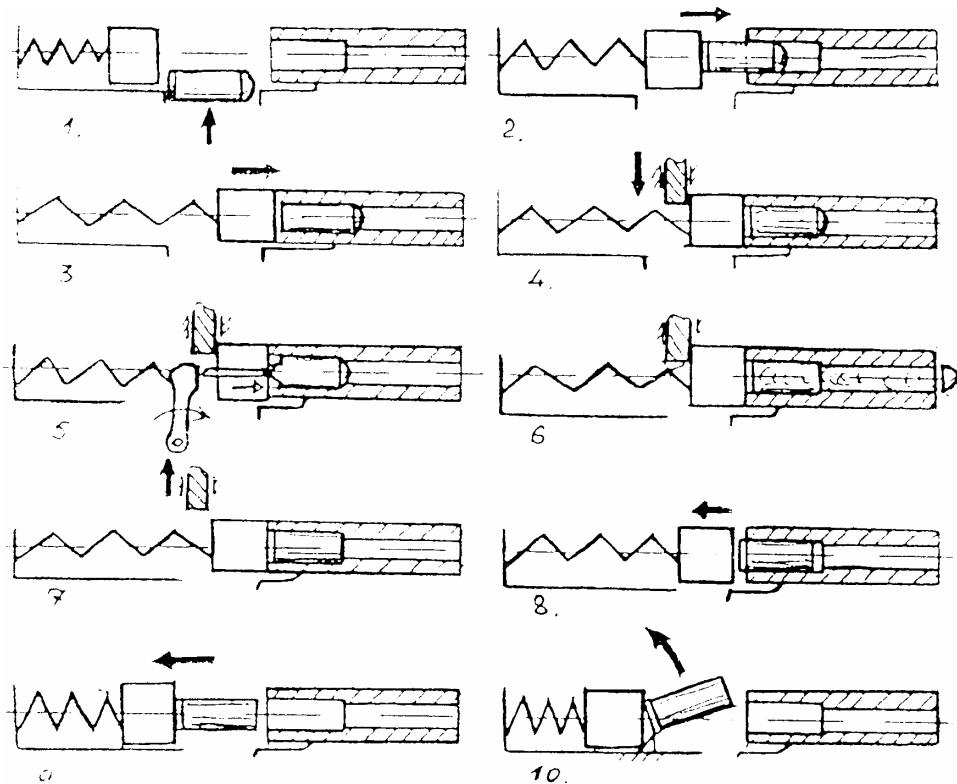


Рис. 8.7. Схема работы автоматического оружия

Машина-автомат состоит из следующих структурных элементов: двигателя (двигателей), передаточных механизмов и исполнительных механизмов. Все рабочие операции выполняются без участия человека, и поэтому машина-автомат имеет еще один структурный элемент - систему управления, которая определяет последовательность работы и взаимодействия исполнительных механизмов машины, осуществляя блокировку (защиту) машины при нарушении режимов выполнения операции, может регулировать отдельные параметры работы машины.

Всякое автоматическое оружие имеет свои особенности, но работа каждого из них подчиняется общим правилам. Предлагается общая для всего стрелково-пушечного автоматического оружия схема работы:

1. Подача патрона из накопителя на линию досылания.
2. Досылание патрона в канал ствола (патронник).
3. Закрывание ствола затвором.

4. Прочное сцепление ствола с затвором (запирание).
  5. Воспламенение капсюля.
  6. Процесс выстрела.
  7. Отпирание затвора.
  8. Открывание канала ствола.
  9. Извлечение из патронника стреляной гильзы.
10. Удаление гильзы за пределы коробки автоматики. Этапы предложенной схемы иллюстрирует рис. 8.7. В некоторых видах оружия (револьверного типа, при безгильзовых боеприпасах) отмеченные операции могут быть совмещены, но они так или иначе будут присутствовать в работе образца.

### **8.3.2. Классификация двигателей автоматики**

Двигатель автоматического оружия - преобразователь энергии пороховых газов или какой-либо иной энергии в кинетическую энергию ведущих звеньев.

Двигатели автоматики оружия могут использовать в качестве исходной энергии энергию газов, образовавшихся в баллистическом двигателе при выстреле, либо энергию внешних источников (пружин, пороха, пневмомеханизмов, гидромеханизмов, электродвигателей и т. п.).

Автоматическое оружие с внешним приводом не получило в России широкого распространения из-за основного его недостатка - отсутствия автономности. Выход из строя обслуживающей батареи энергетической установки полностью исключает возможность продолжения стрельбы. Двигатели, работающие от внешних источников энергии, находят более широкое применение как вспомогательные двигатели (перезарядка, подтяг ленты и т. д.).

Наиболее широкое распространение получили двигатели, использующие энергию порохового газа, образующегося в стволе при выстреле (газовые двигатели). Основное их преимущество заключается в возможности создания оружия полностью автономного, не связанного с каким-либо энергоносителем. Это обстоятельство делает указанный двигатель совершенно незаменимым при проектировании ручного стрелкового оружия и полевой малокалиберной артиллерии.

Автоматика орудия может иметь один или более двигателей автоматики. Различается три вида двигателей: основной двигатель автоматики; неосновной двигатель автоматики и вспомогательный двигатель автоматики.

Основной двигатель автоматики - двигатель, обеспечивающий энергией ведущее звено большинства исполнительных механизмов автоматики.

Неосновной двигатель автоматики - двигатель, обеспечивающий энергией некоторые механизмы автоматики (пружинный двигатель магазина) или сообщающий ведущему звену автоматики дополнительное количество энергии (усилитель отдачи).

Вспомогательный двигатель автоматики - двигатель, обеспечивающий энергией вспомогательные механизмы оружия (при подготовке его к бою, при перезарядке, дульный тормоз, компенсатор опрокидывающего момента).

Для основных и неосновных двигателей автоматики, использующих в качестве исходной энергию пороховых газов, образующихся при выстреле, можно выделить два класса:

ствольные двигатели автоматики, рабочий процесс которых протекает в полости канала ствола;

газоотводные двигатели, рабочий процесс которых протекает в специальной полости, куда из канала ствола отводится часть пороховых газов.

В двигателях первого класса ведущее звено воспринимает энергию непосредственно от порохового газа или через дно гильзы, или через скаты гильзы, или через дно пули. В этом случае можно говорить о непосредственной энергетической связи двигателя автоматики с баллистическим двигателем огнестрельного оружия. Совершенно очевидно, что для всех двигателей этого класса закон изменения основной движущей силы, приложенной к поршню двигателя, будет тот же, что и у баллистического двигателя оружия.

В зависимости от подвижности ствола в первом классе двигателей различаются следующие их разновидности:

1) ствольные двигатели автоматики с неподвижным стволов (системы с отдачей затвора);

2) ствольные двигатели автоматики с подвижным стволов:

ствольные двигатели автоматики с движением ствола назад;

ствольные двигатели автоматики с движением ствола вперед.

### 8.3.3. Системы с отдачей затвора

**Свободный затвор.** Ведущим звеном автоматики при таком двигателе является чаще всего затвор. Движущая сила, действующая на поршень двигателя (гильзу), передается на ведущее звено либо непосредственно (рис. 8.8), либо через передаочные механизмы.

Движущая сила является равнодействующей трех сил:

$$F = P_{DH} - P_{CK} - F_T, \quad (8.1)$$

где  $P_{DH}$  - сила, действующая на дно гильзы;

$F_T$  - сила трения между поверхностью патронника и корпусом гильзы;

$P_{CK}$  - сила, приложенная к гильзе в результате давления газа на скаты гильзы.

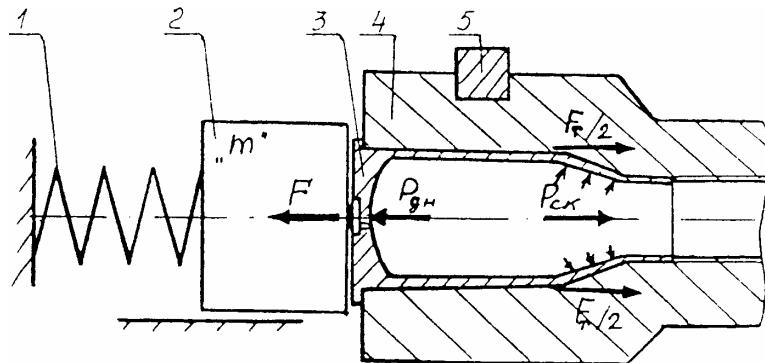


Рис. 8.8. Схема автоматики со свободным затвором:

1 - возвратная пружина; 2 - затвор; 3 - гильза; 4 - ствол; 5 – крепление.

Свободный затвор получил широкое распространение в конструкциях пистолетов и пистолетов-пулеметов (ППШ, "УЗИ", "Ингрэм" и т. п.). Запирающей силой в них служит сила инерции тяжелого затвора.

Автоматическое оружие со свободным затвором имеет очень простую конструктивную схему, но применение находит только в слабомощных, коротких пистолетных боеприпасах. При более мощных боеприпасах вес затвора становится недопустимо большим, а при использовании в системах с длинной гильзой возможен ее обрыв из-за прижатия к патроннику.

Полусвободный затвор. Идея полусвободного затвора заключается в том, что в качестве инерционного тела используется не только сам затвор, но и некоторая дополнительная инерционная масса, связанная с затвором посредством ускорителя. При таком типе автоматики происходит перераспределение энергии патрона между затвором и инерционной массой, а также часть энергии отдается через ускоритель коробке автоматики. На рис. 8.9 представлены некоторые схемы полусвободных затворов. Небольшие перемещения затвора до вылета пули из канала ствола достигаются применением различных устройств. Так, широко используются роликовые ускорители (испанская винтовка "Сетме"), вращение затвора (итальянский пулемет SIA), дополнительные инерционные массы (пулемет Шварцлозе), силы трения (пистолет-пулемет Томпсона) и другие способы.

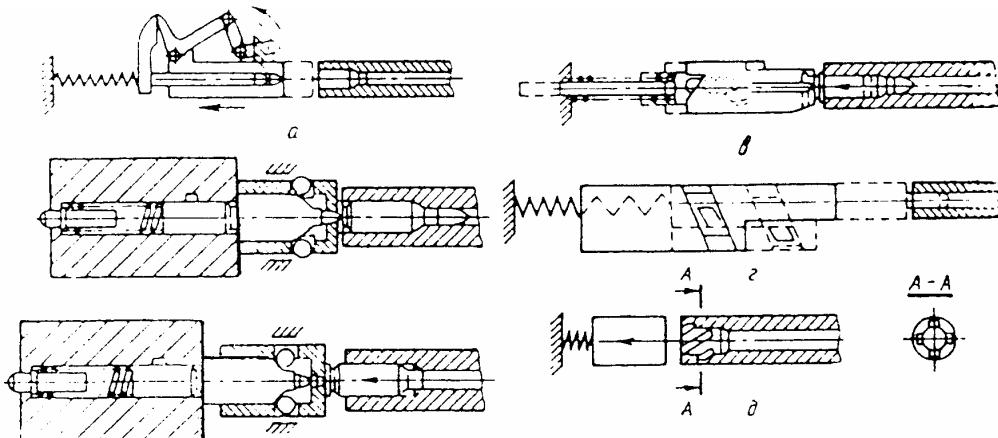


Рис. 8.9. Некоторые типы систем автоматики с полусвободным затвором:

*a* - шарниро-рычажный; *б* - копирно-роликовый ("Сетме"); *в* - спиральный (SJA);  
*г* - с клиновым ускорителем (ПП Томпсона); *д* - с винтовыми канавками в патроннике.

К полусвободным затворам можно отнести также системы с задержкой инерционного затвора. В этом случае в начале выстрела затвор имеет со стволов жесткую связь, которая нарушается по прошествии некоторого времени. Например, в пистолете "Севедж" крутящий момент на стволе, возникающий от вращения пули в канале, препятствует открыванию затвора. В период последействия, когда пуля уже не взаимодействует со стволов, затвор под давлением пороховых газов отходит назад, поворачивая при этом ствол относительно продольной оси. Такое решение позволяет уменьшить массу затвора.

В малокалиберных автоматических пушках полусвободный затвор не находит применения из-за высоких энергетических характеристик патронов.

#### 8.3.4. Системы с отдачей ствола

Эти системы используют для привода автоматики энергию отката подвижного ствола.

Давление пороховых газов, передаваемое через дно гильзы на затвор, ввиду прочного сцепления последнего со стволов, приводит в движение систему затвор-ствол в направлении, обратном движению пули. Это движение происходит с увеличивающейся скоростью до тех пор, пока продолжается действие пороховых газов, после чего движение подвижных частей продолжается по инерции с уменьшающейся скоростью, так как движению противодействуют силы трения и сопротивление пружин. В дальнейшем затвор расцепляется со стволов, что осуществляется с помощью механизмов отпирания затвора.

После расцепления затвор должен быть отделен от казенной части на такое расстояние, чтобы оказалось возможным удаление стреляной гильзы и досылка в патронник очередного патрона.

Системы с отдачей ствола делятся на два типа: система с длинным ходом ствола; система с коротким ходом ствола.

Системы с длинным ходом ствола. Под этим названием подразумеваются такие схемы автоматики, у которых расцепление затвора со стволов происходит не ранее крайнего заднего положения подвижных частей, а энергия, необходимая для работы автоматики, передается на исполнительные механизмы при длине отката большей, чем длина патрона, используемого в данной системе.

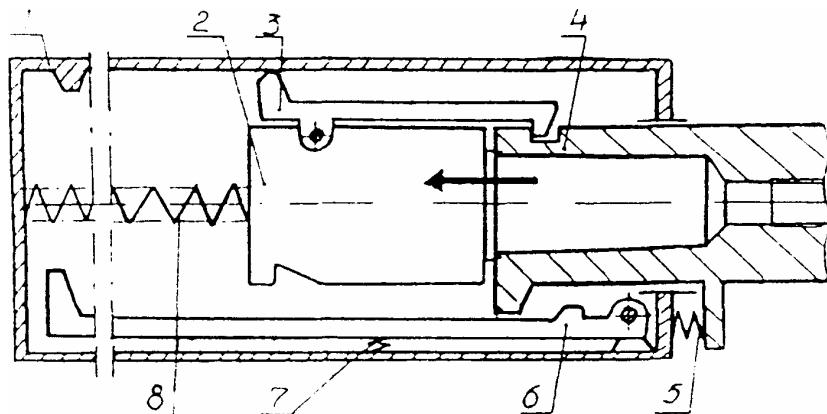


Рис. 8.10. Схема автоматики с длинным ходом ствола

На рис. 8.10 приведена принципиальная схема автоматики с длинным ходом ствола.

Перед выстрелом подвижные части находятся в исходном переднем положении. Патрон дослан в патронник, канал ствола 4 заперт затвором 2. При выстреле давление пороховых газов на дно гильзы отбрасывает ствол и сцепленный с ним затвор назад. Торможение, вызываемое сопротивлением пружины 5 ствола и пружины 8 затвора, относительно невелико, ускорение отдачи ограничивается массой подвижных частей. При дальнейшем откате ствола и затвора происходит сжатие возвратных пружин, которые постепенно замедляют движение откатных частей до нуля. При этом защелка 3 под действием коробки 1 отпускает ствол и происходит освобождение затвора.

Затвор в крайнем заднем положении захватывается и удерживается шепталом 6. Ствол же, ничем не удерживаемый, движется вперед под действием возвратной пружины ствола. При движении ствола вперед происходит отпирание и извлечение гильзы. Ствол в крайнем переднем положении действует на спусковой рычаг 6, ко-

торый сжимает пружину 7 и освобождает затвор. Пружина затвора начинает накалять затвор. В накате совершаются те же операции, что и в других схемах.

Для систем с длинным ходом ствола характерным является то, что затвор остается неподвижным в течение всего возвратного движения ствола. Такая особенность автоматики не позволяет получать высокий темп стрельбы и в автоматическом оружии применяется крайне редко. Представителями систем с длинным ходом ствола является ручной пулемет Шоша, автоматическое ружье Браунинга и современная 30-мм пушка 2А72.

Преимущества систем с длинным ходом ствола;

облегченная экстракция гильзы, поскольку извлечение ее происходит при давлении в канале ствола, равном атмосферному:

уменьшенное усилие отдачи, что выгодно для оружия крупного калибра, в котором применяются патроны с высокими баллистическими характеристиками;

высокая живучесть деталей;

малый выброс пороховых газов вместе с гильзой, что выгодно применять при стрельбе из закрытых объемов.

Недостатки систем с длинным откатом ствола:

невысокий темп стрельбы;

перемещение массивных частей вызывает большие колебания оружия, что приводит к увеличению рассеивания;

увеличение габаритов и массы.

Системы с коротким ходом ствола. Данный тип автоматики использует энергию отката ствола, длина хода которого меньше длины патрона, и затвор расцепляется со стволов в начале движения. Такое распределение энергии нерационально, так как затвор после отпирания должен произвести большую работу: извлечь и отразить гильзу,звести ударный механизм и сжать возвратную пружину.

Более рациональными будут те конструкции, в которых избыточная энергия ствола во время отпирания или сразу после отпирания передается затвору. Эту задачу выполняют ускорительные механизмы различных типов.

Работа систем такого типа может осуществляться по двум схемам:

ствол задерживается в крайнем заднем положении, а затвор продолжит движение назад;

ствол, пройдя некоторый путь после расцепления с затвором, немедленно начинает свое возвратное движение и приходит в переднее положение, в то время как затвор продолжает двигаться назад и возвращается в переднее положение.

Одновременное действие ускорителя и остаточного давления пороховых газов на затвор сообщает последнему весьма высокую скорость, и он продолжает откатываться по инерции до крайнего заднего положения. После удара о буфер затыльника затвор идет в накат, совершая обычные операции перезаряжания и, если нужно. снимает ствол с защелки и идет вместе с ним в крайнее переднее положение.

К достоинствам этой схемы автоматики можно отнести возможность получения высокого темпа стрельбы и относительно небольшие усилия воздействия на орудийную установку, так как часть энергии поглощается массивным подвижным стволом.

Недостатки заключаются в некоторой сложности автоматики и в увеличении рассеивания.

Такой тип двигателя в отечественных МАП используется в НР-23, НР-30, НН-30 и ГШ-301, крупнокалиберных пулеметах КПВ, "Браунинг" М3 (США) и многих других образцах.

### 8.3.5. Газоотводные двигатели

Системы газоотводного типа используют для своей работы только силы давления пороховых газов, отводимых из рабочей полости баллистического двигателя.

В зависимости от места отвода пороховых газов системы газоотводного типа подразделяются на три группы:

1 группа. Отвод пороховых газов через боковое отверстие в стенке ствола.

2 группа. Отвод пороховых газов через дульный срез.

3 группа. Отвод пороховых газов через дно гильзы. Конструктивные схемы групп приведены на рис. 8.11. Работа системы с отводом газов через дно гильзы отличается простотой конструкции автоматики, на стволе отсутствует тяжелый газовый двигатель, что способствует улучшению кучности. К недостатку схемы относится необходимость применения специальных гильз с утолщенным дном и капсюлем, выполняющим роль поршня, что очень часто неприемлемо из экономических соображений.

При отводе пороховых газов через дульный срез двигатель работает только в периоде последействия, поэтому его энергетические возможности невелики. Однако, создавая стабилизирующий момент, двигатель позволяет увеличить меткость стрельбы из снайперского самозарядного оружия (автоматическая винтовка ФРГ G41). Вместе с тем элементы передачи движения на затвор усложняются.

Преимущественное распространение получили двигатели с отводом пороховых газов через боковое отверстие.

Системы оружия с отводом пороховых газов и движением поршня назад. Автоматика этого типа имеет две разновидности: движение штока совершается на полную длину отхода затвора (длинный ход поршня), примеры: ВЯ-23, 2А42, ГШ-23, ГШ-30, АКМ; движение штока совершается на небольшой длине, достаточной для отпирания затвора, после чего шток, толкнув ведущее звено и передав ему движение, возвращается в переднее положение (винтовка СВД, карабин СКС).

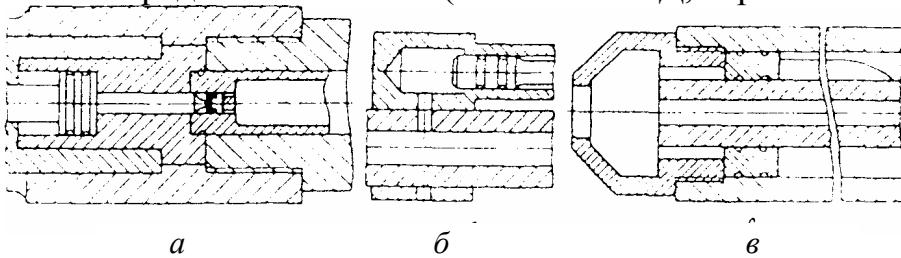


Рис. 8.11. Конструктивные схемы автоматики с поршневым газоотводным двигателем:

а – через дно гильзы; б - с боковым отверстием; в – через дульный срез.

Газовая камера может иметь патрубок, который охватывается поршнем (пулеметы РПД, "Утес", винтовки АВС, СВТ) или патрубок с расположением поршня внутри его (АКМ и др.). В зависимости от характера действия пороховых газов на поршень газовые двигатели делятся на два типа:

а) открытого типа (рис. 8.12, а), в которых после некоторого хода поршня

происходит выпуск пороховых газов в атмосферу через отверстия в патрубке или направляющей трубке поршня, или путем разъединения поршня с патрубком (ВЯ-23, ГШ-6-23, ГШ-6-30, 2Н42, АКМ);

б) закрытого типа (рис. 8.12, б), в которых отработанные пороховые газы частично выходят в зазор между поршнем и направляющей трубкой, а частично выталкиваются поршнем обратно в канал ствола при движении поршня вперед (ГШ-23, ГШ-30).

Газовые двигатели открытого типа имеют существенное преимущество, так как свободный выпуск пороховых газов в атмосферу после прохождения поршнем определенного пути уменьшает образование нагара на стенках газовой камеры.

По числу камер различают однокамерные и многокамерные двигатели, схемы которых могут быть чрезвычайно разнообразны.

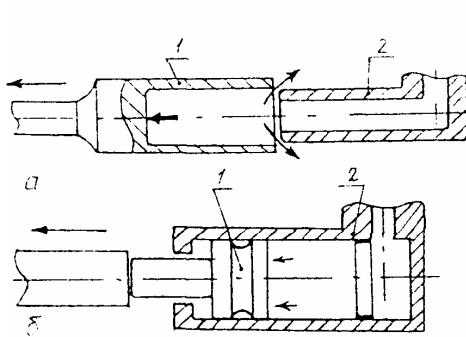


Рис. 8.12. Схема газового двигателя:  
а - открытого типа; б - скрытого типа;  
1 - поршень. 2 - патрубок камеры.

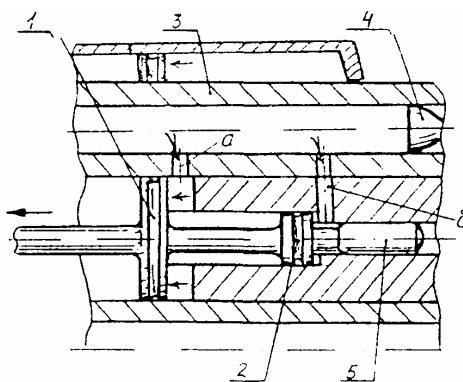


Рис. 8.13. Схема работы двигателя многоствольного пулемета ГШГ-7,62.

На рис. 8.13 дана схема работы двигателя многоствольного пулемета ГШГ-7,62, где второе отверстие 6 предназначено для стартового разгона блока стволов 3. При движении пули 4 пороховой газ поступает через газоотводное отверстие *а* и толкает шток 1 назад. При дальнейшем движении пули 4 газ поступает в отверстие *б*, и если шток 1 отошел незначительно (при разгоне), то газ проходит в полость и действует дополнительно на поршень 2, помогая сдвигать шток 1. При выходе на рабочий режим (блок стволов раскручен), пороховой газ не попадает во вторую камеру, так как специальный выступ штока 5 успевает перекрыть второе отверстие *б*.

Системы оружия с отводом пороховых газов и движением поршня вперед. При такой схеме работы автоматики направление движения штока противоположно направлению движения затвора (пулемет Сент-Этьен). Принципиально этот тип систем более сложен по устройству, так как движение поршня вперед необходимо преобразовать в движение затвора назад, что требует наличия специальных передач. Преимущества по сравнению с газоотводными системами с движением поршня назад эти системы не имеют.

Системы с отводом пороховых газов и движением поршня вперед-назад. Известны системы оружия, в которых импульс пороховых газов подводится к поршню с двух сторон. Такой принцип используется в системах оружия с передачей энергии от двигателя в виде кривошипно-шатунного механизма.

В настоящее время отмеченный тип автоматики используется в многоствольном оружии ГШГ-7,62, ЯкБ-12,7, ГШ-6-30. Подведение импульса с двух сторон к

поршню позволяет получить достаточно мощный двигатель почти без холостых ходов и работы без больших рывков.

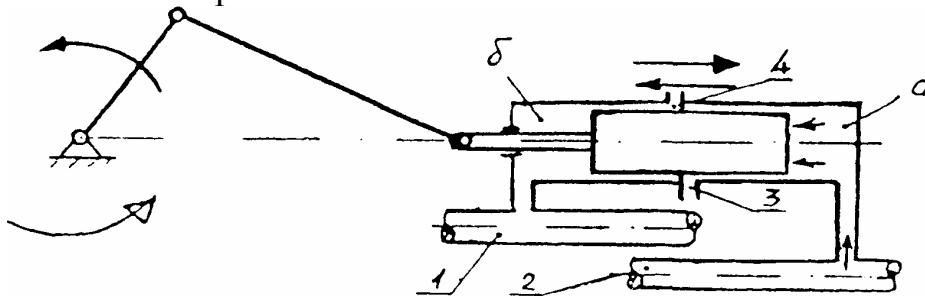


Рис. 8.14. Схема работы газового двигателя с движением поршня вперед-назад.

Принцип работы такого двигателя представлен на рис. 8.14, где подача порохового газа в переднюю *a* и заднюю *b* полость зависит от позиции ствола в многоствольном блоке. В одну полость направляют газ все четные стволы 2, в другую - все нечетные стволы 1 (понятие чисто условное). Отработанный пороховой газ сбрасывается в атмосферу через специальные устройства 3, 4. Оригинально выполнен газоотводный двигатель револьверной пушки Р-23 (рис. 8.15). В стволе 3 выполнены четыре газоотводных отверстия в трех различных сечениях по длине. При выстреле пороховой газ первоначально попадает в самое большое отверстие, из которого через систему газоводов идет на отражение гильзы (на рис. 8.15 не показано). Большая площадь сечения позволяет заполнять большой объем и получать высокое давление для стабильного выбрасывания стреляной гильзы из патронника без ее предварительного страгивания.

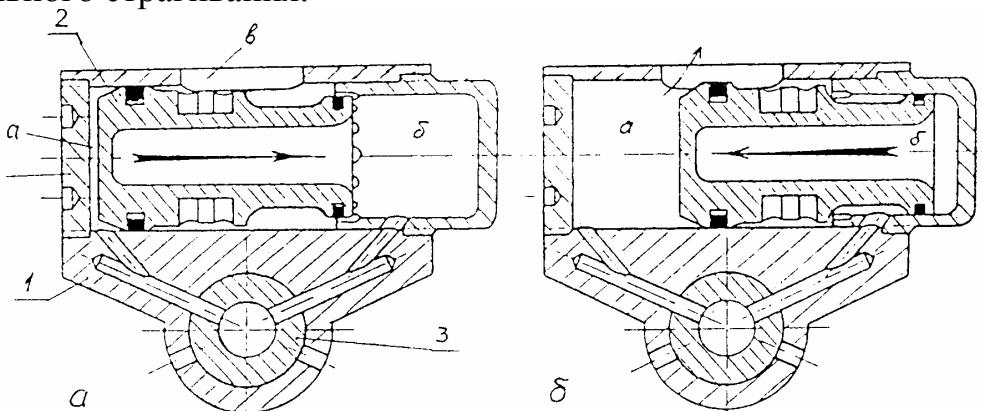


Рис. 8.15. Схема работы газоотводного двигателя пушки Р-23.

При дальнейшем движении снаряда открывается следующее отверстие, через которое пороховой газ воздействует на поршень, толкающий патрон в верхнее отверстие барабана пушки.

При прохождении снарядом двух отверстий в третьем сечении, газ одновременно поступает в два газовода корпуса 1.

В начальный момент (рис. 8.15, *a*) полость *a* имеет гораздо меньший объем и большую площадь сечения поршня 2, что приводит к созданию большей силы, которая будет перемещать поршень поперек ствола в сторону полости *b*.

Движение будет продолжаться до тех пор, пока газ из полости *a* не стравится в атмосферу через отверстие *b* (рис. 8.15, *b*), а в полости *b* поступивший газ будет отсечен от канала ствола 3 поршнем 2. Объем полости *b* резко уменьшается, но в нем аккумулируется достаточное количество энергии, которая заставит поршень 2

перемещаться в обратную сторону. Движение поршня влево - вправо, через систему рычагов перемещает ленту и вращает блок патронников.

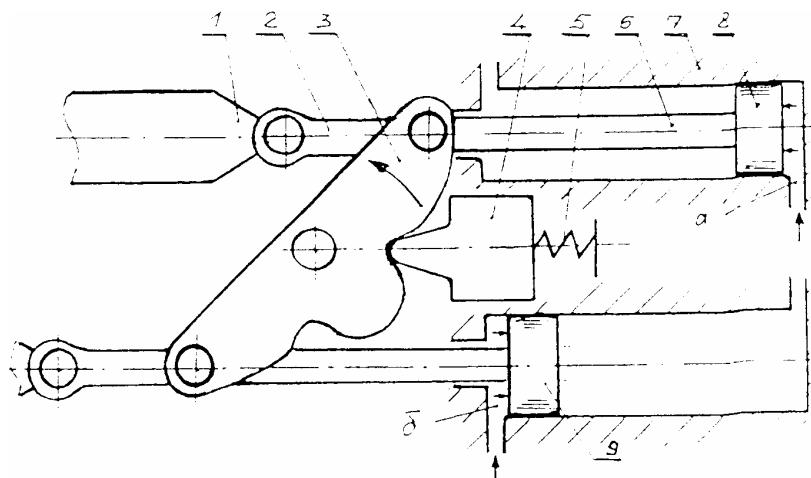


Рис. 8.16. Схема работы газоотводного двигателя пушки ГШ-23:  
1 – ползун; 2- серьга; 3 - соединительный рычаг; 4 – противоотскок; 5 – пружина; 6 - шток; 7 корпус;8, 9 – поршни.

Особенность газоотводного двигателя в пушке ГШ-23 (рис. 8.16) в том, что пороховой газ из каждого ствола отводится сразу на два поршня 8, 9, соединенных между собой жесткой связью 3, причем газ подается к своему поршню 8 на передний срез *a* и толкает его назад, а к поршню 9 соседнего ствола газ подается в запоршневое пространство *b* и толкает второй поршень вперед. Жесткая связь 3 выравнивает скорости подвижных частей 1 и распределяет нагрузки более равномерно.

### 8.3.6. Газовые регуляторы газоотводных устройств

Способ регулирования интенсивности действия газов на поршень во многом определяет конструкцию газового двигателя. Изменение импульса силы давления газов на поршень позволяет приспособиться к различным условиям стрельбы, повысить надежность работы автоматики. Например, в затрудненных условиях стрельбы (запыление), когда возрастает сопротивление движению деталей автоматики, регулятор ставят в положение, обеспечивающее максимальный импульс.

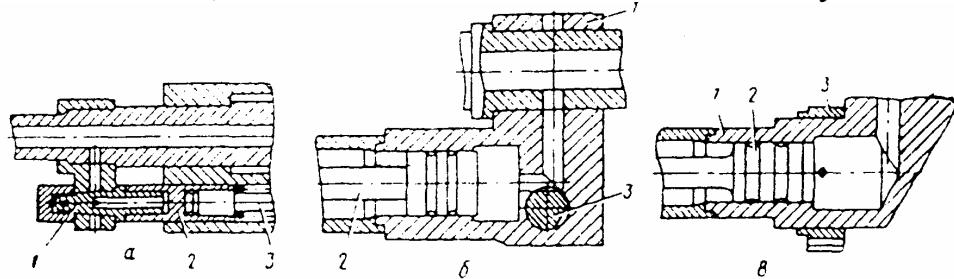


Рис. 8.17. Способы регулирования газового двигателя:  
*a* - изменением начального объема камеры; *b* - изменением площади сечения газопровода; *c* - сбросом части газов наружу; 1- газовая камера; 2 – поршень; 3- газовый регулятор.

Регулирование интенсивности действия газов на поршень может иметь как ступенчатый (две-четыре ступени), так и плавный характер. При ступенчатом регу-

лировании положение регулятора меняется скачком, при плавном регулировании регулятор можно устанавливать в любое положение.

Существуют несколько способов регулирования интенсивности действия газов на поршень (рис. 8.17): изменением начального объема камеры; изменением площади сечения газопровода; сбросом части газов из камеры.

Способ регулировки изменением начального объема за счет ввинчивания пробки является наименее эффективным из всех перечисленных. С увеличением объема импульс уменьшается, с уменьшением объема - возрастает.

Способ регулирования изменением площади поперечного сечения газопровода является наиболее распространенным (пулемет ПК, винтовка М16, пушка АМ-23 и др.). Эти устройства должны иметь четко отмеченное и зафиксированное положение регулятора, почти все они имеют ось вращения, но конструктивно ось вращения может располагаться поперек хода поршня или совпадать с осью направляющего цилиндра.

Способ регулировки сбросом части газов наружу несколько упрощает конструкции газового узла, делает ее более технологичной. Однако приводит к загазованности места, откуда ведется стрельба (пулемет Сент-Этьен, винтовка СВД).

## 8.4. МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

### 8.4.1. Общие требования к механизмам автоматического оружия

Важнейшие особенности работы механизмов автоматического оружия характеризуются высоким темпом стрельбы, наличием соударений звеньев и тяжелыми условиями эксплуатации.

К автоматическому оружию и его механизмам предъявляются следующие общие требования:

обеспечение необходимой мощности стрельбы за счет действия снаряда по цели на заданных дальностях, меткости стрельбы и скорострельности;

высокая маневренность оружия, подразумевающая быстроту открытия огня при установке оружия на огневой позиции и удобство пользования прицельными приспособлениями при переносе огня по различно расположенным целям;

подвижность оружия, накладывающая ограничения на вес и габариты оружия, удобство транспортировки;

надежность действия оружия, его безотказность действия, безопасность в обращении и живучесть;

простота обслуживания оружия;

экономические требования: дешевизна используемых материалов, нормализация и стандартизация деталей и узлов, понижение точности обработки, максимальная взаимозаменяемость деталей и узлов, упрощение оборудования и инструмента при изготовлении.

### 8.4.2. Особенности подающих механизмов автоматического оружия

Процесс подачи патронов в любом автоматическом оружии состоит в последовательном перемещении патронов в магазине или с лентой на приемное окно ко-

робки автоматики.

В зависимости от способа снаряжения патронов (в ленты или в магазины) различают два основных типа подачи патронов: магазинную подачу, ленточную подачу.

Магазинная подача в автоматическом оружии заимствована от неавтоматического оружия. Ее главнейшим положительным качеством является возможность осуществления подачи патронов к приемнику без использования энергии пороховых газов (от постороннего источника энергии), что упрощает конструкцию оружия.

Ленточная подача применяется только для автоматического орудия. Благодаря большой емкости лент, она обеспечивает большую практическую скорострельность и широко применяется в МАП. Общие случаи устройства подающих механизмов рассмотрены в главе 4 (п. 4.4). Приведем ниже некоторые механизмы подачи, специфичные для МАП.

На рис. 8.18 представлена схема ползункового перемещения ленты, совершающего возвратные движения в плоскости, перпендикулярной оси оружия. При рабочем ходе затворной рамы 4 передающий рычаг 11 передает ползун 1.

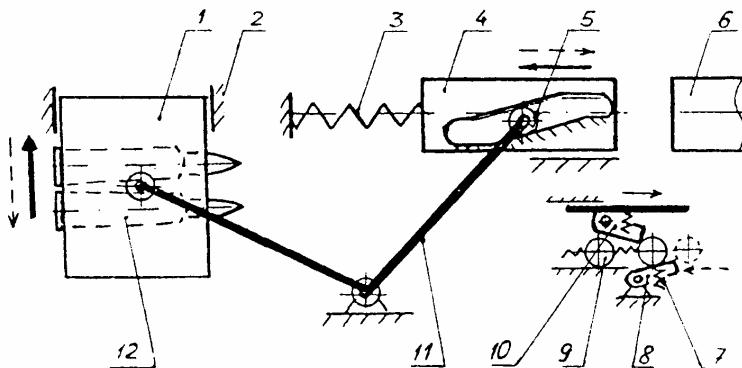


Рис. 8.18. Схема ползункового механизма перемещения ленты:  
1 – ползун; 2 – направляющий; 3 – пружина; 4 – затворная рама; 5 – ролик; 6 – ствол; 7 – пружина; 8 – фиксирующие пальцы; 9 – патроны; 10 – подающие пальцы; 11 – передающий рычаг; 12 – звенья ленты

На ползуне закреплены подпружиненные подающие пальцы 10, которые упираются в звено ленты 12 и при рабочем ходе ползуна перемещают всю ленту. При холостом ходе пальцы 10 перескакивают за очередной патрон 9. Во время холостого хода ползуна лента удерживается от обратного смешения фиксирующими пальцами 8. Применяется в системах НР-23, ВЯ-23, 2А42, 2А72.

В пушке НР-23 (рис. 8.19) подачу патронов 7 в ленте осуществляют ползун 1, получающий энергию от ствола 5 при его коротком ходе. Движение ствола 5 переводится во вращательное движение копира 4, который своими гранями *a* или *b* толкает двуплечий рычаг 2, вращающийся вокруг неподвижной оси 3. Второе плечо движет ползун 1. Причем движение лепты в откате ствола (рабочий ход) осуществляется гранью *a*, а холостой ход ползуна 1 (забег за очередной патрон) при накате ствола 5 - гранью *b*.

На рис. 8.20 дана схема работы подающего механизма пушки 2А42. Патроноподающий механизм получает энергию от затворной рамы 9, при этом совершает рабочий ход (подает ленту) при откате рамы, а холостой ход (забег за очередной патрон) - при ее накате. В откате рама давит на выступ в рычага 7, который через малую сергу 5 поворачивает вниз верхнюю серу у 3, на которой кренится каретка 2.

Для сообщения каретке 2 плоскопараллельного движения одновременно поворачивается и нижняя серьга 4, сжимая пружину 8. Каретка 2 воздействует сразу на два патрона 1, находящихся в ленте. При накате рама действует уже на переднюю часть рычага 7а, поворачивая его в обратную сторону, и подающие пальцы каретки засекают за очередной патрон в ленте. При холостом ходе каретки удержание патронов осуществляется фиксирующими пальцами 6.

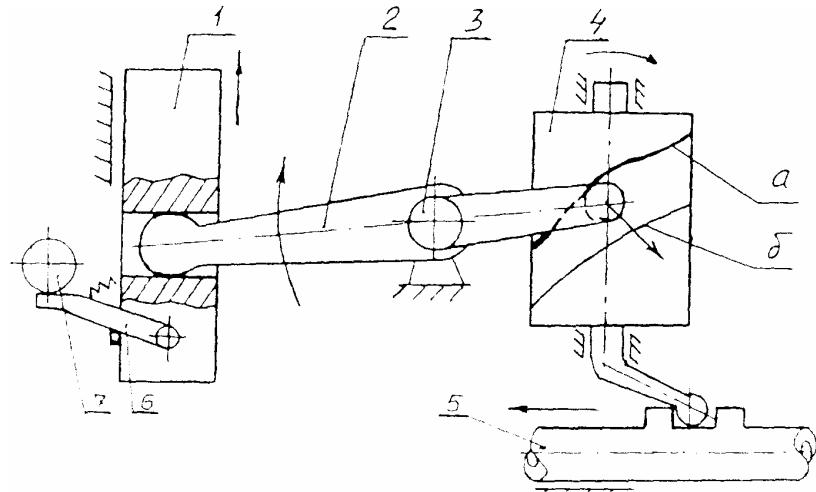


Рис. 8.19. Схема перемещения ленты в пушке НР-23:

Механизм перемещения ленты качающимся рычагом (см. рис. 4.19) имеет более простую конструкцию. Рычаг 6 качается на неподвижной оси. Одно из плеч рычага связано с приводом подачи, на втором шарнирно закреплены подпружиненные пальцы подачи 3, которые перемещают ленту 2 во время рабочего хода. Рычаг может располагаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Применяется в ПК, пулемете Никитина, НСВ-12,7.

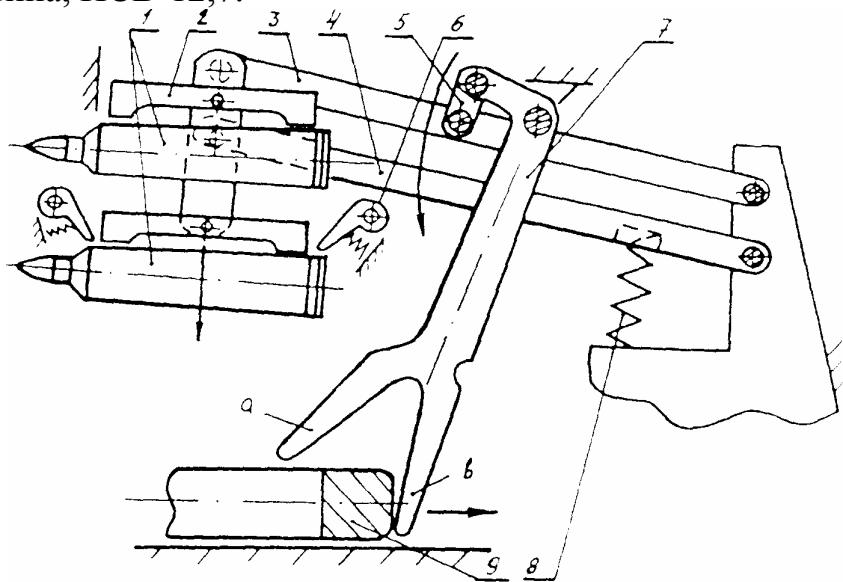


Рис. 8.20. Схема перемещения подающего механизма пушки 2А42.

В ползунковых и рычажных механизмах перемещения величина хода подающих пальцев должна быть больше шага ленты.

Барабанная подача или подача звездочкой может работать как в импульсном режиме, так и в режиме непрерывного вращения во время стрельбы. В импульсном

режиме работает подача в стрелковом оружии с циклической автоматикой. В многоствольном оружии вращение блока стволов при всей очереди сопровождается непрерывным вращением звездочки подачи. Барабан представляет собой массивный цилиндр с гнездами для звена ленты с патроном. Диаметр барабана зависит от числа гнезд на нем и шага ленты. На рис. 8.21 показана схема подачи.

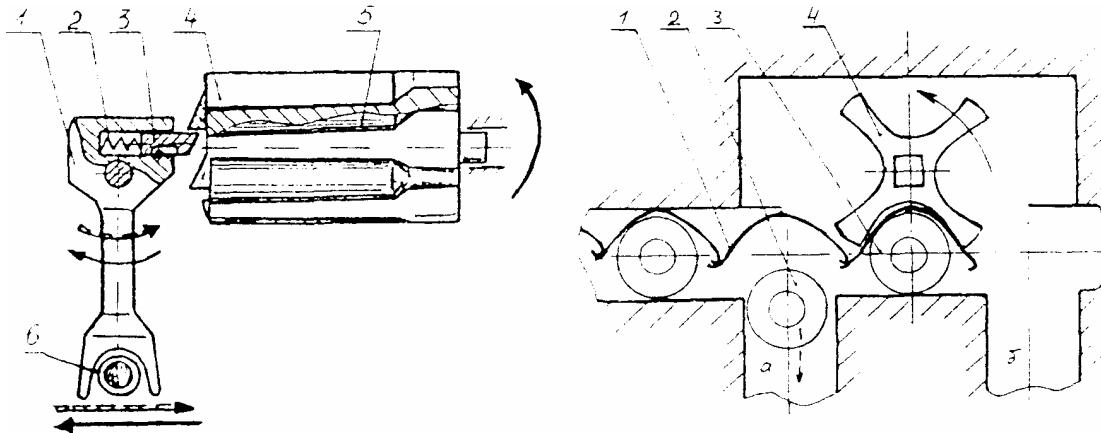


Рис. 8.21. Схема барабанной подачи:  
1 - рычаг; 2 – пружина; 3 – защелка;  
4- барабан; 5 – патрон; 6 - затворная  
рама.

В многоствольном оружии часто применяется подача звездочкой, узкие перья которой захватывают гильзу только в головной и зарядной ее частях.

На рис. 8.22 показан механизм подачи двуствольной пушки ГШ-23, где питание двух стволов осуществляется из одной ленты. Звездочка 4 протягивает ленту 1 с такой скоростью, что в приемном окне первого по ходу ствola *a* снижатели снимают с ленты только каждый второй патрон 2, а неснятый патрон 3 пройдет до приемного окна второго ствола *b*. После досылания патрона звенья ленты обычно рассыпаются, что позволяет их удобно отводить и складировать.

Рис. 8.22. Схема подачи звездочкой пушки  
ГШ-23

#### **8.4.3. Особенности досылающих механизмов автоматического оружия**

Досылающие механизмы автоматического оружия осуществляют большие перемещения патронов за весьма малые промежутки времени, исчисляемые сотыми долями секунды. Эта особенность работы механизмов подачи патронов в патронник заставляет обращать особое внимание на величину и характер действия инерционных усилий и принимать все меры для уменьшения ускорений патрона, чтобы исключить нарушения прочности патрона и особенно прочности крепления снаряда и капсюля в гильзе.

Перемещение патрона в патронник при прямом досылании осуществляется одним движением затвора или досылателя вперед.

Перемещение патрона в патронник при непрямом досылании (ступенчатом) осуществляется в несколько этапов.

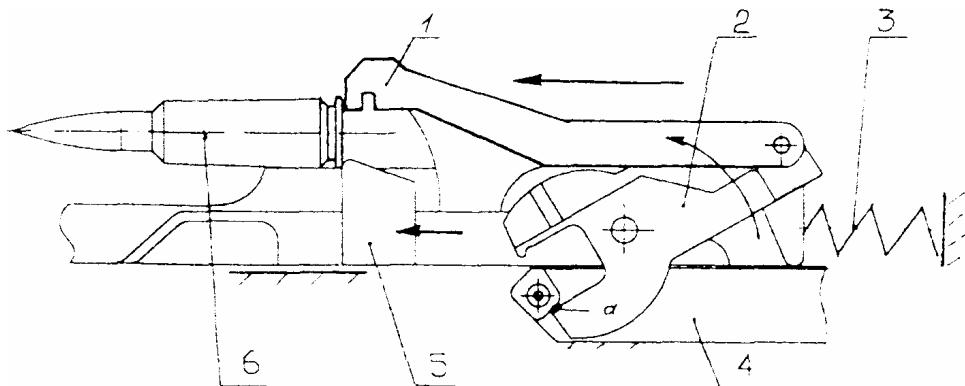


Рис. 8.23. Схема досылания пушки АМ-23.

На рис. 8.23 показана схема прямого досылания (АМ-23, 2А7, 2А14).

Основной особенностью малокалиберной пушки АМ-23, позволяющей иметь высокий темп стрельбы, является небольшое, меньше длины патрона, перемещение затворной рамы 5. Для досылания патрона 6 используется специальный досылатель 1, который за счет поворота рычага 2, сжимающего пружину 3, вокруг точки *a* неподвижного упора 4 получает более высокую, чем затворная рама 5, скорость перемещения. В начале досылания роль направляющей патрона 6 играет звено ленты. При таком укороченном досылании большую роль играет прочность самого патрона.

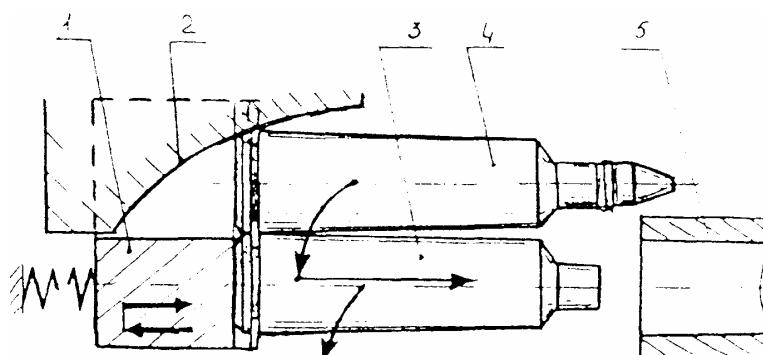


Рис. 8.24. Схема клинового механизма досылания пушки ВЯ-23

Непрямое (ступенчатое) досылание отличается разнообразием траекторий досылания и механизмов реализации. Рассмотрим некоторые схемы, встречающиеся в МАП.

На рис. 8.24 показан клиновой механизм досылания в пушке ВЯ-23.

Патронодосылающий механизм этого типа проще ранее рассмотренных и имеет небольшие габариты, однако для отражения последней гильзы в этом случае обычно необходимо иметь дополнительное устройство, усложняющее конструкцию. Досылание патрона 4 происходит при перемещении его с затвором 1 назад и под действием клипа 2 вниз, при этом он отражает стрелянную гильзу 3, становится на линию канала овода 5. Окончательное досылание происходит при движении затвора 1 вперед.

Проектируя механизмы подачи патронов в патронник, особое внимание следует уделить исследованию движения патронов для устранения причин, которые могут вызвать остановку (утыкание) патронов при их подаче. При этом необходимо самым тщательным образом проследить весь путь патрона в оружии, обеспечить конструктивно единственно возможное, определенное движение патрону, устранив

какие бы то ни было возможности уклонения патрона от намеченного для него пути. Отмеченная схема имеет принудительное досылание: досылатель воздействует на патрон на всем пути движения патрона.

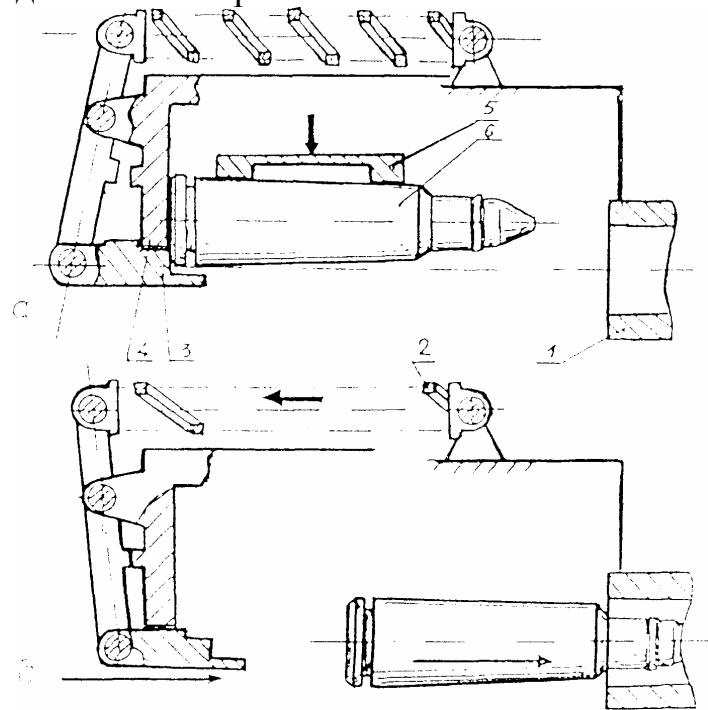


Рис. 8.25. Схема инерционного досылания пушки ГШ-301

В авиационной пушке ГШ-301 спроектирован инерционный досылатель, схема которого впервые была выполнена в шведской 40-мм пушке "Бофорс". Принцип работы показан на рис. 8.25 и заключается в том, что при выстреле часть энергии отката ствола 1 запасается в пружине 2. при этом досылатель 3 стоит на шептала 4. При работе патроно-подающего механизма 5 патрон 6 нажимает на досылатель и он срывается с шептала. Досылатель под действием пружины толкает патрон вперед на небольшом участке, и патрон летит в патронник без взаимодействия с какими-либо направляющими, достигая скорости 24 м/с.

Продольные усилия, действующие на патрон при досылании, приложены или в начале его движения (досылающий удар), или в конце движения (удар при остановке патрона или тормозящее усилие). Характер возможных деформаций патрона и допустимые величины ускорений при этом различны, поэтому рассматривается отдельно прочность патрона при торможении и прочность патрона при разгоне.

Прочность патрона при торможении. Ввиду условностей понятий ударного и безударного торможения считают нагружение ударным, если патрон взаимодействует с деталью, имеющей до момента соприкосновения скорость, отличную от скорости патрона. Виды деформации патрона при ударном торможении различны. Они зависят от способов торможения патрона при фиксации патрона в патроннике, а также от того, к каким местам гильзы приложено тормозящее усилие.

В современных конструкциях пушек гильза может останавливаться следующим образом:

ударом буртика на гильзе о пенек ствола. При таком способе фиксации опасной деформацией является извлечение снаряда из гильзы (распатронирование); при распатронировании невозможна перезарядка пушки, так как снаряд не может быть

извлечен из патронника;

ударом ската гильзы о скат патронника. Этот вид торможения применяется наиболее широко, в настоящее время существуют две различные схемы использования этого вида фиксации патрона в стволе.

*Первая схема* наиболее традиционная, когда патрон всей площадью ската садится на площадку ската патронника (углы скатов равны), при этом патрон останавливается почти мгновенно. При такой схеме останова размеры патрона должны быть выполнены достаточно точно, чтобы капсюль патрона занимал правильную позицию перед наколом. При больших скоростях досылания возможен проскок патрона в патронник. В этом случае выбрасыватель не может захватить гильзу (невозможна перезарядка), и боек не может наколоть капсюль, так как патрон далеко отстоит от зеркала затвора.

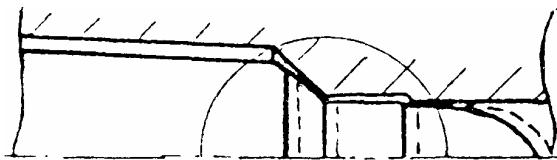


Рис. 8.26. Схема перештамповки ската гильзы.

*Вторая схема* - посадка гильзы происходит с перештамповкой скатов гильзы, при этом останов патрона более плавный, что положительно влияет на патрон. Процесс перештамповки легко получить, сделав различными углы скатов гильзы и скатов патронника (рис. 8.26). Начальное соприкасание происходит по кольцу малой площадью с постоянным увеличением ее деформацией гильзы. Такая схема подразумевает, что заранее неизвестно, где окажется капсюль-воспламенитель относительно бойка. Этот недостаток используется как положительный фактор - можно изготавливать гильзы с более грубыми допусками (патрон АО-18), но каждый раз перед выстрелом требуется осуществлять подтяг патрона к зеркалу затвора.

Прочность патрона при разгоне. Так же, как и при торможении, разгон может быть ударным и безударным. Характер деформации при ударном и безударном разгоне одинаков. При разгоне на патронах можно обнаружить следующие деформации:

выпучивание гильзы по дульцу или по конусу. Такой вид деформации обычно называют воротником;

осадка снаряда внутрь гильзы;

отпечатки на донце гильзы от удара досылателя.

Осадка снаряда внутрь гильзы наблюдается у патронов с пулей. В некоторых случаях такой вид деформации может наблюдаться при ведущем пояске, имеющем обратный конус, что часто встречается в большинстве авиационных боеприпасов; однако для них осаживание встречается только при слабой закатке.

При ведущем пояске, не имеющем обратного конуса, гильза опирается на торец ведущего пояска. При таком монтаже единственным видом деформации гильзы у дульца при досылающем ударе является образование воротника.

Отпечаток на донце гильзы получается при малой площади соприкосновения досылателя с гильзой. Деформация донца при досылающем ударе действует аналогично смятию буртика при торможении патрона и смягчает ударную нагрузку на патрон. Ввиду этого в ряде систем площадь соприкосновения досылателя с гильзой специально уменьшается с целью сокращения деформаций гильзы в районе дульца.

#### 8.4.4. Механизмы открывания и закрывания канала ствола

Основной деталью, осуществляющей открывание и закрывание канала ствола, обычно является затвор.

Механизмы открывания и закрывания канала ствола в зависимости от характера движения затвора можно делить на группы со скользящим затвором, с качающимся затвором, с затвором поперечного движения.

Механизмы со скользящим затвором обеспечивают открывание и закрывание канала ствола при помощи прямолинейного и поступательного движений затвора вдоль оси канала ствола (см., например, рис. 8.8). Они наиболее просты и достаточно часто применяются.

Механизм с качающимся затвором обеспечивает движение его передней части по дуге поперек казенного среза.

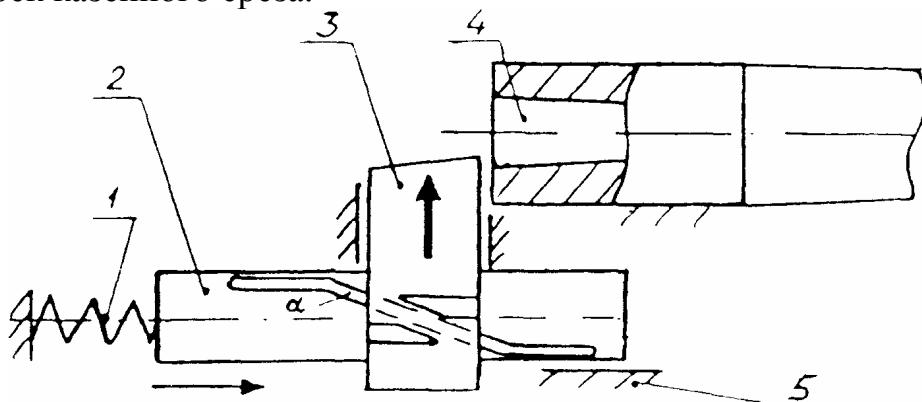


Рис. 8.27. Схема закрывания канала ствола затвором поперечною движением:  
1 - пружина; 2 - затворная рама; 3 – затвор; 4- ствол; 5 – коробка.

Механизмы с затвором поперечного движения (рис. 8.27) открывают и закрывают канал ствола при помощи прямолинейного и поступательного движений затвора в направлении, перпендикулярном направлению оси канала ствола. Эти механизмы обладают теми же преимуществами и недостатками, что и механизмы с качающимся затвором и позволяют иметь небольшие габариты.

В револьверном оружии закрывание и открывание канала ствола осуществляется вращением блока патронников вокруг оси, параллельной оси канала ствола.

Наиболее рациональным по количеству выполняемых операций перезаряжания являются механизмы с продольно-скользящим затвором, но их движение всегда сопряжено с большими ускорениями из-за больших перемещений затвора. Наименьшее ускорение и максимальный темп стрельбы обеспечивают механизмы с вращательным блоком открытых патронников.

В автоматическом оружии, действие автоматики которого основано на принципе использования отдачи стволов, для работы механизма открывания и закрывания канала ствола используется кинетическая энергия откатывающегося ствола. К концу отпирания затвора в этих системах оружия затвор обычно не обладает достаточным запасом кинетической энергии для обеспечения надежной работы, и поэтому в таком оружии применяются специальные механизмы, сообщающие дополнительную кинетическую энергию затвору за счет кинетической энергии ствола. Эти механизмы получили название ускорительных.

#### 8.4.5. Ускорительные механизмы

Основные требования, предъявляемые к ускорительным механизмам:

- обеспечение необходимых скоростей затвору при небольших значениях ускорений;
- обеспечение безударной работы ускорителей;
- обеспечение необходимой живучести деталей ускорительного механизма при небольших габаритах;
- обеспечение минимального влияния сил трения на работу ускорительного механизма;
- простота конструкции.

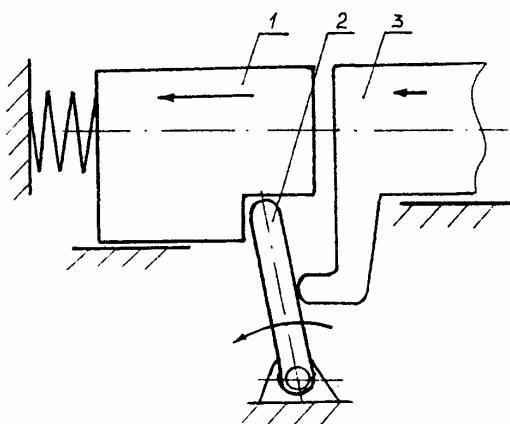


Рис. 8.28. Рычажный ускоритель:  
1 – затворная рама; 2 – рычаг; 3 – ствол

В рычажном ускорителе (рис. 8.28) ускорение осуществляется за счет того, что ствол ударом воздействует на рычаг ускорителя в точке, значительно ближе расположенной к мгновенной оси вращения рычага. Рычажные ускорительные механизмы просты по устройству и в производстве, но не обеспечивают безударной работы, что снижает живучесть их деталей. Поэтому в современных образцах оружия они применяются редко.

В кулачковых ускорительных механизмах (рис. 8.29) ускорение затвора осуществляется за счет разности плеч кулачка, взаимодействующего со стволовом и затвором. Соотношение этих плеч (положение точек *a* и *b*) постоянно меняется, что позволяет обеспечить плавность возрастания скорости затвора по заранее заданному закону. Изменение соотношений плеч кулачка достигается за счет профиля взаимодействующих поверхностей кулачка. Благодаря этому достоинству, кулачковые ускорительные механизмы находят сравнительно широкое применение в образцах оружия, несмотря на то, что их детали требуют высокой точности изготовления и обработки сложных профилей.

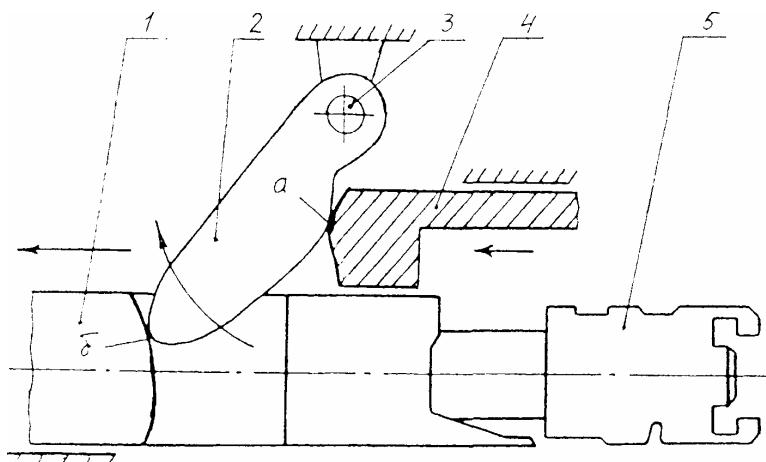


Рис. 8.29. Кулачковый ускоритель:  
1 – затворная рама; 2 – ускоритель; 3 – ось; 4 – ствольная коробка; 5 – затвор.

Копирные ускорительные механизмы обычно представляют разновидность кулачковых механизмов с неподвижно закрепленным кулачком. Эти механизмы также обеспечивают плавное изменение относительной скорости затвора по заранее заданному закону. Копирные ускорительные механизмы обычно позволяют использовать их для отпирания затвора, что несколько упрощает конструкцию образца оружия. Конструкция копирных ускорителей существенно зависит от способа отпирания и запирания затвора.

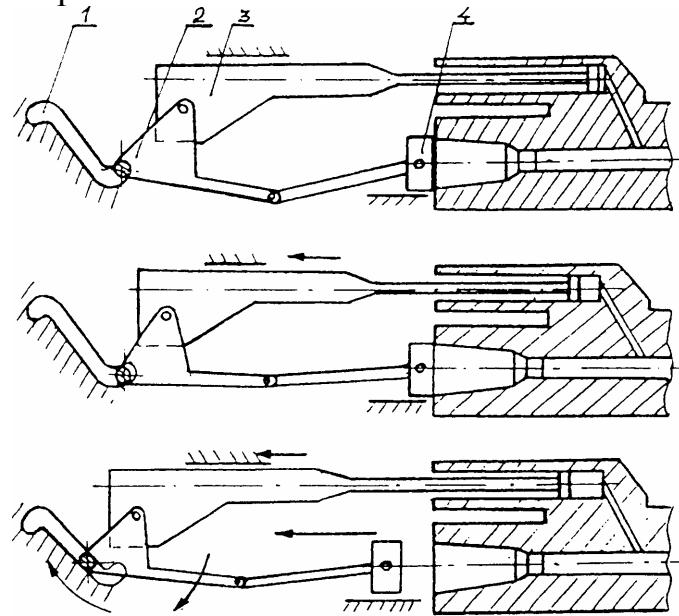


Рис. 8.30. Копирный ускоритель.

Схема работы копирного ускорительного механизма пушек ГШ-23, ГШ-30 показана на рис. 8.30, где копир 1 выполнен на неподвижной коробке автоматики и позволяет получать скорость затвора 4 больше скорости рамы 3 посредством поворота ускорителя 2.

Ускорение затвора в пружинных ускорительных механизмах осуществляется после отпирания затвора за счет разжатия пружины ускорителя, сжатой во время совместного движения ствола и затвора во время отдачи ствола. Эти механизмы обеспечивают плавность работы деталей, не передают усилий на короб пулемета, так как

сила пружины ускорителя является внутренней силой. Но пружинные ускорители сложны по конструкции, их надежность зависит от качества пружины ускорителя. При ручном перезаряжании они требуют больших усилий для взведения пружины ускорителя. В современных образцах подобные ускорители не применяются.

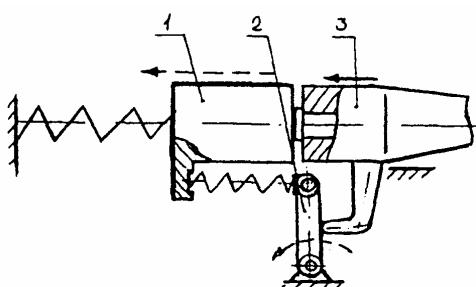


Рис. 8.31. Пружинный ускоритель:  
1 – затвор; 2 – рычаг; 3 – ствол

Ускорительные механизмы работают или после отпирания затвора, или при отпирании затвора.

При совместной работе с механизмом отпирания ухудшаются условия работы механизма ускорения затвора, ибо отпирание затвора обычно производится

#### 8.4.6. Подтяг патрона

При высоких скоростях досылания патрона может происходить деформация гильзы при ее фиксации в патроннике, а в некоторых образцах МАП этот процесс заложен в условия работы.

В этих случаях конструктор должен предусмотреть правильную установку капсюля гильзы непосредственно перед воздействием на него механизмом воспламенения, независимо от того, где мог оказаться капсюль в процессе досылания. Для этого в современных пушках предусмотрены механизмы подтяга патрона к зеркалу затвора перед выстрелом.

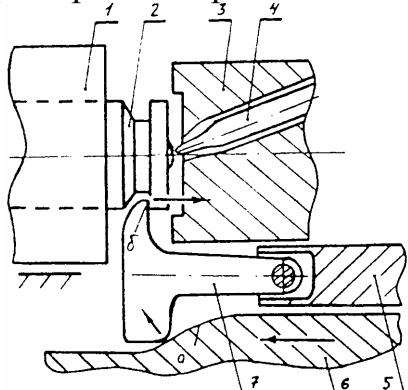


Рис. 8.32. Схема подтяга патрона

Обычно такие механизмы актуальны в системах, где нет жесткой связи затвора и патрона.

На рис. 8.32 дана схема работы подтяга патрона в пушке 2А42. После запирания затвора 3 с ударником 4 рама 6 продолжает движение относительно казенника 5 и наклонным скосом *a* действует на защелку 7, которая поворачивается вокруг своей оси и своей гранью *b* сдвигает фланец гильзы 2 назад, извлекая патрон из ствола 1, и прижимает его к затвору 3.

При запирании поперечно движущимся затвором (АМ-23, ГШ-301) для подтяга патрона можно использовать клиновой выступ, отжимающий фланец гильзы назад. То же можно осуществить и при повороте затвора.

#### 8.4.7. Механизмы отпирания и запирания затвора

Механизмы отпирания и запирания обеспечивают сцепление ствола с затвором перед выстрелом и расцепление их после выстрела. Главнейшей особенностью их является то, что они работают при действии давления пороховых газов на их детали. Исходя из этих условий, необходимы уменьшение износа рабочих поверхностей и наименьшие (а также стабильные по величине) затраты энергии.

Хотя механизмы отпирания и запирания имеют разное функциональное назначение и их работа происходит в разных условиях, почти всегда они имеют одинаковые ведущие и ведомые звенья, а отличаются лишь тем, что используются разные рабочие поверхности этих звеньев во время отпирания и запирания.

В зависимости от способа отпирания механизмы отпирания можно разделить на механизмы с самоотпирающимся затвором, с полупринудительным отпиранием и с принудительным отпиранием. Наиболее широкое распространение в автоматическом оружии получили механизмы с принудительным отпиранием.

Механизмы с принудительным отпиранием следует разделять па механизмы,

обеспечивающие раннее и позднее отпирание затвора. В первом случае отпирание заканчивается тогда, когда в канале ствола еще существует значительное давление пороховых газов, действие которых на затвор через гильзу используется для работы автоматики. Во втором случае отпирание заканчивается при небольшом давлении пороховых газов в канале ствола, действие которых не оказывает существенного влияния на работу автоматики.

Позднее или раннее отпирание затвора обычно определяется величиной свободного хода основного ведущего звена механизма отпирания. Свободным ходом называется перемещение ведущего звена под действием давления пороховых газов до начала отпирания.

По конструктивным признакам механизмы отпирания и запирания следует разделять на следующие типы: механизмы с клиновым запиранием, с запиранием перекосом затвора или ствола, с запиранием боевыми упорами, с рычажным запиранием, с кривошипно-шатунным запиранием, с запиранием поворотом затвора или ствола, с запиранием поворотом личинки или муфты.

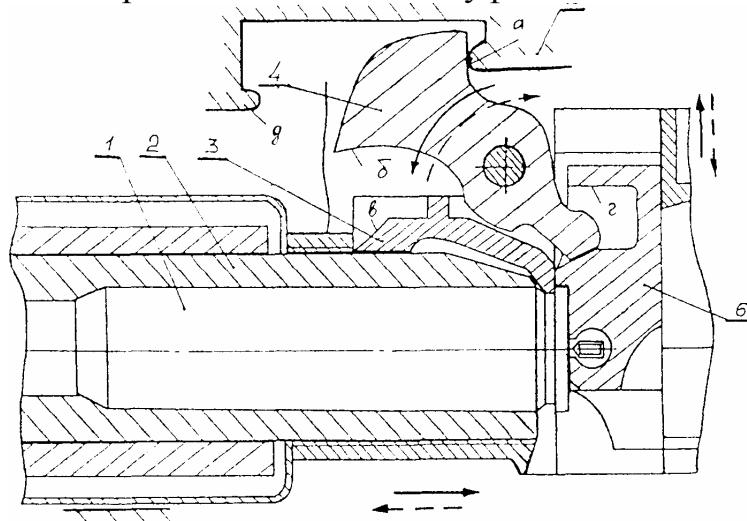


Рис. 8.33. Схема запирания и отпирания затвора пушки ГШ-301

*Клиновое запирание* находит достаточно широкое применение (см. рис. 8.27). В этом типе запирания затвор запирается и отпирается посредством специальной детали (клина), который становится на пути затвора или убирается с него. Роль клина может играть сам затвор.

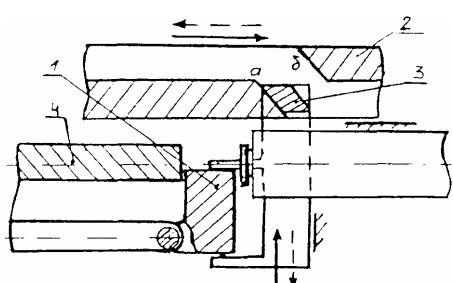


Рис. 8.34. Схема запирания и отпирания затвора пушки ГШ-30.

В авиационной пушке ГШ-301 (рис. 8.33) при коротком ходе ствола 2 осуществляется отпирание затвора 6 специальным рычагом 4, который контактирует с выступами *a* коробки 5, поворачивается вокруг своей оси и за грань *g* поднимает затвор 6, открывая канал ствола. В конце поворота рычаг 4 гранью *b* толкает за площадку *v* экстрактор 3 назад. Экстрактор 3 входит в проточку гильзы 1 и сдвигает ее, облегчая

выбрасывание гильзы пороховыми газами. При накате ствола 2 вперед рычаг 4 упирается в выступ  $\delta$  и поворачивается в обратную сторону, опуская при этом затвор 6 для запирания.

На рис. 8.34 дана схема запирания затвора авиационной пушки ГШ-30. Затвор 1 под действием затворной рамы 2 поступательно перемещается при накате. В крайнем переднем положении затвор останавливается, а затворная рама, продолжая двигаться, своим скосом  $a$  поднимает передний снижатель 3, который поднимает затвор и ставит его напротив неподвижных выступов 4 корпуса оружия. Отпирание осуществляется путем снижения затвора под действием скоса  $b$  на затворной раме при откате.

*Запирание перекосом* затвора находит применение в стрелковых системах оружия. На рис. 8.35 дана принципиальная схема узла запирания перекосом затвора, где смещению затвора 1 при выстреле препятствует выступ на коробке 3. Затвор заходит за выступ только при приходе его в крайнее переднее положение под действием скоса  $a$  на затворной раме 2. От смещения во время выстрела затвор удерживается площадкой  $b$  на затворной раме. При движении назад затворная рама, проходя свободный ход, своим скосом  $b$  поднимает (отпирает) затвор и, подхватывая его, движется назад. Опорная поверхность выступа 3 обычно выполняется под некоторым углом, обеспечивающим минимальные затраты энергии ведущего звена на отпирание и запирание затвора. Узлы запирания получаются длинными, нежесткими, и такой вид запирания не находит широкого применения.

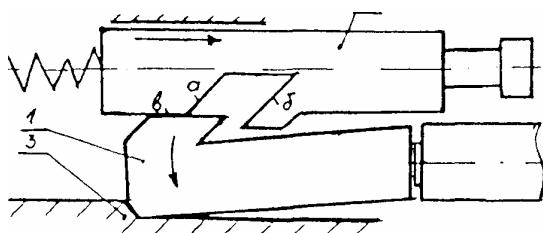


Рис. 8.35. Схема запирания перекосом затвора

Наиболее широкое распространение получило *запирание поворотом затвора*. Такой тип запирания часто применялся ранее для различного неавтоматического оружия и применяется в настоящее время для многих образцов автоматического оружия. Этот способ позволяет получить очень короткий узел запирания и иметь весьма простые по устройству и надежно действующие механизмы отпирания и запирания. При большом многообразии конструктивных решений запирания поворотом затвора их объединяет принцип взаимной связи между затвором и затворной рамой. Обычно в затворной раме имеется фигурный паз, который управляет затвором (поворачивает относительно продольной оси). Фигурный паз имеет два прямолинейных участка.

На рис. 8.36 представлена схема взаимодействия фигурного паза на затворной раме 1 с ведущим выступом затвора 2. При накате ведущий выступ находится на прямолинейном участке  $a$  фигурного паза рамы. При подходе к переднему положению затвор своим скосом 3 взаимодействует с наклонной площадкой на ствольной коробке 4, происходит предварительный поворот затвора. Ведущий выступ сходит с прямолинейного участка  $a$  и оказывается на наклонном участке  $b$ . Продолжающая

движение вперед затворная рама участком  $b$  поворачивает затвор, происходит запирание (боевые упоры на затворе заходят за выступы коробки). После запирания рама проходит еще некоторый путь.

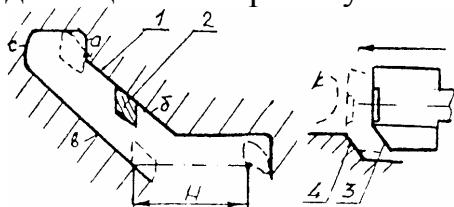


Рис. 8.36. Схема запирания поворотом затвора.

При откате затворная рама проходит свободный ход  $H$ , после чего начинается отпирание путем воздействия наклонной площадкой  $\nu$  на ведущий выступ затвора. Затвор поворачивается, и боевые упоры выходят из зацепления с пазами на ствольной коробке. В конце отпирания затворная рама площадкой  $c$  подхватывает затвор, и подвижные части движутся назад. Свободный ход используется для набора энергии затворной рамой, способствует предохранению от раннего отпирания и противоотскоку.

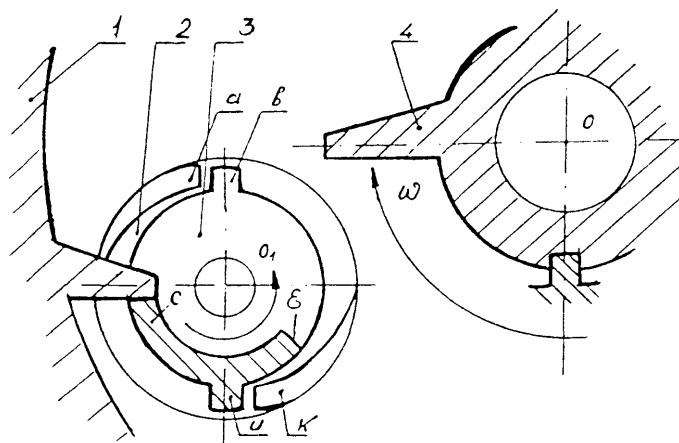


Рис. 8.37. Схема отпирания и запирания затвора пушки ГШ-6-30.

В шестиствольной 30-мм пушке ГШ-6-30 поворот затвора осуществляется под действием специальных неподвижных выступов на корпусе пушки, при круговом движении затворов вместе со стволами. На рис. 8.37 показана схема работы узла запирания-отпирания, где казенник со стволом  $2$  и затвором  $3$  вращаются в корпусе вокруг оси  $O$  с угловой скоростью  $\omega$ . Замыкатель  $1$  и размыкатель  $4$  неподвижны относительно корпуса. При движении затвор  $3$  своей площадкой  $c$  налетает на неподвижный выступ замыкателя  $1$ , при этом происходит поворот затвора  $3$  вокруг оси  $O_1$ . Поворот заставляет боевые упоры затвора  $\nu$  зайти за выступы казенника  $a$ , происходит запирание затвора. После протекания процесса выстрела затвор  $3$  своей площадкой  $e$  наскакивает на неподвижный выступ размыкателя  $4$ , при этом затвор проворачивается по часовой стрелке и боевые выступы затвора  $\nu$  выходят из пазов казенника  $a$ . Происходит отпирание затвора.

Снятие затвора с прямолинейного участка рамы  $a$  (рис. 8.36) сопровождается дополнительным ударом в коробку, в некоторых МАП выполнены только наклонные площадки, а для предотвращения поворота затвора в накате имеются специальные защелки.

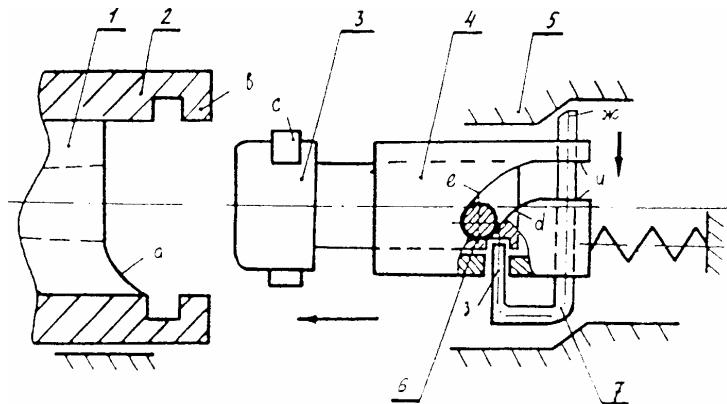


Рис. 8.38. Схема отпирания и запирания затвора пушки 2А42.

На рис. 8.38 показана схема механизма запирания пушки 2А42. При накате затвор 3 зафиксирован от поворота зубом з фиксатора 7 затвора. При подходе затвора 3 в переднее положение фиксатор взаимодействует с наклонной площадкой ж ствольной коробки 5 и выводит выступ з из защемления с затвором. При дальнейшем движении затвор 3 взаимодействует с винтовыми выступами а ствола 7 и начинает поворачиваться. Дальнейший поворот осуществляется с помощью роликов 6, на которые воздействует запирающая грань d затворной рамы 4. При повороте затвора 3 его боевые выступы с заходят за пазы в казеннике 2, а ролики 8 попадают на

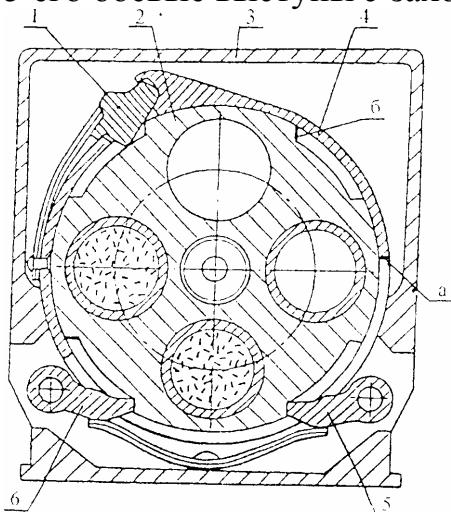


Рис.8.39. Схема фиксации патронников пушки Р-23

прямолинейный участок и, который не позволяет производить отпирание при отске-ке рамы 4 после удара в переднем положении.

Отпирание затвора 3 начинается после того, как рама 4 пройдет свободный ход, и ролики начнут смещаться оттирающей гранью е. В конце отпирания затвор откатывается по винтовым выступам а ствола 1 и начинает плавно разгоняться. Этим обеспечивается первоначальное страгивание гильзы из патронника и безударное присоединение затвора 3 к раме. В откате затвор фиксируется в раме перемещением фиксатора 7 от действия скоса коробки 5.

Своеобразно запирание револьверных пушек, где требуется перед выстрелом фиксировать блок патронников. На рис.8.39 показан момент фиксации патронников 2 остановом 5 и противоотском 6 пушки Р-23. Поворот патронников 2 может осуществляться по часовой стрелке или против в зависимости от левосторонней или правосторонней подачи патронов. Направление вращения зависит от постановки защелки 1 кольца 4. На данной схеме для снятия с (фиксации и поворота патронни-ков кольцо вначале должно совершить холостой ход (но часовой стрелке), при этом грань а отжимает останов 5, а защелка поворачивает патронники за грань б, пока

следующий патрон не встанет на линию ствола, а освободившийся останов не встретит выступ *a* и не остановит патронники. Отскок патронников после удара погасит противоотскок *b*, который зафиксирует патронники.

#### 8.4.8. Механизмы воспламенения (производства выстрела)

Механизмы производства выстрела подробно рассмотрены в главе 2 (и. 2.3.6). Здесь показаны лишь некоторые оригинальные механизмы некоторых автоматических пушек.

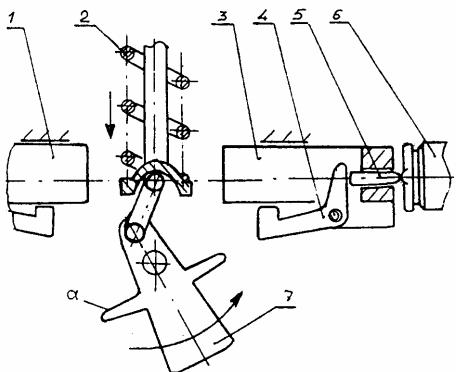


Рис. 8.40. Схема ударного механизма пушки ГШ-23

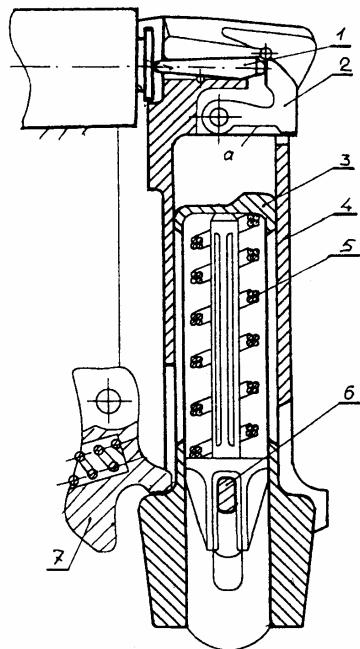


Рис. 8.41. Схема ударного механизма пушки АМ-23

На рис. 8.40 приведена схема ударного механизма куркового типа пушки ГШ-23, где один курок 7 воздействует на бойки 5 двух затворов 1 и 3. Удар передается через рычаги 4. Переброс курка с одного затвора на другой осуществляется за счет специальных передних снижателей, которые воздействуют на плечи *a* и отталкивают курок в сторону соседнего затвора.

Если при отпирании затвор движется в поперечном направлении (АМ-23, ГШ-301, Р-23, ТКБ-515), то боек должен быть подпружинен, чтобы после выстрела он мог выйти из образовавшейся при ударе по капсюлю лунки и избежать поломки. Разбитие капсюля в пушке АМ-23 показано на рис. 8.41. При подъеме затвора 4 в верхнее положение происходит запирание и сжатие боевой пружины 5, так как верхний ее конец упирается в неподвижный ударник 3, который стоит на шептале 7, а нижний поднимается штифтом 6, движущимся вместе с затвором.

При полностью запертом затворе шептalo автоматически отходит в сторону, и ударник устремляется вверх, наносит удар по грани *a*, при этом лодыжка 2 поворачивается и бьет по бойку 1 (происходит выстрел). Автошептalo 7 играет роль предохранителя от выстрела при незапертом затворе.

#### 8.5. МЕХАНИЗМЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ АВТОМАТИКИ

К механизмам системы управления и регулирования автоматики относятся

спусковой механизм, предохранительный механизм, механизм перезарядки, замедлительный механизм и механизм противоотскока.

### 8.5.1. Спусковые механизмы

Спусковые механизмы, обеспечивающие управление началом и окончанием стрельбы, и основные требования к ним рассмотрены в главе 2 (п. 2.3.6). В данном разделе рассматриваются лишь некоторые особенности спусковых механизмов автоматического оружия.

Принципиальные конструктивные схемы спусковых механизмов, обеспечивающих различные режимы стрельбы из автоматического оружия, представлены на рис. 8.42.

На рис. 8.42. *а* представлен спусковой механизм, обеспечивающий ведение только автоматического огня. Так как шептало и тяга в таком механизме всегда связаны между собой зацепом, то при нажатии на спусковой крючок тяга переместится вперед и повернет шептало, задняя верхняя плоскость которого (взвод) также повернется и выйдет из зацепления с боевым взводом ударника или курка. Следовательно, пока нажат спусковой крючок, стрельба будет непрерывной. После освобождения спускового крючка детали спускового механизма вернутся в исходное положение под действием своих пружин, и шептало вновь войдет в зацепление с боевым взводом ударника, стрельба прекратится.

На рис. 8.42, *б* представлен спусковой механизм, обеспечивающий стрельбу только одиночными выстрелами. В нем появилась новая деталь - разобщитель, который закреплен на спусковой тяге и своей верхней частью (головкой) выступает над корпусом спускового механизма так, чтобы взаимодействовать с подвижными частями автоматики.

При нажатии на спусковой крючок, как и в предыдущей схеме, шептало выйдет из зацепления с боевым взводом ударника. Затвор с ударником, продвигаясь вперед, нажмет на головку разобщителя и утопит его вниз. Так как разобщитель связан с тягой, то она при этом опустится вниз, а ее зацеп выйдет из зацепления с шепталом. Шептало повернется под действием пружины в исходное положение и захватит взвод ударника. Следовательно, пока нажат спусковой крючок, следующего выстрела не произойдет. Для его производства необходимо сначала отпустить спусковой крючок, тогда тяга переместится назад, поднимется под действием своей пружины вверх и своим зацепом вновь войдет в зацепление с шепталом. При этом головка разобщителя тоже приподнимется. При следующем нажатии на спусковой крючок цикл повторится.

На рис. 8.42, *в* представлен спусковой механизм, обеспечивающий ведение комбинированной стрельбы (как непрерывной, так и одиночной). Помимо разобщителя в нем появился переводчик огня, а спусковая тяга стала с двумя зацепами для взаимодействия с шепталом при разных режимах огня. Положение переводчика огня определяет условия зацепления тяги с шепталом и положение разобщи геля.

При повороте переводчика в положение "одиночный огонь" спусковая тяга взаимодействует с шепталом верхним зацепом, а головка разобщителя выступает над корпусом спускового механизма. Схема работы механизма в этом случае аналогична схеме, приведенной на рис. 8.42,*б*.

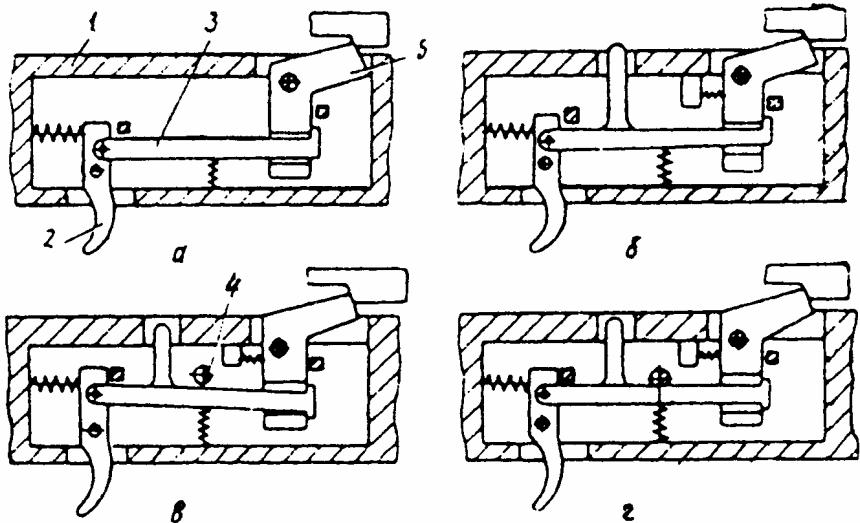


Рис. 8.42. Конструктивные схемы спусковых механизмов:  
 а – только автоматического огня; б – только одиночного огня; в – комбинированного огня; г – предохранение с разъединением шептала и спусковой тяги; 1 – корпус спускового механизма; 2 – спусковой крючок; 3 – спусковая тяга с разобщителем; 4 – переводчик-предохранитель; 5 – шептало

При повороте переводчика огня в положение "автоматический огонь" он своей выступающей частью опускает спусковую тягу вниз, при этом головка разобщителя утапливается и не взаимодействует с подвижными частями, а тяга постоянно взаимодействует с шепталом нижним зацепом. Схема работы механизма в этом случае аналогична схеме, приведенной на рис. 8.42, а.

При повороте переводчика в положение "предохранение" (рис. 8.42, г) тяга приподнимается так, что оба зацепа ее не взаимодействуют с шепталом. В этом случае при нажатии на спусковой крючок тяга просто перемещается в окне шептала, последнее не поворачивается и удерживает боевой взвод ударника.

### 8.5.2. Предохранительные механизмы

Предохранительные механизмы обеспечивают полную безопасность эксплуатации оружия и блокируют работу исполнительных механизмов. В силу чрезвычайного разнообразия их конструктивного оформления основные элементы, присущие всем предохранительным механизмам, выделить трудно.

В зависимости от назначения предохранительные механизмы и устройства разделяют на три основные группы:

1. Механизмы, обеспечивающие безопасность работы автоматики.
2. Механизмы, обеспечивающие безопасность обращения с оружием.

3. Механизмы и устройства, предохраняющие детали орудия от загрязнения и повреждения.

*Предохранительные механизмы первой группы* делают невозможным производство выстрела при незапертом затворе.

Предохранительные механизмы, обеспечивающие невозможность выстрела при незапертом затворе, имеют самые разнообразные принципы действия, которые в большой степени зависят от устройства и типа ударных механизмов.

Если ударный механизм куркового типа, то предохранение от выстрелов при незапертом затворе обеспечивается автоспусками, работа которых связана с работой

механизмов запирания. Если ударные механизмы работают от возвратной пружины, то предохранение от выстрелов при незапертом затворе обеспечивается путем непосредственной связи ударных механизмов с механизмами запирания (см., например, рис. 8.41).

В некоторых образцах автоматического оружия осуществляют двойное предохранение, обеспечивающее невозможность выстрела при незапертом затворе.

К этой же группе относятся предохранители от раннего отпирания, которые, как правило, связаны с работой механизмов отпирания канала ствола, например, свободный ход затворной рамы.

*Предохранительные механизмы и устройства второй группы*, обеспечивающие безопасность обращения с оружием, обычно ставят ударно-спусковые механизмы в положения, исключающие возможность их работы.

Предохранители этой группы разделяют на автоматические и неавтоматические.

К автоматическим предохранителям относят такие, для включения и выключения которых не требуется производить специальных приемов. К неавтоматическим предохранителям относят предохранители, для включения и выключения которых требуются специальные приемы со стороны стрелка (поворот флагка, нажатие кнопки и т. д.).

Неавтоматические предохранители получили наибольшее распространение. Они наиболее просты по устройству и надежны в действии.

Все предохранители рассматриваемой группы в зависимости от принципа их действия разделяют на стопорящие и выключающие, а в зависимости от того, на какую деталь они действуют, разделяют на курковые, шептальные, спусковые и комбинированные.

*К третьей группе* относятся предохранители, обеспечивающие предохранение механизмов и деталей оружия от загрязнения и поломок. Эти предохранители встречаются самого разнообразного устройства и выполняются обычно в виде всевозможных крышек и щитков. Наибольшее распространение получили крышки для закрывания окон ствольной коробки и щитки для предохранения прицельных приспособлений. В некоторых образцах оружия с целью предохранения от загрязнения применялись колпачки, закрывающие дульную часть ствола.

### 8.5.3. Механизмы перезарядки оружия

Механизмы перезарядки оружия обеспечивают перезаряжание системы при получении устранимой перезарядкой задержки или для заряжания системы вновь. Существуют следующие способы перезаряжания систем автоматического оружия: ручное, пневмоперезарядка, пироперезарядка.

Для ручного перезаряжания используются рукоятки перезаряжания в пистолетах-пулеметах, ручных пулеметах и т. д.

Пневмоперезарядка широко использовалась в МАП до недавнего времени (АМ-23, НР-23, НР-30). Конструктивных решений пневмоперезарядки достаточно много: известны способы отвода рамы назад простым движением поршня (ВЯ-23); в НР-23 поршень отводит раму назад, а корпус цилиндра отключает мощную пружину ствола; в НР-30 сжатый воздух отводит подвижные части назад и подает агрегат

ствола вперед. В многоствольной пушке ГШ-6-30 сжатый воздух включает механизм протяжки ленты и одновременно раскручивает блок стволов.

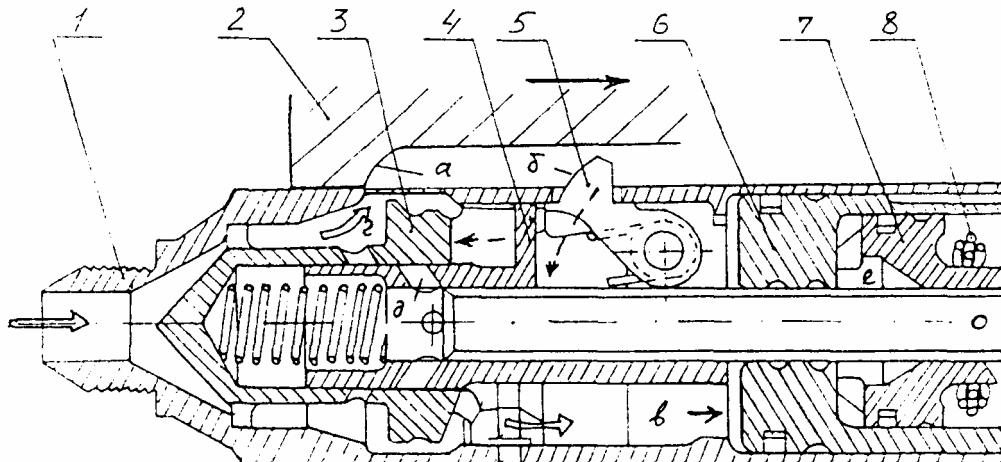


Рис. 8.43. Схема пневмоперезарядки пушки АМ-23

В пушке АМ-23 (рис. 8.43) достаточно сложный агрегат, который отбрасывает подвижные части в откат и сообщает им дополнительный импульс при накате. Сжатый воздух через штуцер 1 и систему отверстий попадает в полость *в* и толкает поршень 6 назад вместе с рамой 2. При приходе в заднее положение выступ рамы 2 нажимает на грань *б* рычага 5 и поворачивает его, а он в свою очередь перемещает деталь 4, создавая новый канал для воздуха *г* и *д*. Воздух по новому каналу попадает в полость *е* между поршнем 6 и головкой 7, поджимаемой пружиной 8, и толкает поршень 6 и раму 2 вперед.

В системах малокалиберных пушек получила развитие пироперезарядка. Но принципу действия ее можно разделить на две группы:

энергия пиропатронов идет на перезарядку оружия, то есть воздействует на основное звено автоматики,

пиропатрон пробивает гильзу и воспламеняет основной пороховой заряд.

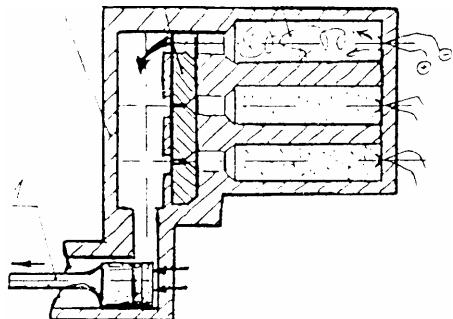


Рис. 8.44. Схема пироперезарядки пушки ГШ-23:  
1 – поршень; 2 – корпус; 3 – клапан; 4 – пиропатрон.

Для первой группы характерно расположение блока пиропатронов в районе работы двигателя автоматики. Пороховой газ от пиропатронов поступает в двигатель и действует на поршень затворной рамы (ГШ-23). В блоке пиропатронов три и более зарядов, срабатывают они поочередно, включение сигнала на срабатывание пиропатрона происходит от электронной системы управления стрельбой без вмешательства стрелка (рис. 8.44).

Для группы пиропатронов, принудительно воспламеняющих основной заряд,

характерно наличие иглы (стержня), пробивающей гильзу несработавшего патрона, а воспламенение пороха осуществляется струей пламени, поступающей вслед за иглой (рис. 8.45). В авиационной пушке Р-23 два пиропатрона, в ГШ-30 по одному дополнительному запалу (ДЗ) на каждый ствол (2 ствола). Пиропатроны (ДЗ) устанавливаются напротив специальных отверстий в стволах (район первого ската патронника) и срабатывают автоматически, если не произошло обычного выстрела.

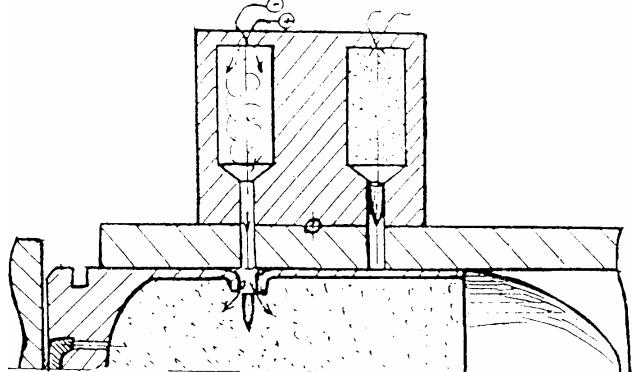


Рис. 8.45. Схема пироперезарядки с принудительным воспламенением патрона

#### 8.5.4. Замедлительные механизмы

Величина темпа стрельбы современных образцов автоматического оружия определяется, в основном, двумя факторами: необходимостью обеспечения надежности действия автоматики и требуемой эффективностью стрельбы по подвижным целям.

При увеличении темпа стрельбы до определенного предела характеристики надежности и эффективности стрельбы возрастают. Однако при чрезмерно высоком темпе в классических системах автоматики (с продольным перемещением ведущего звена) резко возрастают инерционные усилия в нарах механизмов при ударах, что приводит к снижению живучести орудия. Кроме того, при высоком темпе стрельбы возрастает расход боеприпасов. Поэтому в ряде случаев возникает необходимость регулирования темпа стрельбы в зависимости от характера поражаемой цели. При проектировании образцов стрелкового оружия часто возникает необходимость обеспечения требуемого темпа стрельбы при выбранной схеме автоматики. Так, в пушке ГШ-6-23 темп стрельбы снижен с 12000 до 10000 выстрелов в минуту.

В настоящее время известны следующие способы изменения темпа стрельбы автоматического оружия:

изменение величины основной движущей силы, приводящей в действие ведущее звено автоматики;

изменение длины хода ведущего звена;

изменение величины приведенной массы ведущего звена автоматики;

изменение величины скорости движения ведущего звена автоматики при откате и накате;

введение специальных устройств, регулирующих движение звеньев спусковых или воспламенительных устройств.

Изменение величины основной движущей силы в различных типах двигателей автоматики может осуществляться по-разному.

В системах с отдачей ствола изменение величины основной движущей силы может быть обеспечено путем применения усилителей отдачи (надульников); при-

менения дульных тормозов; регулирования времени начала отпирания затвора, что существенно влияет на силу давления пороховых газов.

В системах с отводом пороховых газов в газовую камеру изменение основной движущей силы может быть достигнуто различными путями: применением газовых регуляторов, обеспечивающих изменение скорости ведущего звена: размещением газоотводных отверстий и газовых камер в различных местах по длине ствола;

изменением времени действия давления пороховых газов на ведущее звено с помощью отсечки их в газовой камере.

Изменение длины хода ведущего звена автоматики может осуществляться включением или выключением ограничителей хода ведущего звена, либо заданием определенной длины его перемещения. В качестве ограничителя хода в некоторых образцах применяется буфер ведущего звена (в пулемете ZB-53).

Изменение величины приведенной массы ведущего звена в двигателях всех типов может достигаться включением или выключением масс отдельных звеньев автоматики в процессе ее работы. В ряде случаев для повышения темпа стрельбы после отпирания затвора и открывания канала ствола масса поперечно-скользящего затвора выключается из движения (АМ-23).

Скорость ведущего звена автоматики не может быть произвольно большой или малой. Максимальная скорость ограничивается возможностями возвратных пружин, у которых скорость перемещения витков не должна превышать скорость распространения волны деформации в пружине. Для одножильных пружин сжатия это примерно 11 м/с, для витых (многожильных) - 13 м/с. Для получения больших скоростей нужно использовать другие источники энергии для возврата подвижных частей или другие виды пружин (кольцевые в ГШ-301). Считается, что скорость начала наката подвижных частей не должна быть менее 1 м/с; в противном случае возможна нестабильность процесса посыпания патрона, особенно при стрельбе вверх.

Изменение величины скорости ведущего звена в двигателях всех типов автоматики может достигаться изменением величины основной движущей силы; применением буферных устройств для увеличения или снижения скорости наката (НСВ-12,7); применением ускорителей отката и наката ведущего звена в основном для систем с отдачей ствола (НР-23); применением выката ведущего звена автоматики (МР-69); применением пневматических замедлителей наката ведущего звена (в пистолете-пулемете Суоми), задержкой отпирания затвора.

Для каждого типа оружия выбираются принципы оптимального темпа стрельбы. Для выполнения этих характеристик конструкторы применяют механизмы повышения темпа (ускорители, электрокапсию и т. п.) и устройства, снижающие темп стрельбы. Устройства, снижающие темп стрельбы, получили название замедлителей.

По принципу действия замедлители темпа стрельбы делятся на три группы:

с задержкой деталей ударного (воспламенительного) механизма или ведущего звена на шептале;

с изменением скорости движения деталей воспламенительного механизма;

с изменением длины хода и/или угла поворота деталей воспламенительного механизма.

Задержка деталей воспламенительного механизма или ведущего звена на шеп-

также может осуществляться одним из следующих способов:

включением в кинетическую цепь спускового механизма инерционного тела, длина пути и угол поворота которого определяют время задержки на шептале:

включением электрического временного реле в кинетическую цепь спускового механизма;

связью ведущего звена автоматики с работой спускового механизма, обеспечивающей разобщение шептала с ударником или курком в конце хода ведущего звена (в пистолете-пулемете Рейзинга).

Замедлители инерционного типа с использованием ударов находят сравнительно широкое применение, так как они просты по конструкции, надежны и обеспечивают регулирование темпа стрельбы в достаточно широких пределах. Так, в пистолете Стечкина АПС с их помощью темп стрельбы снижен с 1100 до 700 выстрелов в минуту (рис. 8.46). При приходе затвора 3 вперед он ударяет по рычагу 2, который передает движение замедлителю 1. Замедлитель 1 совершает движение вниз - вверх, и по прошествии времени, ударяет по системе рычагов 4, 5 и освобождает курок 6.

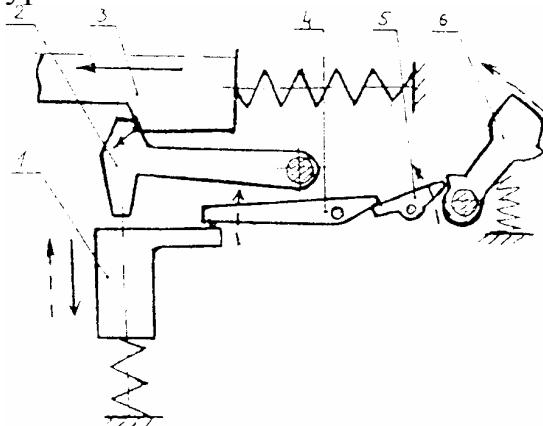


Рис. 8.46. Схема замедлительного механизма инерционного типа

Задержка деталей ударного механизма или основного звена на шптале с помощью электрического реле времени может обеспечить плавное регулирование темпа стрельбы в широких пределах, но требует наличия источника электрического тока. В малокалиберной пушке 2А42 темп стрельбы 600.-.650 выстрелов в минуту, а электронная задержка дает малый темп 200...300 выстрелов в минуту и одиночную стрельбу.

За счет механического торможения деталей ударного механизма не удается получить существенного изменения темпа стрельбы. Поэтому такие устройства применяются как вспомогательные для увеличения времени работы ударного механизма с целью повышения кучности стрельбы очередями из неустойчивых положений (в автомате АКМ и пулемете РПК).

Гидравлические и пневматические тормозящие устройства изменения темпа стрельбы сложны по конструкции и обладают пониженной надежностью действия, особенно в ухудшенных условиях эксплуатации.

Изменение длины хода или угла поворота деталей ударного механизма могут существенно изменить темп стрельбы, но требуют увеличения размеров механизма и оружия, поэтому в современных образцах оружия не применяются.

### **8.5.5. Механизмы противоотскока**

Механизмом противоотскока называется механизм, частично или полностью

поглощающий энергию подвижных частей автоматики в момент прихода их в переднее положение.

При приходе подвижных частей автоматического оружия в крайнее переднее положение они обладают избыточной кинетической энергией. Чрезмерно большой избыток кинетической энергии подвижных частей в крайнем переднем положении приводит к их ударам о коробку автоматики, что вызывает отскок ударяющихся деталей назад. Усилие возвратной пружины на пути свободного хода будет недостаточно для гашения энергии отскакивающих деталей. Поэтому если не приняты специальные меры для ликвидации отскока, может произойти преждевременное отпирание канала ствола или выстрел при неполнотью запертом стволе.

На стабильность работы автоматики отскок подвижных частей оказывает также значительное влияние, ибо его влияние сказывается от выстрела к выстрелу на изменении начальных условий движения ведущего звена, что приводит к нестабильности работы автоматики в очереди.

Для уменьшения вредного влияния отскока подвижных частей в автоматическом оружии применяются следующие меры: увеличение свободного хода ведущего звена; введение специально спроектированных механизмов противоотскока.

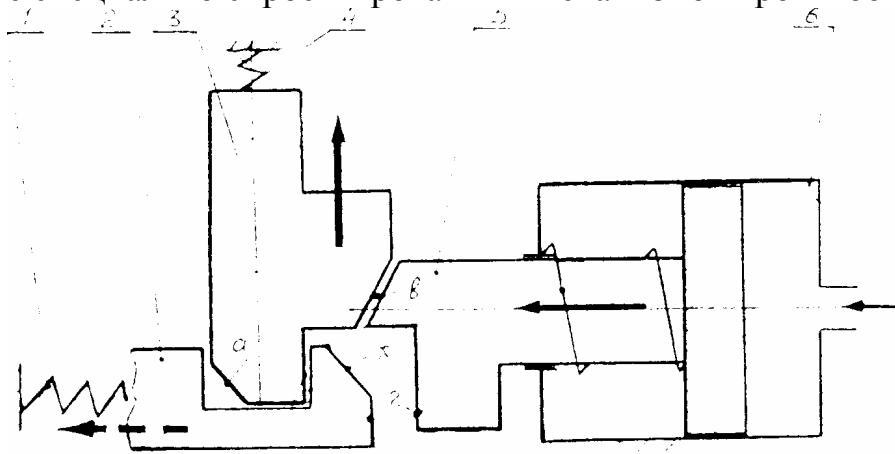


Рис. 8.47. Схема работы механизма противоотскока с принудительным запиранием

Можно выделить следующие разновидности механизмов противоотскока по этому признаку: с принудительным запиранием, инерционного типа, упругого типа, фрикционного типа, гидравлического типа.

Механизмы противоотскока с принудительным запиранием характеризуются тем, что в момент прихода подвижных частей в крайнее переднее положение они жестко смыкаются и не имеют возможности отскочить назад. В откате замыкающая деталь должна быть принудительно отключена.

На рис. 8.47 показана схема работы противоотскока. При приходе вперед рама 2 своим скосом  $\beta$  поднимает противоотскок 3 с пружиной 4, ударяя по скосу  $\alpha$ , и защекивает за него. Рама 2 не может отойти назад. Когда шток 5 под действием пороховых газов или пневмоперезарядки (сжатый воздух попадает в цилиндр 6) идет назад, то он площадкой  $\nu$  вначале поднимает противоотскок, а затем ударяет по раме площадкой  $\tau$ , посыпая ее в откат, сжимая пружину 1.

В механизмах противоотскока инерционного типа гашение энергии подвижных частей и устранение влияния отскока осуществляется за счет серии ударов подвижного звена с инерционным телом (2А42).

Механизм противоотскока фрикционного типа работает за счет трения специальных устройств, в процессе которого уменьшается кинетическая энергия подвижных частей за счет перехода ее в тепловую энергию, образующуюся при трении.

Механизмы противоотскока упругого типа характеризуются тем, что потеря кинетической энергии подвижных частей в крайнем переднем положении осуществляется за счет деформации упругого материала. На рис. 8.16 противоотскок 4 прижимается в специальные проточки соединительного рычага 3, а чтобы повернуть рычаг 3, нужно приложить значительные усилия для сжатия пружины 5.

В механизмах противоотскока гидравлического типа кинетическая энергия подвижных частей поглощается работой трения жидкости, подаваемой сквозь узкие отверстия, а также на сообщение скорости движения жидкости. Механизмы этого типа обеспечивают значительное безвозвратное поглощение энергии.

### 8.5.6. Буферные устройства

Буферные устройства в автоматическом оружии применяются для смягчения ударов подвижных частей автоматики и увеличения скорости их возвратного движения.

В зависимости от назначения конструкции буферные устройства могут быть весьма разнообразны. Основными элементами буферных устройств является буфер, упругий элемент, корпус буферного устройства. В отдельных конструкциях некоторые из этих элементов могут отсутствовать.

Буферные устройства, применяемые только для смягчения ударов подвижных частей автоматики, должны обеспечивать минимальное усилие, передаваемое на короб, ствольную коробку или другое звено оружия: минимальное возвращение кинетической энергии подвижным частям после удара: постоянство характеристик упругих элементов при длительной стрельбе (минимальная зависимость характеристик упругих элементов от силы трения и температуры нагрева).

Такие буферные устройства в автоматическом оружии могут применяться для смягчения ударов подвижных частей автоматики в заднем крайнем положении, при постановке на шептало или для смягчения ударов затвора или боевой личинки при присоединении к затворной раме или стеблю затвора после отпирания.

В буферных устройствах, применяемых для смягчения ударов подвижных частей, кинетическая энергия подвижных частей преобразуется в потенциальную энергию деформации упругих элементов и в тепловую энергию. В качестве упругих элементов в таких буферных устройствах обычно применяются пластмассовые (фибровые, текстолитовые, резиновые и др.) прокладки, цилиндрические, кольцевые или тарельчатые пружины.

Указанные упругие элементы обеспечивают поглощение значительного количества кинетической энергии подвижных частей (до 50%) за счет деформации упругих элементов и их нагрева. В ряде случаев сочетанием упругих элементов с конструкциями буферных устройств удается увеличить количество поглощаемой энергии за счет сил трения. Но такие конструкции не обеспечивают постоянства функционирования вследствие непостоянства сил трения.

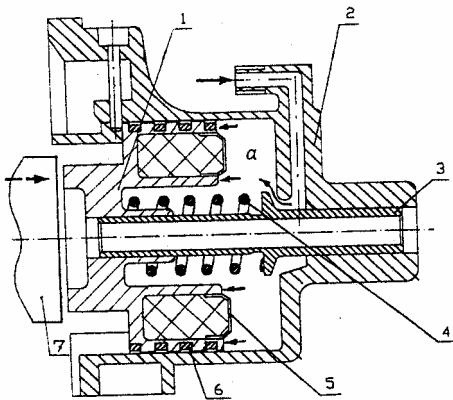


Рис. 8.48. Схема газового буфера пушки АМ-23

обеспечивают газовые буфера.

На рис. 8.48 приведена схема газового буфера пушки АМ-23. Пороховой газ, отводимый от канала ствола, поступает в корпус буфера 2, отжимает пружину 4 и давит на буфер 1, имеющий обтюрирующие кольца 6. Затворная рама 7 в конце отката действует на буфер и сжимает пружину, которая подает назад клапан 3. При этом пороховой газ замыкается в полости *a*, происходит амортизация удара. Вставка 5 служит для смягчения удара при пневмоперезарядке.

## 8.6. ОСОБЕННОСТИ ОХОТНИЧЬЕГО ОРУЖИЯ

### 8.6.1. Механизмы охотничьего оружия

При сгорании порохового заряда в охотничьем оружии максимальное давление относительно невелико, порядка 70...80 МПа. В связи с этим ствол охотничьего оружия представляет собой сравнительно тонкостенный конус с цилиндрическими участками.

В гладкоствольном охотничьем оружии числовое значение калибра не содержит в себе каких-либо линейных единиц измерения. Объясняется это тем, что обозначение калибров охотничьих ружей, появившихся в начале XVII века, сохранилось до сих пор в условных числах – 10, 12, 16, 20 и т. д. В то время в зависимости от назначения охотничьего ружья внутренний диаметр канала ствола изготавливается под круглую пулю определенного веса. Поскольку основной мерой веса являлся 4)унт, то и пули изготавливались в долях фунта. Так, если из фунта чистого свинца изготавлялось 10 пуль, каждая из которых по весу равнялась 1/10 4)унта, то ружье, предназначенное для стрельбы такой пулевой, называлось ружьем 10-го калибра. Если из фунта делалось 12 пуль, то ружье называлось ружьем 12-го калибра и т. д.

Весовые содержания фунтов в граммах в разных странах были разными. Русский фунт имел 409,5 г, английский – 453,6 г, французский – 489,5 г., поэтому при одинаковом количестве круглых пуль, отливавшихся из разных фунтов, их диаметры получались разными. Например, круглая пуля 12-го калибра из французского фунта имела диаметр 19,1 мм, из английского - 18,53 мм, из русского - 18,23 мм. Следовательно, разными были и диаметры каналов стволов. В настоящее время решением Международной конвенции (ПМК) установлены стандартные размеры диаметров каналов стволов для гладкоствольных ружей, приведенные в табл. 8.1.

Буферные устройства, предназначенные для аккумулирования кинетической энергии и увеличения скорости возвратного движения подвижных частей, должны обеспечивать минимальную потерю кинетической энергии подвижных частей и постоянство характеристик буферного устройства при длительной стрельбе.

В качестве упругих элементов в них применяются винтовые цилиндрические пружины или пороховые газы.

Максимальный коэффициент восстановления скорости подвижных частей автоматики обеспечивают газовые буфера.

Таблица 8.1

**Диаметры каналов стволов различных калибров**

Диаметр канала	Калибр							
	10	12	14	16	20	24	28	32
Наименьший, мм	19,3	18,2	17,2	16,8	15,7	14,7	13,8	12,7
Наибольший, мм	19,7	18,6	17,6	17,2	16,1	15,1	14,2	13,1

Дульная часть гладкого канала ствола охотничих ружей может иметь различное конструктивное оформление - в виде дульного сужения конической или параболической формы (чок) или в виде конического дульного расширения (раструб). Конфигурация дульной части канала ствола оказывает влияние на один из главных показателей качества выстрела из гладкоствольного ружья дробью - кучность выстрела. Под кучностью понимают отношение количества дробин, попавших в круг диаметром 800 мм (мишень А. А. Зернова) на дистанции 35м, к количеству дробин, бывших в дробовом снаряде. Дульное сужение канала повышает кучность, а дульное расширение снижает. В табл. 8.2 приведены ориентировочные показатели кучности стрельбы в зависимости от степени дульного сужения на дистанции 35м.

На рис. 8.49 показаны наиболее распространенные формы дульных сужений и расширений, находящих применение в современных охотничих и спортивных ружьях.

К стволу одноствольного ружья припаиваются детали, необходимые для сборки и нормального функционирования механизмов: подствольный крюк, стойка шарнира, антабка. Общий вид казенной части ствола показан на рис. 8.50.

Стволы для двустольных и многоствольных ружей объединяются в блоки стволов. У двустольных ружей они могут располагаться в горизонтальной или вертикальной плоскостях. В трех- или четырехствольных ружьях комбинаций с расположением стволов может быть значительно больше.

Соединение стволов в единый блок осуществляется чаще всего с помощью муфты в казенной части и пайкой боковыми или верхней и нижней планками по всей остальной длине. Соединение муфтой позволяет унифицировать ствольные трубы и значительно упростить сам процесс изготовления стволов в собранном виде.

Таблица 8.2

**Средняя кучность стрельбы в зависимости от типа чекового сужения для стволов 12 и 16 калибров**

Дульное сужение	Размер дульного сужения,мм	Кучность стрельбы не менее,%
Цилиндр	0,00	35
Слабый чок	0,25	40
Получок	0,50	50
Средний чок	0,75	55
Полный чок	1,00	60
Сильный чок	1,25	65

В многоствольном оружии стволы соединяются в различных плоскостях с помощью казенной и дульной муфт, образуя единый блок стволов. Дульная муфта, как

правило, позволяет так изменять положение осей стволов, чтобы обеспечить стрельбу в одну точку.

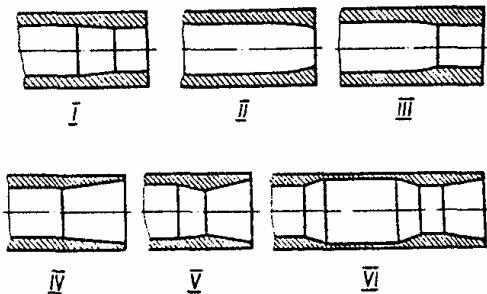


Рис. 8.49. Основные виды дульных сужений и расширений:

I – конический чок с направляющим цилиндром; II – параболический чок; III – параболический чок с направляющим цилиндром; IV – коническое расширение; V – сопловой растрub; VI – чок с преддульным расширением

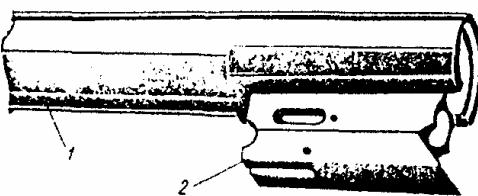


Рис. 8.50. Казенная часть одноствольного ружья:

1 – ствол; 2 – подствольный крюк

Затворная коробка – вторая по своему функциональному назначению и ответственности деталь оружия. Она является важным силовым элементом конструкции, воспринимающим все эксплуатационные нагрузки, служит основанием для сборки всех механизмов оружия, обеспечивает направление движения затвора и установку специальных прицельных приспособлений. Она представляет собой сложную пространственную конструкцию со многими пазами, вырезами, отверстиями для размещения других деталей и механизмов оружия. В передней ее части имеется отверстие для крепления ствола.

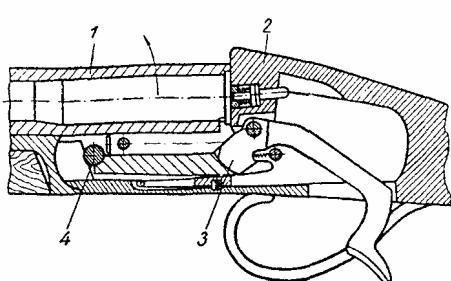


Рис. 8.51. Схема ружья с неподвижным затвором и откидывающимся стволов:

1 – ствол; 2 – неподвижный затвор; 3 – запирающий рычаг; 4 – ось вращения ствола

затвором, а при отпирании поворотом управляемого рычага, который может располагаться либо в верхней части коробки, либо внизу. Наибольшее распространение в современных ружьях получило запирание нижней запорной планкой на один или два крюка или запорными планками внизу и сверху. Верхнее запирание болтом Гринера стало применяться реже.

В двуствольных охотничих ружьях обычно применяют два спусковых механизма с двумя спусковыми крючками, каждый из которых приводит в действие ударный механизм одного из стволов. Как правило, передний спусковой крючок управляет ударным механизмом правого (нижнего) ствола, а задний – левого (верхнего) ствола.

В настоящее время часто встречаются двуствольные ружья с одним спусковым

При неподвижном затворе (рис. 8.51) необходимо перемещать ствол. Такая система получила распространение в охотничьем дробовом оружии. В большинстве моделей охотничих ружей стволы поворачиваются (откидываются) па оси в вертикальной плоскости, а роль неподвижного затвора играет затворная коробка, часто по традиции называемая колодкой.

Запирание стволов может осуществляться рычагом, планкой или поперечным болтом, которые перемещаются под действием пружин при

крючком, приводящим в действие оба ударных механизма. В некоторых случаях выстрелы производятся в определенной последовательности: первое нажатие - выстрел из правого (нижнего) ствола; второе нажатие - выстрел из левого (верхнего) ствола. Имеются односпусковые механизмы, которые позволяют по желанию изменять очередьность выстрелов: первое нажатие - выстрел из левого (верхнего) ствола, второе нажатие - выстрел из правого (нижнего) ствола. Смена очередности выстрелов производится с помощью переключателя.

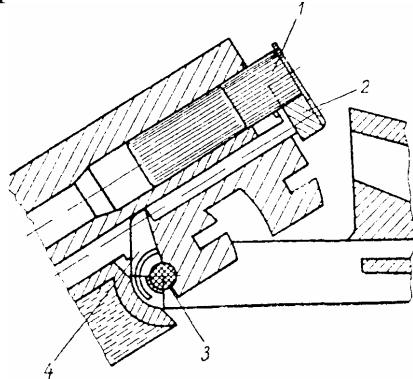


Рис. 8.52. Схема механизма извлечения гильзы:  
1 – гильза; 2 – выбрасыватель; 3-ось;  
4- подаватель.

Выбрасыватель охотничьего ружья со стволами, врачающимися в вертикальной плоскости, обычно размещается в муфте или подствольном крюке. Он имеет головку с выточкой под закраину гильзы и направляющий стержень. Вступая при открывании во взаимодействие с пазами коробки или со специальной деталью - подавателем, выбрасыватель за закраину выдвигает гильзу или патрон из патронника, давая этим возможность произвести ручное удаление гильзы из ствола (рис. 8.52).

За последние двадцать-двацать лет для ружей были разработаны и внедрены в производство механизмы автоматического удаления гильз после выстрела во время открывания ружья. Эти механизмы, называемые эжекторными, ускоряют процесс перезарядки ружья. Эжекторные механизмы (рис. 8.53) производят выбрасывание гильзы только из того ствола, из которого был произведен выстрел. В конструкциях предусмотрена возможность отключения механизма автоматического выбрасывания гильз, и тогда выбрасыватель работает обычным образом, то есть только выдвигает гильзу за закраину на небольшую величину, позволяющую вынуть ее рукой.

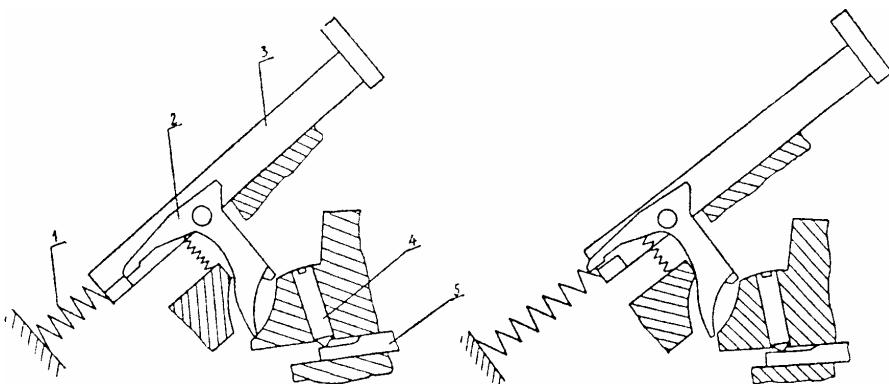


Рис. 8.53. Схема эжекторного механизма выбрасывания гильзы плавного действия:  
1- пружина; 2 – шептalo эжектора; 3 – выбрасыватель; 4 - разобщитель эжектора;  
5 – толкатель.

Как уже отмечалось, механизм автоматического выбрасывания гильз может приводиться в действие либо непосредственно от пружины, либо через промежу-

точную деталь - молоточек, ударник и т. п., которая под действием своей пружины наносит удар по выбрасывателю в конце его принудительного хода при повороте стволов. В первом случае скорость движения выбрасывателя под воздействием пружины нарастает плавно, безударно, и такой механизм называется механизмом плавного действия. Во втором случае, вследствие удара молоточка по выбрасывателю, его скорость возрастает скачкообразно, такой механизм называется выбрасывателем ударного действия.

### 8.6.2. Типы охотничьего оружия

При всем разнообразии внешнего вида и внутреннего устройства охотничьих ружей имеются две принципиально различные схемы их построения: ружья с откидывающимися для перезаряжания стволами, которые принято называть переломками, и ружья с неподвижными стволами.

Все решения, касающиеся конкретных конструкций остальных механизмов, обеспечивающих многофункциональную работу системы оружия, являются производными от той схемы, которая положена в основу конструкции ружья. Это относится и к механизму запирания ствола, и к способу взведения ударного механизма, и к предохранительному устройству, и к механизму удаления гильзы из патронника ствола, и ко всем остальным механизмам.

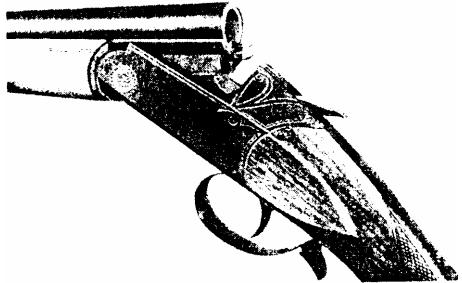


Рис. 8.54. Одноствольное курковое охотничье ружье.

Большим разнообразием отличаются ружья с откидывающимися стволами, так как они в подавляющем большинстве имеют два и более стволов, в то время как ружья с неоткидывающимися стволами, за редким исключением (например, двустольное ружье системы Дарна), имеют только один ствол. Стремление сделать ружье более универсальным привело к появлению комбинированных ружей. ствольные блоки которых состоят из гладких и нарезных стволов. Примером двустольного комбинированного ружья может служить известная модель Иж-56-3 "Белка", у которой верхний ствол нарезной калибра 5,6 мм под патрон кольцевого воспламенения, а нижний - гладкий 28-го или 32-го калибра; и трехстульного комбинированного ружья модели МЦ-30-12 с двумя гладкими верхними стволами 12-го калибра и нижним нарезным калибра 9 мм под патрон 9x53.

*Одноствольные охотничьи ружья* (рис. 8.54) с откидывающимися стволами довольно широко распространены в основном среди промысловых охотников, так как обладают рядом достоинств: простота и надежность конструкции: небольшой вес, имеющий особое значение при длительных ходовых охотах; высокая прочность, оберегающая ружье от механических повреждений во время эксплуатации в неблагоприятных условиях: возможность при необходимости почти бесшумно произвести замену патрона другим, и наконец, немаловажное значение для промысловика низкая стоимость, которая оказывается наиболее важным для них.

Одноствольные охотничьи ружья с неоткидывающимися стволами в боль-

шинстве являются многозарядными. Конструкции их необычайно разнообразны: от перезаряжаемых вручную с помощью продольно-скользящего затвора до самозарядных. Среди всего этого разнообразия следует особо отметить ружья, перезаряжаемые с помощью подвижного о цевья, охватывающего расположенный под стволом трубчатый магазин с патронами. Ружья с подвижным цевьем, называемые помповыми, обладают, в сравнении с другими системами, рядом преимуществ. В первую очередь это устойчивое положение оружия при перезаряжании, так как правая рука, удерживающая ружье за шейку ложа и управляющая спусковым механизмом, не меняет своего положения. Вся операция перезаряжания выполняется левой рукой, удерживающей ружье за цевье и совершающей одно быстрое движение назад-вперед. При движении цевья назад происходит отпирание ствола, извлечение стреляной гильзы и ее выбрасывание за пределы коробки, введение ударного механизма и подача на лоток очередного патрона из магазина. При движении вперед лоток поднимает патрон на линию посыпания в патронник, затвор досыпает патрон в патронник и запирает канал. Скорострельность ружья с подвижным цевьем сравнима со скорострельностью самозарядного ружья. Питание многозарядных однствольных ружей осуществляется из магазинов трубчатой или коробчатой конструкции различной емкости - от 2 до 4 и более патронов (рис. 8.55).

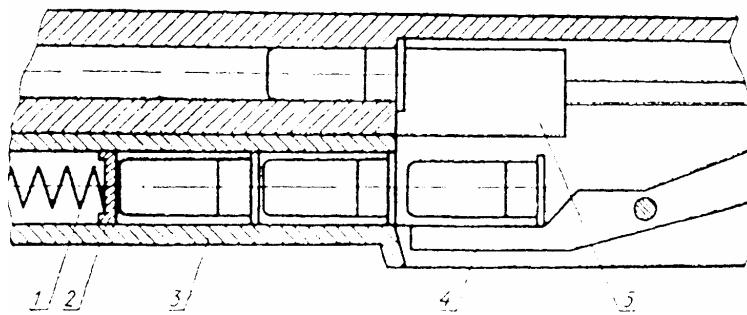


Рис. 8.55. Подствольный трубчатый магазин:  
1 - подающая пружина; 2 – подаватель; 3 -- корпус; 4 – лоток подачи; 5 - затвор.

Многозарядные охотничьи ружья, дающие возможность в короткое время произвести большое количество выстрелов, могут эффективно использоваться профессиональными охотниками на промысле водоплавающей дичи во время перелетов.

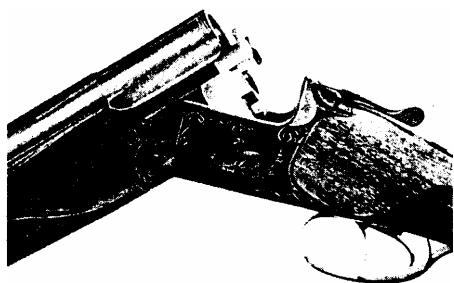


Рис. 8.56. Двуствольное охотничье ру-  
же с вертикальным расположением  
ствола.

*Двуствольные охотничьи ружья* (рис. 8.56) наиболее распространены среди охотников главным образом благодаря своему основному преимуществу над другими ружьями - возможностью быстро произвести подряд два выстрела различно снаряженными патронами или одинаково снаряженными, но разными по качеству выстрелами из стволов с разными дульными сужениями. Изготавливаются двуствольные ружья со стволами, спаренными в горизонтальной или вертикальной плоскости. Благодаря компактности и технической обработанности конструкций, двуствольные ружья имеют оптимальную для своих калибров массу, позволяющую до-

вольно легко переносить отдачу при значительном числе выстрелов. В зависимости от назначения ружья имеют либо гладкие, либо нарезные стволы или состоят из комбинации тех и других. Многие модели, особенно с вертикально расположеными стволами, оснащаются ударно-спусковыми механизмами с одним спусковым крючком. Чтобы произвести второй выстрел, необходимо повторное нажатие на спусковой крючок. Обычно такие механизмы имеют переключатели очередности выстрелов, позволяющие произвести первый выстрел из любого ствола.

Трехствольные охотничьи ружья являются представителями группы комбинированных ружей, в которых делается попытка объединить в одно целое дробовое и пулевое оружие. Как правило, такая универсальность достигается за счет потери некоторых других качеств. Так, необходимость сохранения веса трехствольного ружья в допустимых пределах вынуждает идти на укорочение стволов, снижая этим в некоторой степени внешнебаллистические характеристики дробовых выстрелов. Значительное усложнение ударно-спусковых механизмов значительно удорожает стоимость изготовления таких ружей. В силу указанных причин трехствольные ружья не имеют широкого распространения.

Самозарядные охотничьи ружья повышают скорострельность и при определенных условиях эффективность охоты. Конструкции их многообразны, хотя принципиальные схемы автоматики немногочисленны. В основном применяется схема с длинным ходом ствола. Классическим образцом такого ружья является ружье модели "Браунинг". В последнее время более широко стала применяться система, работающая на принципе газоотвода, использующая энергию отводимых из канала ствола пороховых газов. Иногда, в основном для малых калибров, используется система со свободным затвором.

Общим недостатком, присущим ружьям с магазинным питанием, самозарядным и с ручным перезаряжанием, является отсутствие выбора выстрела патроном с другим снаряжением. Замена же патрона в стволе или магазине другим во время охоты представляет определенную сложность и не всегда осуществима.

*Нарезное охотничье оружие.* Для охоты на среднего и крупного зверя (кабан, лось, медведь) дробовых ружей недостаточно, даже при стрельбе пулей, уж слишком мала дистанция эффективной стрельбы (до 50 м), применяют нарезное охотничье оружие, за которым установилось название охотничий карабин. Калибры их самые разнообразные от 5,6 мм до 9 мм в зависимости от основного назначения. Так, карабин "Соболь", предназначенный для охоты на белку, соболя, имеет калибр 5,6 мм под патрон кольцевого воспламенения, а карабины "Тигр", "Медведь" спроектированы на базе винтовки Драгунова, имеют калибр 7,62 мм под охотничьи патроны центрального боя.

По своему устройству нарезное охотничье оружие мало отличается от боевого стрелкового оружия.

### **8.6.3. Боеприпасы охотничьего оружия**

В качестве метательного элемента в нарезном оружии в основном используются пули, которые весьма разнообразны по конструкции, но для всех характерны три основные части: головная, ведущая, донная (хвостовая).

Головная часть пули выбирается из условия достижения наибольшей дальности

сти полета, поражения цели, устойчивости при полете. Она может быть остроконечной, сферической тупоголовой и т. п., что в основном зависит от скорости ее полета. Чем больше начальная скорость полета, тем более заострена у нее головная часть. Длина головной части составляет два-три калибра.

Ведущая часть пули по форме близка к цилиндрической. Она обеспечивает надежное врезание пули в нарезы, исключая прорыв пороховых газов впереди пули, ее вращательное движение и является направляющей при движении в канале ствола. Длина ее колеблется в пределах от одного до двух калибров, а наружный диаметр на два-четыре процента больше калибра ствола и оказывает большое влияние на живучесть ствола. На ведущей части пули делается кольцевая канавка, служащая для крепления пули в дульце гильзы путем завальцовки.

Хвостовая часть пули обеспечивает требуемое аэродинамическое качество. Ее форма и размеры оказывают влияние на величину силы сопротивления воздуха, а следовательно, и на дальность полета. Чаще всего хвостовая часть имеет конусную форму с плоским дном или с углублением в форме юбки. Длина хвостовой части пули колеблется в пределах от 0,5 до 1 калибра. Общая длина современных пуль не превосходит пяти калибров.

По устройству пули можно разделить на четыре типа: безоболочечные (сплошные), оболочечные, полуоболочечные и специальные.

Безоболочечные изготавливаются из одного материала, чаще всего свинца, обладающего большим удельным весом и хорошо деформирующимся при попадании в цель. Начальная скорость таких пуль не превышает 500 м/с.

Оболочечные состоят из сердечника, как правило, свинцового, и оболочки из мягкой стали или латуни с антикоррозийным покрытием. Если сердечник изготовлен из твердого материала, то между ним и оболочкой имеется свинцовая рубашка для облегчения врезания пули в нарезы ствола и повышения его живучести.

Для охоты на крупного зверя в головной части пули оболочки нет, а выступающая часть имеет различную форму с надрезами.

Такая пулья при попадании в цель деформируется, разворачивается в цветок и оказывает сильное поражающее воздействие на животного. Называется она экспансивной.

Полуоболочечные состоят из свинцового сердечника и оболочки, которая закрывает его не полностью. Оголенным остается носик головной части. Такая пулья тоже является экспансивной, поскольку поражающий эффект ее выше, чем у обычной оболочечной пульи.

Специальные включают в себя дополнительные устройства, размещаемые внутри пули и обеспечивающие специальный требуемый эффект при стрельбе, например, усыпление животных, обозначение траекторий и т. п. В первом случае пулья называется иммобилизационной, во втором - трассирующей.

Важнейшей характеристикой охотничьей пульи является ее убойное действие способность при попадании в живую цель обеспечивать необходимое поражение этой цели. Она зависит от скорости встречи пульи с целью, ее формы и калибра, кинетической энергии пульи, способности ее деформироваться в живой ткани и др.

Боковое действие пуль характеризует ее способность поражать ткани живого организма в зоне раневого канала, наибольшее подобное действие имеют экспансивные пульи.

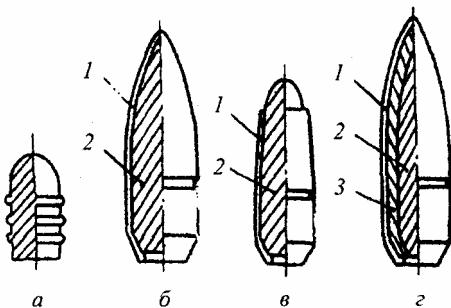


Рис. 8.57. Охотничьи пули для нарезного оружия:  
а - безоболочечная; б - оболочечная; в - полуоболочечная; г - оболочечная с рубашкой; 1 - оболочка; 2 - сердечник; 3 - рубашка

Останавливающее действие пули - способность пули при попадании в живую цель лишать ее возможности всякого сопротивления, что особенно важно для охотничьих пуль: зверь, особенно крупный, не должен угрожать охотнику. Охотничьи пули для нарезного оружия представлены на рис. 8.57.

Для охоты на мелкую дичь в качестве снаряда для поражения цели используется дробь, представляющая собой шарики определенных размеров, изготавливаемые преимущественно из свинца и его сплавов. Получившая наибольшее распространение

свинцовая дробь изготавливается способом литья, штамповки или катанием.

При литейном способе изготовления дроби расплавленный свинец подается на специальные сита в дроболитейных башнях, имеющих высоту 40...60 метров. Падая с высоты в расположенные внизу ванны с водой, свинцовые капли под действием сил поверхностного натяжения приобретают форму, близкую к шаровой. Затем охлажденные шарики подвергают сортировке по размерам, полируют обкатыванием и графитизируют.

Более современным способом изготовления дроби, получающим все более широкое распространение, является штамповка, позволяющая получать дробь более правильной формы, более точных размеров.

В зависимости от состава свинцовою сплава, используемого для изготовления, дробь может быть мягкой или твердой. Твердая дробь, вследствие меньшей деформации во время предварительного периода выстрела и движения по каналу ствола, обладает большей скоростью полета и поражающей способностью, поэтому она практически вытеснила мягкую дробь из употребления.

Дробь различают по размерам, каждой размерной группе присваивается свой номер. Всею существует 15 размерных групп дроби, отличающихся друг от друга на 0,25 мм, и еще одна промежуточная группа спортивной твердой дроби диаметром 2,4 мм, под номером 71/2. Порядок нумерации дроби следующий: № 1 имеет дробь диаметром 4 мм. Каждая следующая группа дроби меньшего диаметра имеет возрастающее числовое обозначение. Так, дробь диаметром 3,75 мм - № 2; диаметром 3,5 мм - № 3 и т. д. Дробь же, диаметр которой увеличивается в сравнении с дробью № 1 - 4,25 мм, имеет обозначение № 0; дробь диаметра 4,5 мм - № 00; дробь диаметра 5 мм - № 0000. Дробь диаметром более 5 мм относится к картечи. Диаметр самой крупной картечи 10 мм.

В качестве метательного заряда в охотничьем оружии используется или дымный порох, или бездымный (пироксилиновый).

К положительным качествам дымною пороха, представляющего собой смесь серы, угля и селитры, относятся его высокая химическая стойкость при длительном хранении, нечувствительность к значительным температурным колебаниям, восприимчивость к загоранию и безвредность нагара для ствольной стали.

К недостаткам относятся: меньшее количество энергии, выделяемой при сгорании 1 кг пороха по сравнению с пироксилиновыми порохами: образование значительного количества дыма при выстреле, представляющею собой твердые остатки продуктов горения, и большое количество нагара на стволах.

Порохаг приготовленные на основе нитроцеллюлозы с содержанием азота более 12% в спирто-эфирном растворителе, называются пироксилиновыми, или бездымными. Иногда их называют нитропорохами. Основным преимуществом бездымного пороха в сравнении с дымным является значительно большая энергия пороховых газов, выделяемых при горении, а также незначительное количество твердых остатков продуктов горения, в результате чего наблюдается слабое дымо- и нагарообразование.

Недостатком бездымного пороха является его чувствительность к свету и изменение баллистических характеристик в зависимости от температуры.

Среди отечественных бездымных порохов, предназначенных для стрельбы из гладкоствольных охотничих ружей, наибольшее распространение имеет порох марки "Сокол". Баллистические показатели пороха "Сокол" должны удовлетворять требованиям и нормам, указанным в табл. 8.3.

**Таблица 8.3.**  
**Баллистические показатели пороха "Сокол"**

Калибр	Масса порохового заряда, г	Масса дробового снаряда, г	Максимальное давление, кгс/см <sup>2</sup>	Средняя скорость дробового снаряда м/с
12	2,3	35	650	315
16	2,1	30	700	315
20	1,9	25	750	315

Для воспламенения порохового заряда в патронах применяются два вида капсюлей - открытые и закрытые. К первым относится патронный капсюль центрального боя ЦБО, который представляет собой медный колпачок с запрессованным в него ударным составом. Для предохранения ударного состава от выпадания и защиты его от внешних атмосферных воздействий применяются покрытия из свинцовой фольги с тонким слоем олова. Такие капсюли-воспламенители применяются для металлических гильз при снаряжении их дымным порохом.

Для бумажных и пластмассовых гильз, снаряжаемых бездымным порохом, применяются капсюли-воспламенители типа "Жевело", имеющие в отличие от ЦБО свою наковальню (рис. 8.58). В небольшую гильзочку вставлен капсюль открытого типа. В защитное покрытие ударного состава упирается наковальня, которая закрепляется в гильзочке завальцовкой краев. В качестве ударного состава чаще всего используют компоненты гремучей ртути, как очень чувствительной к удару, бертолетовой соли в качестве окислителя и антимония как горючего.

Пыжи, применяемые в охотничьих патронах, подразделяются на пороховые и дробовые. Первые отделяют пороховой заряд от дробового снаряда и служат для обеспечения надежной обтюрации пороховых газов во время выстрела. Вторые служат для удержания дроби в снаряженном патроне. Пороховой пыж, как правило, состоит из двух частей - основной и дополнительной.

Главные требования, которым должны удовлетворять пороховые пыжи: быть мягкими и эластичными; обеспечивать плотное прилегание к стенкам канала ствола: не воспламеняться от действия раскаленных пороховых газов во время выстрела; допускать длительное хранение без усыхания и коробления.

Хорошо удовлетворяют указанным требованиям пыжи из войлока, поэтому

они до настоящего времени находят широкое применение при снаряжении патронов. Из других материалов используется древесно-волокнистая масса, а в последние десятилетия - пластмасса, из которой изготавливаются как отдельные пыжи с различными наполнителями, так и пыжи с контейнерами для дроби. Для лучшей обтюрации пороховых газов основные войлочные пыжи подвергаются осаливанию по периметру на глубину примерно 3 мм одним из следующих составов: парафин - 100%; парафин - 70% и солидол - 30%; стеарин - 65% и вазелин - 35%; парафин - 70% и веретенное масло - 30 %.

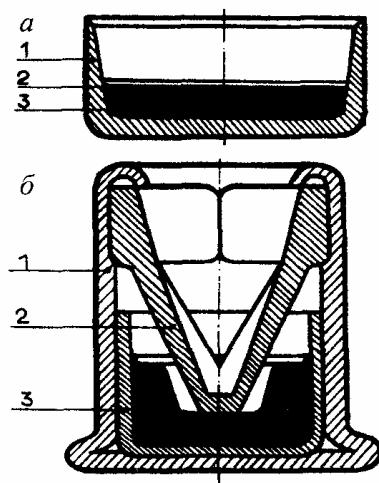


Рис. 8.58. Капсюли-воспламенители:  
а – открытый; 1 – корпус; 2 – фольга;  
3 – ударный состав; б – "Жевело": 1 –  
корпус; 2 – наковальня; 3 – открытый  
капсюль с ударным составом

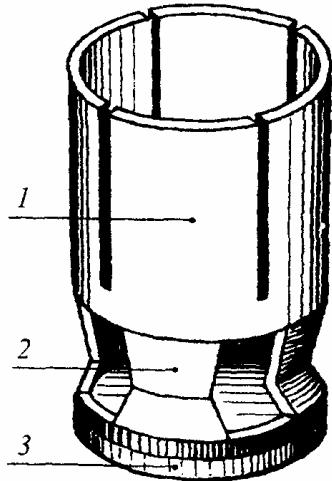


Рис. 8.59. Пластмассовый пыж-контейнер:  
1 – контейнер; 2 – упругий эле-  
мент; 3 – обтюратор

В настоящее время для снаряжения патронов широко используются пластмассовые пыжи-контейнеры (рис. 8.59), которые обладают рядом несомненных преимуществ в сравнении с пыжами из традиционных материалов войлока, фетра, бумажной массы и т.д. Конструкции пластмассовых пыжей весьма разнообразны, и каждая из них по-своему решает основные проблемы: предотвращение истирания периферийных дробин о стенки канала ствола; обеспечение полной обтюрации по-

роховых газов в заснаряженном пространстве в момент выстрела и устранение разрушающего воздействия вылетающего вслед за дробовым снарядом пыжа на его структуру.

В качестве конструктивного элемента, предотвращающего прорыв пороховых газов, используется обтюрирующая юбка в задней части пыжа. Для устранения трения периферийных дробинок о стенки канала ствола предназначен контейнер, в котором располагается дробовой снаряд. В качестве амортизирующего элемента, смягчающего ударный характер ускорения дробового снаряда в момент выстрела, применяются амортизаторы. Для ускорения торможения пыжа, вылетающего из ствола вслед за дробовым снарядом, используются парашютирующие свойства лепестков контейнера, разворачивающихся от сопротивления воздуха.

Гильза является основным несущим элементом патрона и обеспечивает па-

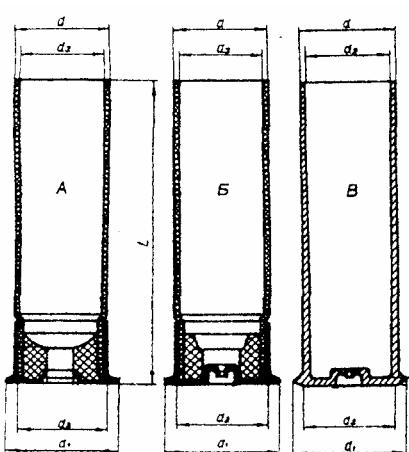


Рис. 8.60. Гильзы для дробовых патронов:  
А – бумажная под капсюль "Жевело"; Б – бу-  
мажная под капсюль ЦБО; В – металлическая  
под капсюль ЦБО

дежное соединение всех элементов, необходимых для выстрела, в одно целое. Она служит также для исключения прорыва пороховых газов при выстреле в сторону затвора за счет упругих деформаций корпуса, повышения скорострельности, обеспечения длительного хранения патронов. В охотничих патронах гладкоствольного оружия применяется цилиндрическая гильза. В качестве материала для гильзы применяют мягкую сталь, латунь, бумагу, пластмассу. Гильза может быть и составной (комбинированной): корпус из бумаги или пластмассы, а донная часть (поддон) - металлическая. Гильзы для дробовых патронов показаны на рис. 8.60. В дне гильзы имеется капсюльное гнездо для размещения капсюля-воспламенителя при снаряжении патронов.

Гильза обеспечивает строго определенное положение патрона в патроннике. Достигается это за счет упора выступающего фланца (закраины) в пенек ствола.

*Таблица 8.4*

**Размеры гильз для охотничих патронов разных калибров, мм**

Калибр	Материал гильзы	D		d1		d2		d3	
		номинал	до-пуск	номи-нал	до-пуск	номинал	до-пуск	номинал	допуск
12	Бумага	20,25	-0,3	22,45	-0,2	20,60	-0,2	18,30	+0,3
	Пластмасса	20,25	-0,3	22,45	-0,2	20,60	-0,2	18,50	+0,3
	Металл	20,25	-0,3	22,40	-0,2	20,60	-0,2	19,15	+0,4
16	Бумага	18,60	-0,3	20,65	-0,2	18,90	-0,2	16,80	+0,3
	Пластмасса	18,60	-0,3	20,65	-0,2	18,90	-0,2	17,00	+0,3
	Металл	18,55	-0,2	20,65	-0,2	18,90	-0,2	17,55	+0,4
20	Бумага	17,35	-0,3	19,40	-0,2	17,70	-0,2	15,30	+0,3
	Пластмасса	17,35	-0,3	19,40	-0,2	17,70	-0,2	15,50	+0,3
	Металл	17,35	-0,2	19,40	-0,2	17,70	-0,2	16,35	+0,4
28	Бумага	15,55	-0,3	17,40	-0,2	15,90	--0,2	14,10	+0,3
	Металл	15,55	-0,2	17,40	-0,2	15,90	-0,2	14,65	+0,4
32	Металл	13,25	-0,2	15,40	-0,2	13,60	-0,2	12,35	+0,4

В табл. 8.4 приведены размеры гильз для охотничих патронов. Диаметральные размеры показаны на рис. 8.60. Стандартные длины гильз: 65, 70 и 75 мм.

## 9. БОЕПРИПАСЫ АРТИЛЛЕРИИ

### 9.1. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО БОЕПРИПАСОВ

Артиллерийский боеприпас (выстрел) включает в себя снаряд (пулю) с взрывателем и взрывчатым веществом, метательный пороховой заряд, воспламенитель, капсюльную втулку (капсюль) и при гильзовом заряжании - гильзу. Взрывчатое вещество и взрыватель в подкалиберных бронебойных снарядах отсутствуют.

Различают унитарный (рис. 9.1), раздельно-гильзовый (рис. 9.2) и безгильзовый (картузный) (рис. 9.3) выстрелы. Унитарный выстрел представляет собой сборку всех перечисленных выше элементов, основу которой составляет гильза, в дульце которой запрессован снаряд (пуля), а в донной части располагаются воспламенитель и капсюльная втулка (капсюль).

Раздельно-гильзовый выстрел состоит из двух раздельных частей - снаряда и гильзы с метательным зарядом, капсюльной втулкой и воспламенителем. Безгильзовый выстрел состоит из снаряда и порохового метательного заряда, помещаемого прямо в камору (без гильзы). Воспламенительное устройство располагается в затворе.

По своему назначению артиллерийские боеприпасы делятся на боевые, практические, холостые и учебные. Боевые выстрелы служат для решения боевых задач. Определенные сочетания метательных зарядов и снарядов в них составляют боекомплект артиллерийских орудий. Унитарные (патронные) выстрелы применяются в основном в автоматической и в полуавтоматической артиллерией. В орудиях средних

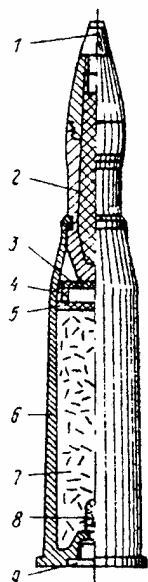


Рис. 9.1. Основные элементы унитарного выстрела:  
1 - взрыватель; 2 - снаряд; 3, 5 - крышки; 4 - цилиндр; 6 - гильза; 7- боевой заряд;  
8 – воспламенитель; 9 - капсюльная втулка.

и крупных калибров унитарный выстрел становится недопустимо тяжелым, его длина - неприемлемо большой (особенно для танков и самоходных орудий) и, кроме того, он не позволяет изменять величину метательного заряда и за счет этого варьировать дальность стрельбы. От указанных недостатков свободны выстрелы раздельно-гильзового заряжания, однако по сравнению с унитарными патронами они приводят к снижению скорострельности, так как требуют досыпания в зарядную камору сначала снаряда, а затем гильзы с метательным зарядом. Выстрелы картузного (безгильзового) заряжания близки по своим достоинствам к выстрелам раздельно-гильзового заряжания, но из-за отсутствия гильзы требуют применения соответствующих обтюрирующих устройств, например, пластического обтюратора. Безгильзовые выстрелы характерны для артиллерийских систем крупных калибров.

Практические выстрелы по сравнению с боевыми имеют упрощенную конструкцию снарядов и используются для стрельб на войсковых полигонах при отработке и испытаниях артиллерийских систем. При помощи холостых выстрелов имитируются стрельбы на войсковых учениях и производятся салюты. Снаряды в них отсутствуют.

Учебные выстрелы служат для обучения боевых расчетов и комплектуются из

охолощенных элементов боевых снарядов.

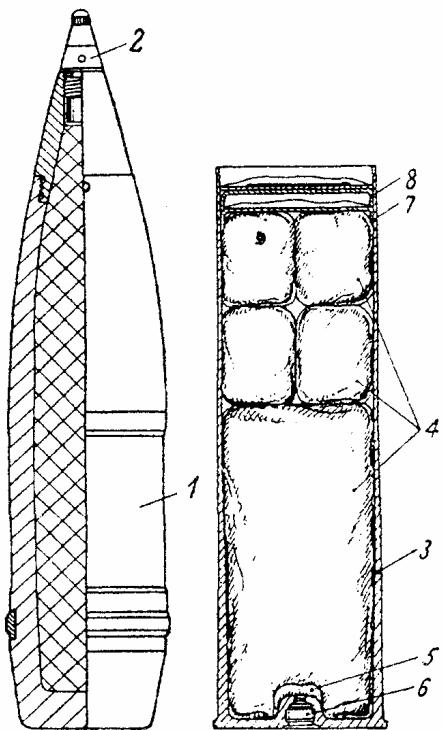


Рис. 9.2. Выстрел раздельно-гильзового заряжания:  
1 – снаряд; 2 – взрыватель; 3 – гильза; 4 – боевой заряд; 5 – воспламенитель; 6 – капсюльная втулка; 7 – крышка; 8 – усиленная крышка

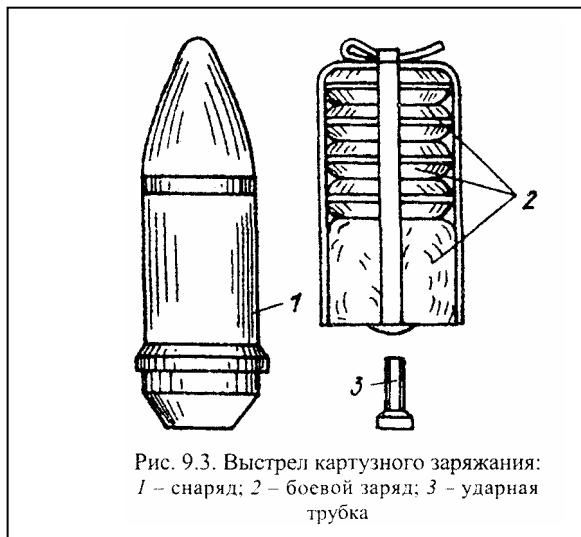


Рис. 9.3. Выстрел картузного заряжания:  
1 – снаряд; 2 – боевой заряд; 3 – ударная трубка

## 9.2. ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА И ПОРОХА. БОЕВЫЕ ЗАРЯДЫ

Взрывчатые вещества (ВВ) бывают инициирующие (первичные) и бризантные (вторичные). Инициирующие ВВ предназначены для возбуждения подрыва основных (бризантных) взрывчатых веществ. В качестве них используются гремучая ртуть, азид свинца, то есть вещества весьма чувствительные к ударному воздействию. Вторичные ВВ являются источником энергии для поражения целей. Это тротил (тринитротолуол), тетрил (тринитрофенилметилнитроамин), гексоген (циклотриметилентринитроамин). Как правило, они нечувствительны к простым начальным импульсам (удар, накол, трение).

В качестве воспламенительных составов используются в основном дымный ружейный порох (ДРП) и крупнозернистый дымный порох (КЗДП), состоящие из угля, серы и калиевой селитры (соответственно 15, 10 и 75 %).

Метательные заряды - пироксилиновые или баллиститные пороха, состоящие из нитроклетчатки (пироксилин, пироколлодий), растворителя и различных добавок. Пироксилиновые пороха изготавливаются на летучих растворителях (ацетон, спирто-эфирные смеси), баллиститные - на нелетучих растворителях (нитроглицерин, динитротолуол). На смешанных растворителях изготавливаются пороха, называемые кордитами.

Добавки в порохах предназначены для уменьшения скорости их горения (флэгматизаторы), температуры горения (нитрогуанидин), снижения пламени, образующегося при выстреле (поташ), улучшения технологичности (мел, воск, вазелин и

др.). Характеристики порохов, сгорающих гильз, флегматизаторов приведены в Приложении (табл. П. 14). Гремучая ртуть имеет  $Q_{жc} = 414$  ккал/кг,  $T_o = 3800^{\circ}\text{K}$ ,  $w_1 = 315 \text{ дм}^3/\text{кг}$ ,  $\delta = 4.4 \text{ кг/дм}^3$ , азид свинца имеет  $Q_{жc} = 367$  ккал/кг,  $T_o = 3770^{\circ}\text{K}$ ,  $w_1 = 231 \text{ дм}^3/\text{кг}$ ,  $\delta = 4.7 \text{ кг/дм}^3$ .

К порохам и ВВ предъявляются следующие основные требования:

высокая калорийность (сила);

малая чувствительность к внешним (особенно ударным) воздействиям, определяющая безопасность при эксплуатации и изготовлении;

физическая и химическая стабильность (соответственно, отсутствие растрескивания и изменения свойств при хранении);

наличие дешевого и доступного отечественного сырья;

простота в изготовлении;

большая плотность.

К порохам также предъявляются требования по уменьшению температуры горения, дымности и пламенности выстрела.

Кратко рассмотрим основные теплофизические характеристики порохов и ВВ. К характеристикам работоспособности относятся калорийность  $Q_{жc}$ ; сила  $f=(k - 1) \cdot Q_{жc}$ ; удельный объем (объем, который заняли бы газообразные продукты химического превращения единицы массы порохов и ВВ при их расширении до атмосферного давления)  $w_1 = \frac{R_r T_o}{p_A}$ ; температура горения  $T_o$ .

Скорость горения пороха характеризуется единичной скоростью  $u_1 = u \cdot p$  или  $u_1 = u \cdot p^\nu$  для линейного или степенного законов скорости горения соответственно.

Боевой заряд сообщает снаряду определенную начальную скорость. Боевые заряды могут быть постоянными и переменными. Постоянные заряды используются в унитарных выстрелах, переменные — при раздельном заряжании. Пороховые зерна, составляющие заряд, имеют различную форму: лента, трубка, одноканальное или семиканальное зерно (рис. 9.4) и др. Навеска размещается в гильзе россыпью или в картузе. Постоянные и переменные заряды могут быть полными и уменьшенными.

В состав боевого заряда включаются также некоторые вспомогательные элементы.

Воспламенитель (см. рис. 9.1) из дымного пороха обеспечивает надежность воспламенения боевого заряда. Крышки и цилиндр, изготавливаемые из картона, поджимают заряд к дну гильзы. В выстрелах раздельного гильзового заряжания заряд герметизируется усиленной крышкой, заливаемой сверху парафиновым составом.

Размеднитель и флегматизатор, вводимые в состав выстрела, увеличивают живучесть ствола. Размеднитель (кольцо свинцовой или оловянной проволоки) образует с остающейся от ведущего пояска в нарезах медью легко удалляемый сплав. Флегматизатор, изготавливаемый из тонкой бумаги, пропитанной смесью церезина и парафина, во время выстрела создает тонкую предохранительную пленку на поверхность канала ствола. Для устранения дульного пламени вводится пламегаситель из сернокислого или хлористого калия.

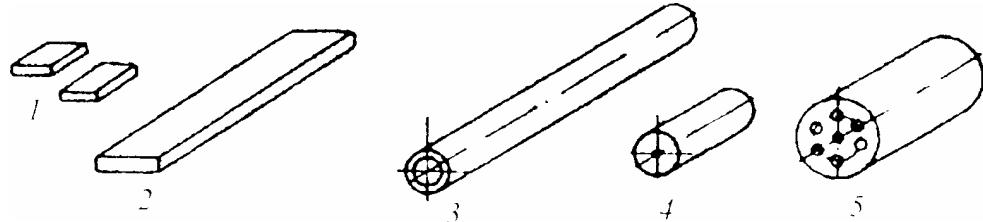


Рис. 9.4. Формы пороховых зерен:

1 – пластинки; 2 – лента; 3 – трубка; 4 – одноканальное зерно; 5 - семиканальный порох.

### 9.3. ГИЛЬЗЫ

Гильза предназначается для размещения в ней заряда, вспомогательных элементов и средств воспламенения, предохранения их от влияния влаги и механических повреждений, а также обтюрации газов, образующихся при выстреле. Гильза должна удовлетворять следующим эксплуатационным требованиям:

прочность в условиях служебного обращения;

надежность соединения заряда со снарядом;

многостельность, то есть возможность неоднократного использования гильзы после соответствующих обновлений;

стойкость при продолжительном хранении.

Устройство гильз к выстрелам патронного и раздельного гильзового заряжания показано на рис. 9.5. Форма гильзы соответствует очертанию той части каморы, где она размещается. Гильза входит в орудийную камору с некоторым зазором и фиксируется фланцем, упирающимся в кольцевую выточку затворного гнезда. Предельная величина зазора 0,15...0,7 мм определяется как прочностными характеристиками материала гильзы, так и необходимостью обеспечить за счет ее упругой и

остаточной деформаций надежную обтюрацию пороховых газов, а также свободное удаление (экстрактирование) гильзы после выстрела.

Основными элементами гильзы являются корпус *III*, дульце *I*, скат *II*, соединяющий дульце гильзы с корпусом, фланец *IV*, дно *V* и очко *VI* для капсюльной втулки. Возрастающая к фланцу толщина стенки гильзы обеспечивает обтюрацию при сравнительно малых давлениях (благодаря деформации дульца) и отсутствие остаточных деформаций в донной части, что облегчает экстрактирование. Конусность корпуса гильзы

$K = \frac{1}{60} \dots \frac{1}{120}$ , конусность соединительного ската  $-\frac{1}{10} \dots \frac{1}{20}$ . У гильз раздельного заряжания конус-

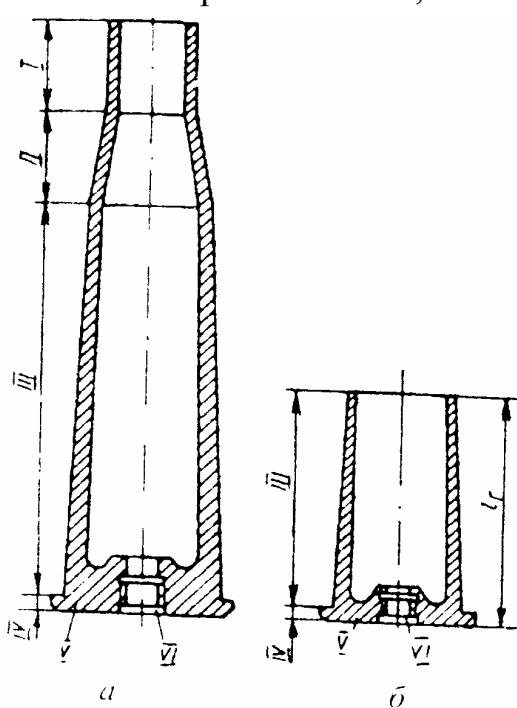


Рис. 9.5. Формы гильз: *a* – для унифицированного заряжания; *b* – для раздельно-гильзового заряжания.

нность корпуса находится в пределах  $\frac{1}{75} \dots \frac{1}{120}$

Обычно гильзы изготавливаются из латуни или малоуглеродистой стали. Для выстрелов танковых и самоходных орудий предусмотрено использование полностью или частично сгорающих гильз, более удобных в эксплуатации, так как при их применении не загромождается боевое отделение и уменьшается его загазованность.

#### 9.4. СРЕДСТВА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

Ударные и электрические средства воспламенения сообщают луч огня боевому заряду. Ударные средства воспламенения (капсюли, капсюльные втулки и ударные трубки) срабатывают под действием бойка ударного механизма.

Величина собственного импульса капсюля (рис. 9.6) достаточна для воспламенения небольших зарядов (например, в патронах стрелкового оружия). Размещаемый в оболочке капсюльный состав должен мгновенно создавать в продуктах сгорания большое количество твердых частиц, нагретых до высокой температуры. Поэтому в состав, кроме гремучей ртути, обеспечивающей достаточную чувствительность его к удару, вводятся окислитель - хлорат калия и горючее - антимоний, дающие при горении твердые раскаленные продукты. Имеются и другие композиции, оказывающие меньшее коррозийное воздействие на стенки канала ствола. Усиление импульса капсюля производится дополнительным воспламенителем дымного пороха, который размещается в капсюльной втулке (рис. 9.7) для выстрелов гильзового заряжания и в ударной трубке при картузном заряжании. В зенитной и танковой артиллерии для воспламенения может применяться находящийся в воспламенительном составе электrozапал с мостиком накаливания.

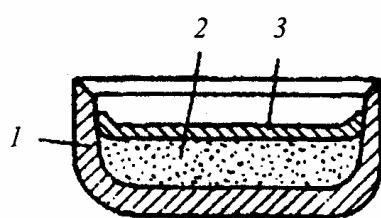


Рис. 9.6. Капсюль-воспламенитель:  
1 – колпачок; 2 – ударный состав;  
3 – покрытие

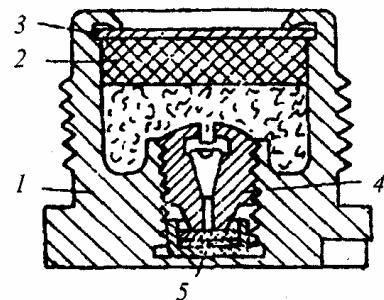


Рис. 9.7. Капсюльная втулка:  
1 – корпус; 2 – пороховая петарда;  
3 – латунный кружок; 4 – наковальня;  
5 – капсюль

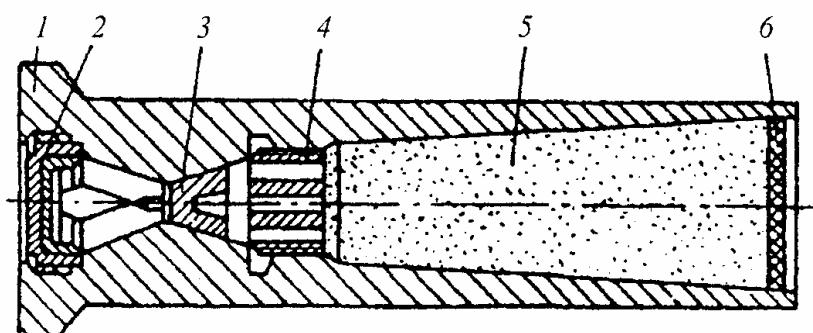


Рис. 9.8. Ударная трубка для картузного заряжания:  
1 – корпус; 2 – втулка с капсюлем; 3 – обтюрирующий конус; 4 – втулка с отверстиями; 5 – пороховой заряд; 6 – пергаментный кружок

Ударная трубка (рис. 9.8) по устройству мало отличается от капсюльной втулки: капсюльная втулка ввинчивается в дно гильзы, а ударная трубка вставляется в специальное гнездо затвора.

## 9.5. СНАРЯДЫ

Непосредственное поражение цели, а также выполнение ряда вспомогательных боевых задач осуществляется снарядами. Их тактико-технические характеристики (могущество, дальнобойность, высотобойность, кучность, безопасность во время стрельбы и стойкость при продолжительном хранении) и возможность дешевого массового производства во многом определяют боевую эффективность и надежность артиллерийского комплекса в целом.

В зависимости от выполняемых функций снаряды подразделяют на три группы: основного, специального и вспомогательного назначения.

Снаряды основного назначения служат для поражения целей: разрушения сооружений, уничтожения живой силы и боевой техники противника. К ним относятся фугасные, осколочные и осколочно-фугасные гранаты, бронебойные, кумулятивные, бетонобойные, химические и зажигательные снаряды. Действие снарядов специального назначения (осветительных, дымовых и агитационных) способствует выполнению основной боевой задачи. Снаряды вспомогательного назначения (учебные, практические, лафетопробные) используются для учебно-боевой подготовки войск и полигонных испытаний.

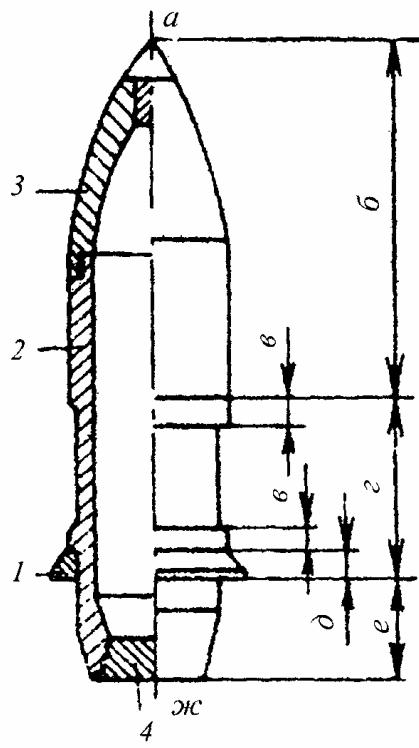


Рис. 9.9. Устройство оболочки снаряда

В зависимости от способа стабилизации в полете различают вращающиеся и оперенные снаряды.

Снаряд состоит из оболочки и снаряжения. Конструкция оболочки (рис. 9.9) включает в себя корпус 2 с ведущим пояском 1, привинтную головку 3 и винтовое дно 4. В зависимости от типа и назначения снаряда его корпус может быть сплошным.

По наружному габариту оболочку снаряда образуют следующие элементы: вершина снаряда (*а*); головная часть (*б*), продолжающаяся от вершины до верхнего центрующего утолщения (*в*); цилиндрическая или ведущая часть снаряда (*г*), включающая в себя одно или два центрующих утолщения и один или два медных (пластмассовых и т. п.) ведущих пояска (*д*); запоясковая часть (*е*); донный срез (*ж*).

Рис. 9.9. Устройство оболочки снаряда  
Внутренние очертания снаряда определяются нарезным очком под трубку или взрыватель, полостью для снаряжения и очком под ввинтное дно или донный взрыватель.

Головная часть снаряда обычно оживальная (ее образующие являются дугами окружности). Такая форма обеспечивает хорошие аэродинамические свойства снаряда и достаточное заполнение его ВВ.

Ведущие пояски запрессовываются в кольцевые канавки на корпусе снаряда, имеют в сечении форму ласточкина хвоста. Ведущий поясок служит для придания снаряду вращения в канале ствола, обтюрации пороховых газов при выстреле и центрования нижней части снаряда, если нижнее центрующее утолщение отсутствует. Ширина ведущего пояска определяется расчетом его на прочность при выстреле, однако она не должна превышать 25...30 мм для снарядов крупного калибра и 20...25 мм - для среднего. В противном случае возможно образование бахромы после вылета снаряда и ухудшение его баллистических свойств. Если расчетные размеры пояска больше рекомендованных, следует ставить два (или несколько) узких ведущих поясков. Превышение диаметра ведущего пояска над диаметром канала ствола по дну нарезов называется его форсированием и служит для уменьшения прорыва пороховых газов и снижения чувствительности снаряда к износу канала ствола. Величина форсирования 0,0009...0,012 калибра.

На практике часто используют относительные характеристики снарядов. Важнейшими из них являются: коэффициент массы снаряда  $C_q = \frac{q}{d^3}$ ; относительная масса снаряжения  $k_Q = \frac{Q}{d^3}$ ; коэффициент наполнения  $\alpha_1 = \frac{Q}{q}$  и относительная толщина стенки снаряда в калибрах  $\bar{\delta}$ . Относительные характеристики снарядов одного назначения достаточно стабильны. Поэтому, зная их ориентировочные значения (табл. 9.1), легко найти массу снаряда и его коэффициент наполнения для любого калибра. Величина  $C_q$  для пуль составляет 20...30 г/см<sup>3</sup>.

*Таблица 9.1*

**Относительные характеристики некоторых снарядов основного назначения**

Снаряд	$\bar{\delta}$ , клб	$\alpha_1, \%$	$k_Q, \text{кг}/\text{дм}^3$	$C_q, \text{кг}/\text{дм}^3$
Фугасный	$\frac{1}{15} \dots \frac{1}{6}$	10-25	2-3	8-14
Осколочный	$\frac{1}{6} \dots \frac{1}{4}$	5-10	0,8-1,5	14-16
Осколочно-фугасный	$\frac{1}{8} \dots \frac{1}{6}$	10-15	1,5-2,0	12-14
Калиберный бронебойный	$\frac{1}{4} \dots \frac{1}{3}$	2-3	0,2-0,3	16-20

Рассмотрим устройство и действие снарядов основного назначения.

Осколочные снаряды (рис. 9.10) используются в полевой артиллерии - для стрельбы по живой силе и боевой технике, разрушения легких заграждений и укрытий противника, а в зенитной артиллерии - для поражения воздушных целей. Осколочные снаряды могут оказывать ударное, зажигательное и инициирующее действия.

В момент инициирования в ВВ образуются детонационные волны сферической формы, движущиеся от мест инициирования. Взаимодействие их с оболочкой

снаряда приводит к появлению пластической волны в ее материале. Диаметр оболочки увеличивается в 1,4...2,4 раза по отношению к первоначальному. Оболочка разрушается, когда напряжения в ее материале превысят допустимые. Направление трещин при этом произвольно. Пересекаясь между собой, они образуют осколки различной величины и формы. Количество осколков и направление их разлета зависит от толщины и материала стенок снаряда, массы и свойств ВВ, а также характера инициирования. Различают три сплошные осколки: головной, содержащий 15...20% всех осколков; боковой, в котором их 60...70%; и донный – 5...10%.

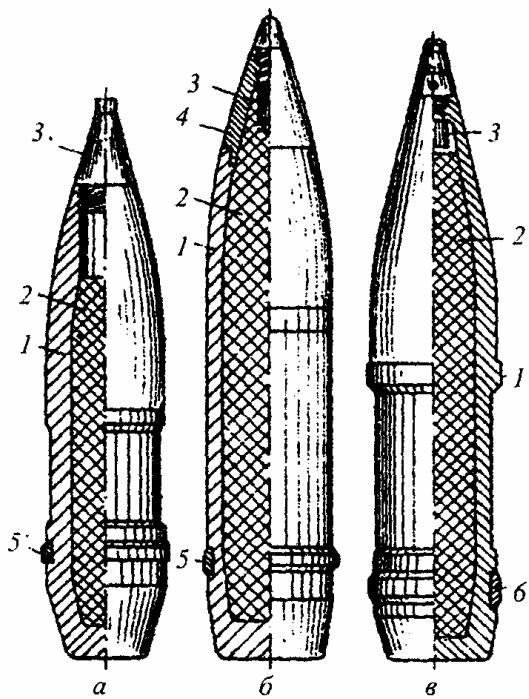


Рис. 9.10. Снаряды:

а – осколочный; б – фугасный; в – осколочно-фугасный; 1 – корпус; 2 – разрывной заряд; 3 – взрыватель; 4 – привинтная головка; 5 – ведущий поясок

нимием их по поражаемой площади и радиусом поражения. Убойные осколки имеют массу 4...5 г и обладают кинетической энергией 80...100Дж.

Зажигательное действие при попадании осколков в топливные хранилища, баки самолета объясняется образованием большого количества мелких раскаленных частиц облицовки емкостей. Они и воспламеняют на воздухе горючее или его пары, вытекающие из пробоин.

Снаряды с готовыми поражающими элементами предназначаются для уничтожения открытой живой силы противника (стрелы, картечь).

Поражающие элементы в виде стрел имеют длину около 25 мм и массу 0,5 г. В корпусе снаряда их находится несколько тысяч. При срабатывании взрывателя заряд ВВ, находящийся в переходной трубке, раскалывает головную часть корпуса снаряда и воспламеняет вышибной заряд. Давлением образовавшихся газов и центробежными силами стрелы выбрасываются из вращающегося снаряда и рассеиваются. За счет оперения стрелы стабилизируются и летят острием вперед.

Картечь состоит из сферических пуль, находящихся в оболочке из листового железа или картона: оболочка закрывается с торцов металлическим или деревянным дном и крышкой. Возможно использование картечи с вышибным зарядом или в виде дробового выстрела. В последнем случае нельзя использовать картечь для стрельбы из орудий с дульными тормозами.

Фугасные снаряды (см. рис. 9.10. б) применяются для разрушения небетонированных оборонительных сооружений, а в отдельных случаях используют против танков и живой силы противника.

Разрушающее действие фугасного снаряда производится газами (фугасное действие) и частично образующимися осколками. При взрыве возникают ударные волны, то есть области сжатия с резким скачком давления, плотности и высокой

температурой на фронте волны. Разрушающее действие ударной волны определяется избыточным давлением на ее фронте.

Ударные волны возникают при разрыве снаряда не только в атмосфере, но и в грунте. В результате действия продуктов взрыва на грунт образуются три характерные зоны: вытеснения, разрушения и сотрясения. В зоне вытеснения грунт отсутствует. Зона разрушения – это область, в которой грунт разрушен, растрескан. В зоне сотрясения ослабленная ударная волна не в состоянии нарушить связь между частичками грунта.

Взрыв в грунте, как правило, сопровождается образованием воронки (1 кг тротила выбрасывает 1,2...1,5 м<sup>3</sup> грунта). Фугасное действие по бронированным целям приводит к заклиниванию, срыву и опрокидыванию башен; разрушению механизмов и приборов за броней: детонации боекомплекта танка и т. д.

Осколочно-фугасные снаряды (рис. 9.10, в) являются примером унификации снарядов различного назначения. Конструкция снаряда и его данные являются промежуточными между осколочной и фугасной гранатами. Широкое применение осколочно-фугасных снарядов, особенно в артиллерии среднего калибра, объясняется удешевлением производства унифицированных боеприпасов и упрощением питания войск в бою. То или иное действие снаряда при выполнении конкретной боевой задачи достигается соответствующей установкой взрывателя на осколочное или фугасное действие.

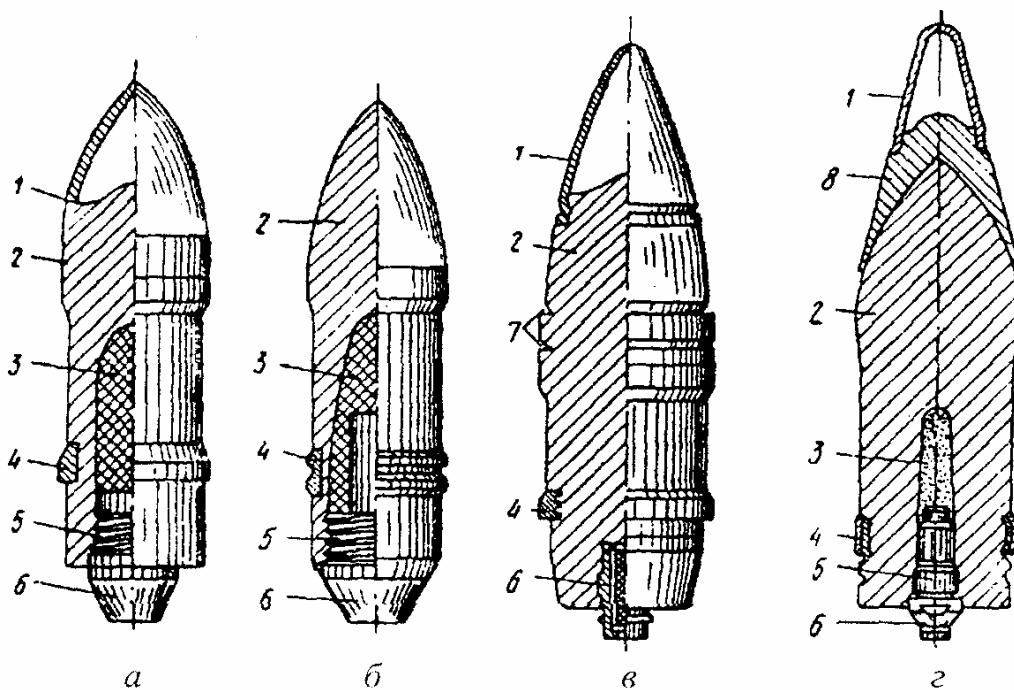


Рис. 9.11. Калиберные бронебойные снаряды:  
а – каморный тупоголовый; б – каморный остроголовый; в – сплошной с подрезами; г – с бронебойным наконечником; 1 – баллистический наконечник; 2 – корпус; 3 – разрывной заряд; 4 – ведущий поясок; 5 – взрыватель; 6 – трассер; 7 – подрезы;  
8 – бронебойный наконечник

Бронебойные снаряды подразделяются на две большие группы: калиберные и подкалиберные снаряды.

Калиберные бронебойные снаряды (рис. 9.11) могут быть каморными (с разрывом зарядов ВВ) и сплошными (без ВВ), а по конструкции головной части – остроголовыми, тупоголовыми и с бронебойным наконечником. Для уменьшения аэро-

динамического сопротивления на головной части закрепляется тонкий баллистический наконечник, не участвующий в пробивании брони. В конструкциях бронебойных снарядов применяется предложенный адмиралом С. О. Макаровым бронебойный наконечник, уменьшающий рикошетирование, а также частично разрушающий верхний слой брони.

Трассирующий состав в трассерах снарядов и пуль воспламеняется от пороховых газов в канале ствола, горит при полете в воздухе, обозначая (трассируя) траекторию снаряда (пули). Необходимая эффективность действия трассеров обеспечивается химическим составом, скоростью горения трассирующего вещества, размерами трассера. В качестве горючих веществ в них применяются порошки магния и алюминия, сцепленные различными смолами. Цвет трассы зависит от вида применяемого окислителя или красителя. При горении стронция получается красная окраска, бария – зеленая, меди – синяя и т. п.

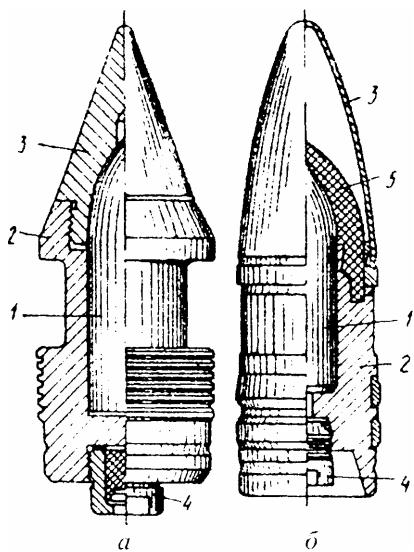


Рис. 9.12. Подкалиберные бронебойные снаряды:  
а – катушечной формы; б – обтекаемой формы; 1 – бронебойный сердечник; 2 – корпус; 3 - баллистический наконечник; 4 – трассер; 5 – наконечник из пластмассы.

Подкалиберные бронебойные снаряды (рис. 9.12) за счет меньшей массы ( $C_q = 6...8$ ) при стрельбе из одного и того же орудия получают большую, по сравнению с калиберным, скорость.

Корпус или поддон изготавливается из мягкой стали, железа, алюминиевых сплавов или других материалов, бронебойный сердечник – из металлокерамических сплавов, обладающих высокой прочностью и твердостью.

Кроме снарядов катушечной и обтекаемой формы используются также снаряды с отделяющимся поддоном. В таких снарядах сердечник с оболочкой размещается в поддоне специальной конструкции, имеющем калибр орудия. Поддон с ведущим пояском обеспечивает нормальное ведение снаряда по каналу ствола, а после вылета отделяется за счет аэродинамических или центробежных сил. Стабилизация подобных снарядов возможна как за счет их вращения, так и с помощью оперения (стреловидные снаряды).

Пробивание брони характерно при взаимодействии остроголового снаряда и брони низкой твердости. При попадании притупленного снаряда в броню высокой твердости происходит выбивание пробки. Кроме этих явлений, возможен откол брони с внутренней ее стороны. Поражение за броней проявляется в виде ударного, фугасного, осколочного и зажигательного действий снаряда.

Кумулятивные снаряды (рис. 9.13) служат для стрельбы прямой наводкой по бронированным целям и вертикальным стенкам оборонительных сооружений. Их

применение базируется на

использовании кумулятивного эффекта: повышения действия взрыва заряда в одном направлении за счет его специальной формы (наличие кумулятивной воронки). Кумулятивное действие усиливается, если внутреннюю поверхность воронки покрыть тонким слоем мягкого металла. При этом существует оптимальное расстояние между торцом заряда и преградой, на котором действие заряда максимально.

Процесс кумуляции (рис. 9.14) происходит следующим образом.

Давление детонационной волны, перемещающейся по направлению к поверхности брони, обжимает облицовку воронки и вынуждает ее постепенно двигаться к оси воронки, где частицы облицовки соединяются на оси воронки в кумулятивную струю. Скорость кумулятивной струи достигает 10 км/с. В результате воздействия ее на преграду развиваются давления в десятки тысяч МПа. Под действием кумулятивной струи преграда деформируется, ее материал начинает растекаться в радиальных направлениях, образуя отверстие, которое углубляется с некоторой скоростью. Пробивное действие возрастает с увеличением длины струи, плотности металла облицовки, а также при использовании ВВ с большой массовой плотностью и скоростью детонации.

Закручивание струи (вращение снаряда) приводит к ее размыванию и, следовательно, уменьшению действия по преграде.

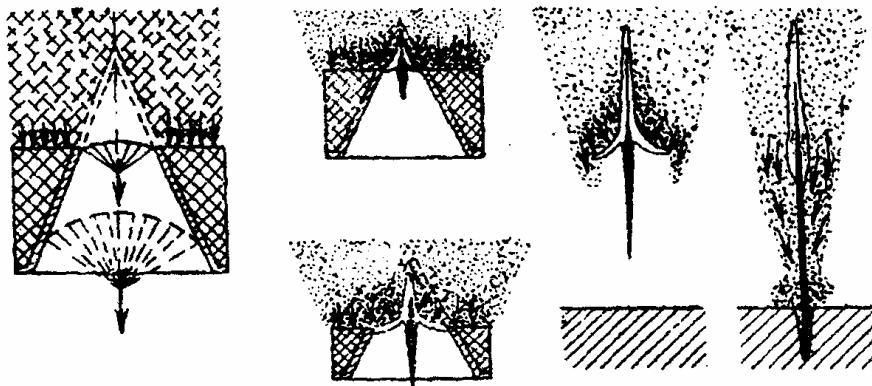


Рис. 9.14. Схема образования кумулятивной струи

Кумулятивные снаряды при очень высоких скоростях встречи с преградой могут разрушиться до возникновения и действия кумулятивного эффекта. Это необходимо учитывать при установлении комплекта боеприпасов для проектируемого орудия. Кумулятивные снаряды возможно применять в орудиях с малыми начальными скоростями.

Основные характеристики некоторых отечественных артиллерийских выстрелов приведены в Приложении (табл. П. 15 и П. 16).

Одной из основных тенденций в развитии современной артиллерии является повышение ее могущества. Этого можно достичь увеличением калибра снарядов и

улучшением их аэродинамической формы, применением мощных ВВ (в том числе и ядерных зарядов) и использованием новых материалов для поражающих элементов.

Другой путь связан с повышением начальных скоростей снарядов. Например, за счет применения подкалиберных снарядов.

Перспективным для увеличения дальности стрельбы представляется применение активно-реактивных снарядов (АРС) (рис. 9.15). Двигатель АРС включается после вылета снаряда из канала ствола в определенной точке его траектории, соответствующей максимальному приращению дальности. Использование АРС калибром более 100 мм позволяет увеличить дальность полета в 1,3...2 раза по сравнению с классическим принципом метания. Однако коэффициент наполнения АРС невелик (5...10%), так как размещение его двигательной установки в заданных массах и габаритах возможно лишь за счет некоторого уменьшения количества ВВ.

Снаряды для стрелкового оружия малого калибра (обычно до 15 мм) называют пулями. Условно их отличают от снарядов артиллерийских по способу ведения по каналу ствола: пуля врезается в нарезы оболочкой, а снаряд - ведущим пояском. На рис. 9.16 показано устройство современных пуль.

Рис. 9.15. Активно-реактивный снаряд:

1 - взрыватель; 2 - боевая часть; 3 - ВВ; 4 - кольцевой обтюратор; 5 - успокоитель вибрации; 6 - корпус двигателя; 7 - вкладыши; 8 - пороховой заряд; 9 - замедлитель; 10 - сопло; 11- ведущий поясок.

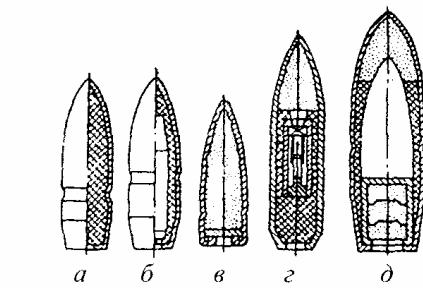
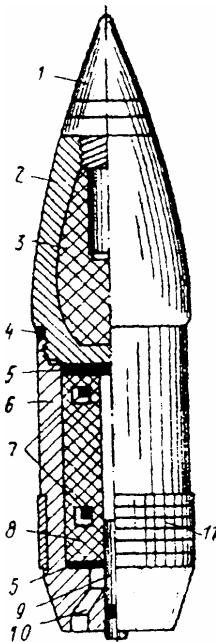


Рис. 9.16. Устройство современных пуль:  
а - обыкновенная оболочечная; б - со стальным сердечником (бронебойная); в - зажигательная; г - пристрелочная; д - бронебойно-зажигательная-трассирющая

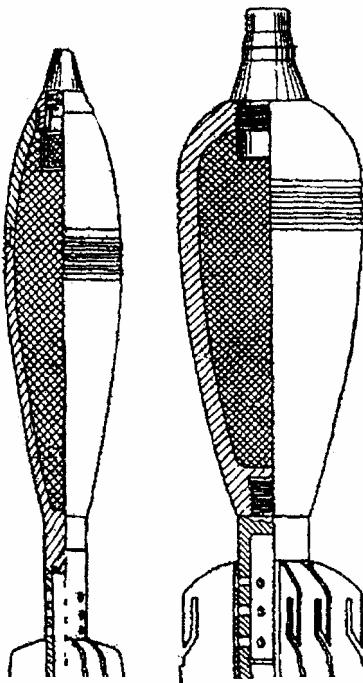


Рис. 9.17. Осколочная и фугасная мины.

Толщина оболочек пуль составляет  $0,06 \dots 0,08d$ . Поперечная нагрузка пуль  $d/S$  обычно находится в пределах  $22 \dots 25 \text{ г}/\text{см}^2$ .

Для стрельбы из минометов применяются мины, внешний вид которых представлен на рис. 9.17.

## 9.6. ВЗРЫВАТЕЛИ

Взрыватель предназначен для сообщения импульса детонации разрывному заряду снаряда в момент, соответствующий максимальному поражению цели. Взрыватель состоит из механических, пиротехнических, а в ряде случаев и других узлов (электрических, радиолокационных и т. д.), обеспечивающих надежное действие снаряда у цели в заданной точке траектории, безопасность в служебном обращении, а также отсутствие преждевременных разрывов в канале ствола и на траектории.

По способу действия взрыватели делятся на ударные и дистанционные.

Ударные взрыватели срабатывают после встречи снаряда с преградой. Они применяются в фугасных, осколочных, осколочно-фугасных, бронебойных и бетонобойных снарядах. По месту соединения со снарядом ударные взрыватели могут быть головными и донными. Донные взрыватели используются только в бронебойных? бетонобойных и крупнокалиберных фугасных снарядах. По времени срабатывания, определяемом от момента встречи снаряда с преградой до его разрыва, различают ударные взрыватели мгновенного (разрыв снаряда происходит через 0,001 секунды после встречи с преградой), инерционного (разрыв происходит через 0,005 с) и замедленного (срабатывает через 0,01...0,15 с и более) действия.

Дистанционные взрыватели используются в осколочных и осколочно-фугасных снарядах зенитной артиллерии, а также в осветительных и зажигательных боеприпасах. Они подразделяются на механические, пороховые (с пиротехническими составами) и неконтактные. В механических взрывателях отсчет времени от начала движения снаряда производится специальным часовым механизмом, в пороховых - с помощью порохового дистанционного состава, горящего с постоянной скоростью 0,5...1 см/с. Неконтактные радиоэлектрические взрыватели срабатывают автоматически на таком расстоянии от цели, при котором вероятность ее поражения наибольшая. Их применение значительно повышает эффективность действия снарядов и мин. Дистанционные взрыватели наземной артиллерии имеют установку и на ударное действие. Если по каким-то причинам снаряд не разорвался в заданной точке траектории, его уничтожение обеспечивается при ударе в грунт или преграду. Для взрывателей зенитной артиллерии с этой целью используются механизмы самоликвидации.

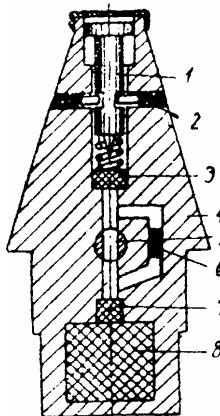


Рис. 9.18. Функциональная схема взрывателя:  
1 – ударный механизм; 2 – предохранители; 3 – капсюль-воспламенитель; 4 – корпус; 5 - установочный кран; 6 – пороховой замедлитель; 7 – капсюль-детонатор; 8 – детонатор.

Основными элементами функциональной схемы взрывателя (рис. 9.18) являются ударный механизм с предохранителями (конденсаторы для неконтактных взрывателей), установочный механизм и огневая цепь.

Структура огневой цепи зависит от типа взрывателя и потребного времени его действия (рис. 9.19). В огневую цепь обязательно входят капсюль-воспламенитель,

капсюль-детонатор и детонатор. В артиллерийских боеприпасах наибольшее распространение имеют комбинированные капсюли-детонаторы. Их заряд состоит из инициирующего (азид свинца) и бризантного (тетрил) ВВ, расположенных слоями.

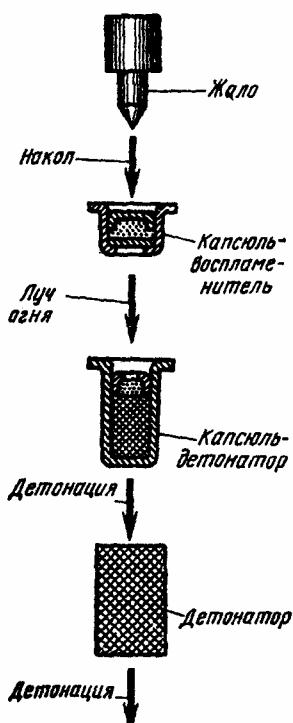


Рис. 9.19. Огневая цепь взрывателя

Луч огня от капсюля-воспламенителя вызывает инициирование азита свинца, вследствие чего детонирует и бризантное ВВ. Действие капсюля-детонатора усиливается детонатором (зарядом чувствительного и мощного ВВ), помещаемым между капсюлем-детонатором и разрывным зарядом. При установке взрывателя на замедление в огневую цепь входит замедлитель - спрессованный пороховой столбик. Если установок несколько, замедлитель включается в огневую цепь параллельно огнепроводному каналу. Та или иная установка производится специальным краном, направляющим луч огня от капсюля-воспламенителя к капсюлю-детонатору непосредственно по открытому каналу или через замедлитель. Огневая цепь взрывателя может быть замкнутой или разомкнутой. В замкнутой цепи даже случайное срабатывание капсюля-воспламенителя автоматически приводит к разрыву снаряда. Чтобы избежать этого, огневую цепь размыкают, изолируя капсюль-воспламенитель от капсюля-детонатора или отделяя оба капсюля от детонатора. Замыкание цепи происходит только после взведения взрывателя.

Накол и воспламенение капсюля-воспламенителя осуществляются ударным механизмом. При мгновенном действии ударник смещается реакцией преграды, а в ударном механизме инерционного действия причиной его движения являются возникающие вследствие резкого торможения снаряда инерционные силы.

Предохранители препятствуют перемещению ударника от случайных нагрузок в служебном обращении и при перевозке, а также обеспечивают безопасность во время выстрела и на начальном участке траектории полета снаряда. Предохранители могут быть механическими и пороховыми. В механических предохранителях для снятия отдельных ступеней предохранения чаще всего используются инерционные силы, возникающие при вращении снаряда и ускорении (замедлении) его поступательного движения. Примеры схем предохранителей приведены на рис. 9.20. Пружинный центробежный предохранитель (рис. 9.20, а) своими стопорами удерживает ударник мгновенного действия от смещения, пока величина центробежной силы не окажется достаточной для преодоления сопротивления пружин стопоров и их утапливания в соответствующих гнездах. Предохранитель порохового типа (рис. 9.20, б) состоит из порохового элемента, ударника и стопора с пружиной. При выстреле жало воспламенительного устройства оседает по инерции и накалывает капсюль-воспламенитель, который воспламеняет пороховой элемент. В освобождающийся вследствие сгорания элемента объем под действием пружины перемещается стопор и освобождает ударник.

Во взрывателе с четырьмя установками на головной его части расположен прочный колпачок.

При снятом колпачке огневая цепь срабатывает от ударника мгновенного дей-

ствия (рис. 9.18), при этом за счет поворота установочного крана 5 взрыватель будет действовать мгновенно или с замедлением.

Бели колпачок надет, а кран открыт, то капсюль-воспламенитель, вмонтированный в инерционное тело, при ударе продвигается вперед и обеспечивается инерционное (фугасное) действие взрывателя. Бели при надетом колпачке установочный кран пропускает луч огня через пороховой замедлитель, то будет еще большее замедление.

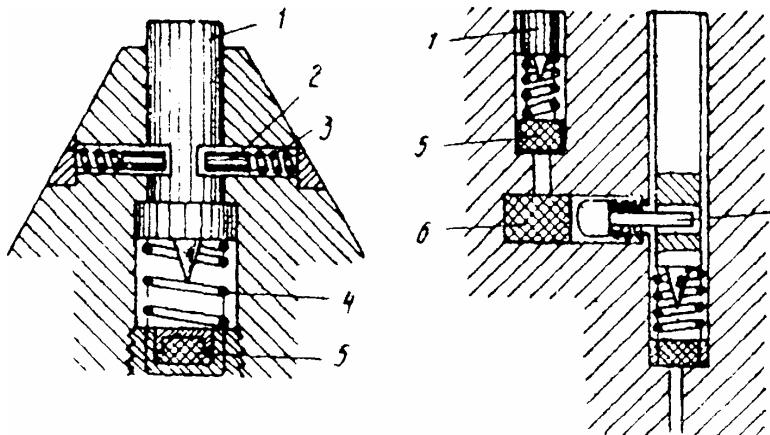


Рис. 9.20. Схемы предохранительных механизмов:  
а- центробежный; б- пороховой; 1- ударник; 2 - центробежные стопоры;  
3 – пружины; 4 - контрольно-предохранительная пружина;  
5 - капсюль–воспламенитель; 6 пороховой элемент; 7 – стопор.

Применительно к осколочно-фугасным снарядам первая установка взрывателя позволяет получить осколочное действие по открытым живым целям, вторая и третья установки используются для стрельбы по слабым полевым укрытиям, четвертая установка дает полное фугасное действие, а при малых углах падения снарядов обеспечивает разрывы после рикошета и наилучшее осколочное действие по открытым живым целям.

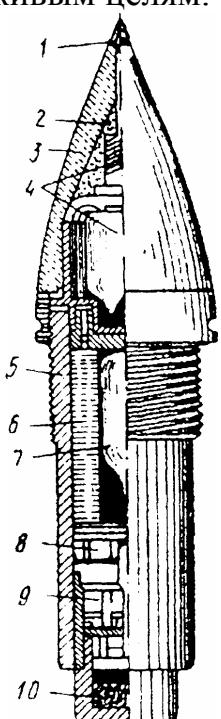


Рис. 9.21. Схема устройства артиллерийского радиовзрывателя: 1 – антенна; 2 – восковая масса; 3 – пластмассовая головка; 4 – детали радиооборудования; 5 – корпус; 6 – батарея; 7 – баллон с электролитом; предохранитель; 9 - самоликвидатор; 10 – детонатор.

Радиовзрыватель (рис. 9.21) относится к группе неконтактных взрывателей и используется в основном в боеприпасах зенитной артиллерии. В его электрической схеме преобладают миниатюрные радиоэлементы, обладающие высокой прочностью, но небольшой мощностью излучаемой электромагнитной энергии. Радиоустройство взрывателя состоит из одной антенны, приемо-передатчика, усилителя низкой частоты и исполнительного каскада. Приемопередатчик служит для создания высокочастотных колебаний и одновременно осуществляет прием колебаний, отраженных целью, а также выделение допплеровской частоты (автодинный метод приема). При определенной интенсивности сигнала происходит опрокидывание электронного ключа и замыкание электрической цепи конденсатора. Параметры радиовзрывателя подбираются таким образом, чтобы момент разрыва снаряда соответствовал наибольшей эффективности его действия по цели.

Электронный блок с антенной находится в головной части взрывателя под радиопрозрачным пластмассовым колпаком. В металлическом корпусе монтируются источники питания и предохранительно-детонирующий механизм, блокировки которого снимаются лишь в момент выстрела. Взведение радиовзрывателя производится механическим и электрическим способами. В служебном обращении огневая и электрическая цепи разобщены. Их замыкание происходит только через 2...4 секунды после вылета снаряда из канала ствола. В радиовзрывателе предусмотрен механизм самоликвидации на случай промаха.

К неконтактным взрывателям относится также оптический взрыватель, принцип действия которого основан на использовании энергии световых лучей, отраженных от цели. Основными элементами линии срабатывания оптического взрывателя являются: специальная линза, установленная в его головной части, фотоэлемент и усилитель. Линза имеет определенный конус обнаружения (захвата) цели. Сигналом для подрыва снаряда служит скачкообразное изменение тока определенной длительности и амплитуды на выходе фотоэлемента в случае пересечения целью конуса обнаружения. Электрическая цепь взрывателя настраивается так, чтобы разрыв снаряда произошел в зоне поражения цели. Недостатком оптического взрывателя является невозможность его применения ночью, а также в условиях облачности и тумана.

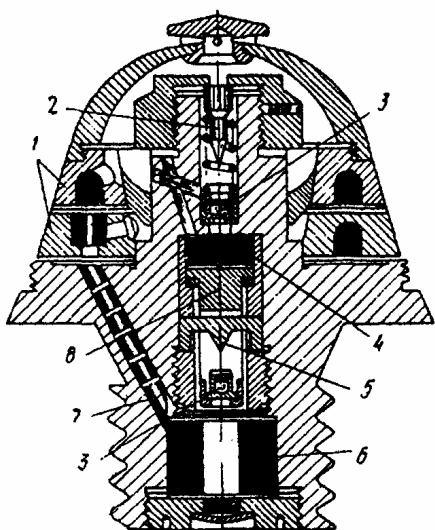


Рис. 9.22. Схема дистанционной трубы:  
1 - дистанционные кольца; 2 - дистанционный ударник; 3 - капсюли; 4 - пороховой предохранитель; 5 - жало ударника; 6 - петарда; 7 - пороховые столбики; 8 - ударник.

Осветительные, зажигательные, агитационные и дымовые снаряды комплектуются не взрывателями, а трубками (рис. 9.22), которые могут быть дистанционными и двойного действия. На рис. 9.23 изображены схемы действия огневой цепи дистанционной трубы при различных установках. При установке трубы на некоторую дальность дистанционный состав горит (рис. 9.23, а) с замедлением. В названных снарядах отсутствует разрывной заряд, поэтому огневая цепь трубы не имеет ни капсюля-детонатора, ни детонатора, а заканчивается пороховой петардой, которая воспламеняет выбрасывающий содержимое снаряда вышибной заряд. Для отсчета времени в трубках могут использоваться дистанционный состав спрессован-

ного пороха или часовые механизмы.

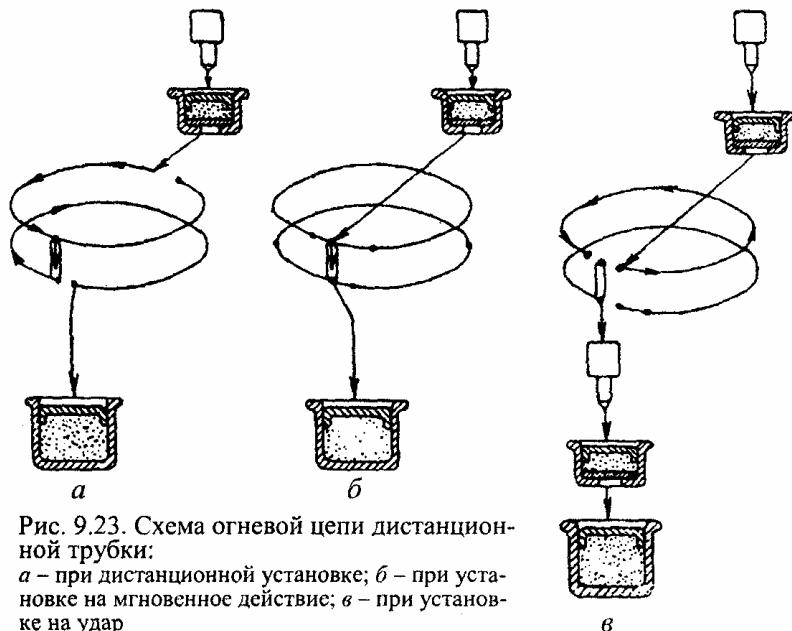


Рис. 9.23. Схема огневой цепи дистанционной трубы:

а – при дистанционной установке; б – при установке на мгновенное действие; в – при установке на удар

После воспламенения дистанционного порохового состава верхнего дистанционного кольца огонь по передаточному отверстию переходит на нижнее дистанционное кольцо и далее через соединительный канал в пороховую петарду. При установке трубы на картечное действие (рис. 9.23, б) огонь из капсюля через передаточные отверстия колец мгновенно передается непосредственно в петарду. Если трубка установлена на ударное действие (рис. 9.23, в), то передаточное отверстие нижнего кольца становится под перемычкой верхнего кольца. Вследствие этого огонь из верхнего дистанционного кольца не передается на нижнее кольцо, а трубка срабатывает только при встрече снаряда с преградой, когда специальный ударник, перемещаясь по инерции вперед, воспламеняет капсюль, в результате чего воспламеняется петарда и срабатывает снаряд.

## 9.7. УПРАВЛЯЕМЫЕ БОЕПРИПАСЫ

Важнейшим направлением повышения точности и эффективности стрельбы артиллерии является создание комплексов управляемого артиллерийского вооружения на базе управляемых боеприпасов (мин и снарядов), обеспечивающих многократное сокращение затрат времени на решение огневых задач, а также уменьшение несанкционированных ущербов при их выполнении. Кроме этого, внедрение управляемых боеприпасов значительно расширяет боевые возможности артиллерии как по тактике ее применения, точности и дальности поражения, так и по типу целей.

Задача создания управляемых артиллерийских боеприпасов в начале 70-х годов прошлого столетия была поставлена в США, ряде стран Западной Европы и СССР. Однако вследствие сложности технических проблем, возникших при разработке управляемых артиллерийских снарядов (УАС), все страны, кроме США и России, были вынуждены прекратить работы по их созданию. Правда, в 1984 г. в Швеции были возобновлены работы по разработке управляемой мины. Система комплексов управляемого вооружения объектов бронетанковой техники, разработанная в России (ГУП КПБ, г. Тула), вообще не имеет аналогов в мире.

Современная номенклатура комплексов артиллерийского вооружения с управляемыми боеприпасами представлена в табл. 9.2 и 9.3.

### 9.7.1. Артиллерийские выстрелы с управляемыми боеприпасами объектов бронетанковой техники

Значительное повышение боевой эффективности бронетанковой техники достигнуто за счет включения в состав вооружения унифицированных управляемых снарядов ствольного запуска с полуавтоматической лазерно-лучевой системой управления. Оснащение объектов бронетанковой техники (БТТ) управляемым вооружением позволяет выигрывать бой до входа в зону действия ответного артиллерийского огня противника.

Управляемые снаряды для разных объектов БТТ имеют габариты штатных артиллерийских выстрелов, не отличаются по способам заряжания и запуска, размещаются в штатных боеукладках. Применение полуавтоматической лазерно-лучевой системы управления обеспечивает высокую помехозащищенность канала управления, простоту работы наводчиков. Унифицированные блоки аппаратуры управления вписываются в свободные объемы и не меняют внешнего вида танков.

*Выстрелы на базе унифицированной управляемой ракеты 9М117М.* На вооружении российской бронетанковой техники и противотанковых пушек стоят артиллерийские выстрелы ЗУБК10М,-1,-2,-3, унифицированные с управляемой ракетой 9М117М. Унификация ракеты полностью идентична как для выстрелов из гладкоствольных пушек МТ-12 калибром 100 мм и У5ТС калибром 115 мм, так и для нарезных пушек Д10-Т2С и 2А70 калибра 100 мм.

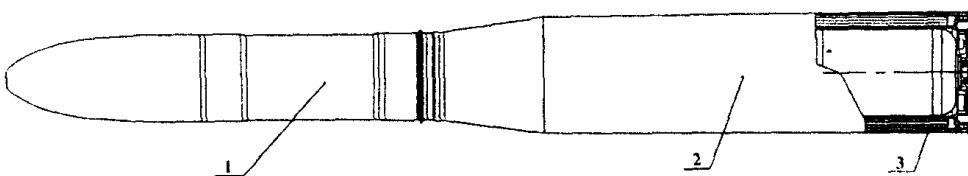


Рис. 9.24. Выстрел ЗУБК10М-1 с управляемой ракетой 9М117М

Типовой артиллерийский выстрел на примере ЗУБК10М-1 представлен на рис. 9.24. Он состоит из управляемой ракеты 9М117М 1 с обтюрирующим пояском, гильзы 2 с вышибным секционным картузным зарядом 3 из трубчатого пироксимирированного пороха, дополнительного заряда с электровоспламенителем и втулки, предназначеннной для передачи энергии от ударника пушки к индикатору снаряда при выстреле (на рисунке не показаны).

После нажатия на рукоятку спускового механизма пушки срабатывает ее ударный механизм. При этом ударник под действием пружины через поршень втулки, расположенной в дне гильзы, перемещает толкатель индуктора снаряда. В обмотках индуктора последовательно генерируются два электрических импульса. От одного из них срабатывает электровоспламенитель вышибного заряда, а от другого - электровоспламенитель бортового источника питания. После выхода на режим бортового источника питания срабатывает электровоспламенитель порохового заряда ротора гирокоординатора снаряда, а также подается напряжение на приемник излучения, электронную аппаратуру и блок рулевого привода. Время горения электровоспламенителя вышибного заряда обеспечивает задержку срабатывания вышибно-

го заряда, необходимую для выхода на режим бортовой и наземной аппаратуры управления.

Унифицированная управляемая ракета 9М117М выполнена по аэродинамической схеме «Утка» со складывающимся оперением (рис. 9.25).

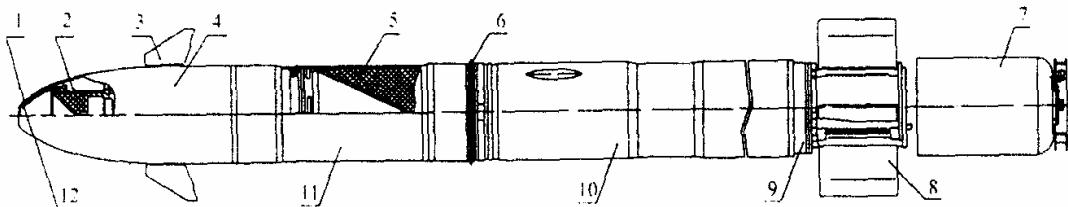


Рис. 9.25. Управляемая ракета 9М117М в полете

В ее состав входят:

отсек управления 4 с блоком воздушно-динамического рулевого привода и механизмом раскрытия рулей 3, срабатывающим после выхода снаряда из канала ствола;

тандемная кумулятивная боевая часть 11, состоящая из лидирующего 2 и основного 5 зарядов, способная преодолевать динамическую защиту;

маршевый двигатель 10, представляющий собой однокамерный ракетный твердотопливный двигатель (РДТТ) с боковыми, переднерасположенными наклонными соплами;

аппаратурный отсек 9, состоящий из блока питания, блока связи, гирокоординатора, электронной аппаратуры и блока стабилизаторов, лопасти 8 которых установлены под углом к продольной оси снаряда для обеспечения его вращения на траектории;

поддон 7, предназначенный для удержания лопастей стабилизаторов в сложенном положении и защиты хвостовой части снаряда от воздействия газов вышибного заряда.

При движении ракеты, направляемой по каналу ствола ведущим пояском 6, срабатывают газовые замыкатели, замыкая цепь подачи напряжения на ПИМ. После вылета ракеты из ствола сбрасывается поддон, раскрываются лопасти блока стабилизаторов, срабатывает замыкатель в блоке связи и замыкает электрические пени подачи напряжения на электровоспламенители маршевого двигателя механизма раскрытия рулей 3 и на индикаторную лампу. При стрельбе ночью напряжение на лампу не подается.

После входа снаряда в поле управления, приемник излучения принимает и преобразует модулированный оптический сигнал лазерного луча в электрический. Электронная аппаратура выделяет координаты снаряда относительно оси луча в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а с помощью гирокоординатора формирует сигналы управления по каналам блока рулевого привода (БРП). Рули, отклоняясь от своего среднего положения, создают действующий на снаряд управляющий момент. Это позволяет удерживать снаряд около центра ноля управления на протяжении всего полета до цели.

При встрече снаряда с целью деформируется обтекатель 1, замыкается головной контакт 12, подается напряжение на электродetonатор ПИМа, который, срабатывая, инициирует взрывчатое вещество лидирующего заряда 2, а затем основного заряда 5 боевой части.

Таблица 9.2

**Комплексы артиллерийского вооружения с самонаводящимися боеприпасами**

Комплекс артвооружения	Тип артсистемы	Тип боеприпаса	Длина, мм	Масса снаряда, БЧ/ВВ, кг	Дальность стрельбы, м	Тип БЧ
"Copperhead" (США)	M109	155 мм УАС	1370	62, 22,5/6,7	16000	Кумулятивно-осколочная
"Смельчак" (Россия)	Самоходный миномет 2С4 "Тюльпан"	Корректируемая 240-мм мина 3Ф5	1635	237 -/32	800-9650	Фугасная
"Сантиметр" (Россия)	Пушка-гаубица Д-20 (2С3)	Корректируемый 152-мм снаряд (30Ф38)	1195	49,5 -/8,5	200-12000	Осколочно-фугасная
"Краснополь" (Россия)	Д-20, 2С3М 2А65, 2С19	152-мм УАС (30Ф39)	1300	50 20,5/6,5	20000	Осколочно-фугасная
"Краснополь-М" (Россия)	М-109	155-ммУАС	955	45 19/6	20000	Осколочно-фугасная
"Китолов -2" (Россия)	2А51	120-мм УАС	1225	25 10/5	9000	Осколочно-фугасная
"Китолов -2М" (Россия)	Д-30 САО 2С1	122-мм УАС	1225	27 12/5,5	13000	Осколочно-фугасная
"Strix" (Швеция)	Гладкоствольный 120-мм миномет	Корректируемая 120-мм мина	840	18,2 -/-	600, 5000/7000	Кумулятивная, бронепробитие 756 мм

Таблица 9.3

**Управляемые выстрелы бронетанковой техники с полуавтоматическим наведением по лучу лазера**

Тип артиллерийской системы	Артиллерийский выстрел, комплекс	Управляе-мый боеприпас	Дальность стрельбы, м	Калибр/ <u>снаряд</u> выстрела, мм	Масса / <u>сна-ряд</u> выстрела, кг	Длина / <u>снаряд</u> выстрела, мм	Бронепроби-тие, мм	Полетное время (max), с
Противотанковая пушка МТ-12 (Т-12)	ЗУБК10М "Кастет"	Ракета 9М117М	100-5000	100	<u>17,6</u> 25	<u>1084</u> 1040	600 с преодолени-ем динамиче-ской защиты	16,8
Танк Т-55, пушка Д10-Т2С	ЗУБК10М-1 "Бастион"		100-4000	100	<u>17,6</u> 24,5	<u>1084</u> 1140		13,5
Танк Т-65, пушка У5-ТС	ЗУБК10М-2 "Шексна"		100-4000	<u>100</u> 115	<u>17,6</u> 27	<u>1084</u> 1140		13,5
БМП-3, пушка 2А70	ЗУБК10М-3 "БМП-3"		100-4000	100	<u>17,6</u> 23,4	<u>1084</u> 1240		-
Танк Т -72, пушка Д-81	ЗУБК20 "Свирь"	Ракета 9М 119М	100-4000	125	23,4	695+385	700 с преодолени-ем ДЗ	11,7
Танк Т -80, пушка Д-81	ЗУБК20 "Рефлекс"		100-5000	125	23,4	695+385		16,0

Принципиально новыми возможностями обладают танки Т-72 и Т-80, оснащенные комплексами управляемого вооружения "Свирь" и "Рефлекс", в состав которых входит выстрел ЗУБК20 с управляемой ракетой 9М119М раздельного заряжания. Оснащение танков управляемым вооружением не требует доработки орудия и боеукладки, не изменяет его внешнего вида и дает значительные преимущества по дальности стрельбы.

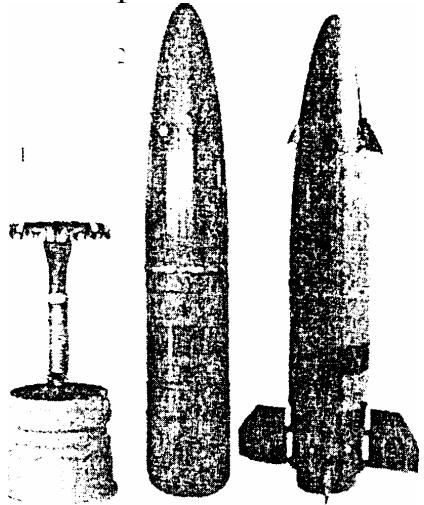


Рис. 9.26. Выстрел ЗУБК20:  
а – выстрел; б – снаряд в полете; 1 – вышибное устройство с толкателем; 2 – управляемый снаряд.

*Выстрел ЗУБК20 с управляемой ракетой 9М119М* (рис. 9.26) выстрел раздельного заряжания, предназначен для поражения бронированных и других малоразмерных целей. Он состоит из управляемой ракеты и метательного устройства. Стрельба производится из гладкоствольной пушки типа Д-81. Управление полетом ракеты (наведение на цель) осуществляется с помощью поля управления, формируемого в луче лазера.

Метательное устройство предназначено для удержания ракеты в канале ствола и придавания ей начальной скорости. Оно состоит из толкателя, поддона с корпусом в виде гильзы, внутри которого размещен метательный заряд, и индукторной втулки с электровоспламенителем. Толкатель состоит из телескопически соединенных и подпружиненных относительно друг друга штока и корпуса с упором. Такое их соединение обеспечивает надежное контактирование пусковых пепси ракеты и метательного устройства, связанных с индуктором, генерирующим пусковые электрические импульсы после срабатывания спускового механизма пушки.

Ракета 9М119М (рис. 9.27) включает в себя:

отсек управления, предназначенный для передачи электрических сигналов, поступающих от приемного устройства измерительной системы танка в исполнительную, связанную с вращающейся ракетой и преобразования их в механические отклонения рулей 2, что обусловливает размещение в нем рулевого привода, гирокоординатора, батареи питания и блока усилителей;

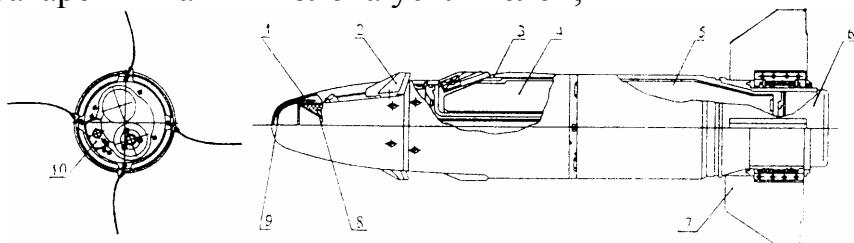


Рис. 9.27. Управляемая ракета 9М119М в полете.

маршевый двигатель с зарядом твердого топлива 4, предназначенный для обеспечения заданного времени полета до цели, имеющий переднее расположение в корпусе 3 двух наклонных сопел, не выходящих за калибр ракеты;

боевую часть (БЧ), которая имеет tandemное расположение лидирующего 8 и основного 5 кумулятивных зарядов, что позволяет преодолевать динамическую защиту танка;

хвостовой отсек (блок стабилизаторов), который служит для размещения внутри приемника лазерного излучения, а снаружи, на корпусе 6, несущих складных лопастей 7, которые в исходном положении удерживаются поддоном, одновременно защищающим блок приемника от воздействия пороховых газов при выстреле.

При ударе бойка спускового механизма по толкателю индуктивной втулки в обмотках индуктора наводятся электрические импульсы, которые подаются на электровоспламенители бортовой батареи и вышибного заряда. В результате поджигаются пиронагреватели батареи, выделенное тепло разогревает электролит и на выводах батареи появляется напряжение, поступающее на электровоспламенитель порохового заряда ротора гирокоординатора и бортовую аппаратуру управления. С определенной задержкой после срабатывания ударника спускового механизма пушки от электровоспламенителя замедленного действия происходит воспламенение метательного заряда, и ракета начинает двигаться в канале ствола.

При выстреле под действием сил инерции взводится ПИМ, а после выхода ракеты из ствола происходит сброс поддона. После сбрасывания поддона и замыкания ряда контактов подается напряжение на лампу-индикатор 10, электровоспламенители маршевого двигателя и механизма раскрытия рулей. Срабатывает механизм раскрытия рулей, рули и воздухосборники БРП приводятся в рабочее состояние, воспламеняется заряд 4 маршевого двигателя, начинается истечение через сопловые отверстия газов, что создает реактивную тягу, движущую ракету. При встрече ракеты с целью головной контакт 9 замыкает цепь подрыва лидирующего 8, а затем основного 5 кумулятивных зарядов. В случае промаха ракета самоликвидируется.

### **9.7.2. УАС с полуактивным самонаведением на конечном участке траектории**

Подобный УАС в США был создан фирмой "Мартин-Мариэтта", которая разработала 155-мм управляемый артиллерийский снаряд "Copperhead". В России приняты на вооружение управляемая (корректируемая) мина 1К113 "Смельчак" для 240-мм миномета "Тюльпан", корректируемый 152-мм снаряд "Сантиметр" и 152-мм управляемый снаряд "Краснополь". Все указанные снаряды аналогичны по способу наведения на цель (рис. 9.28). Баллистический полет осуществляется на начальном участке, а лазерное полуактивное самонаведение - на конечном участке траектории. При этом самонаведение осуществляется по лучу лазера, отраженному от цели, подсветка которой осуществляется наблюдателем-наводчиком с помощью лазерного целеуказателя - дальномера (ЛЦД).

В состав комплекса "Смельчак" входят выстрел ЗВ84 (2ВФ4) с корректируемой фугасной миною ЗФ5 и лазерный целеуказатель - дальномер 1Д15 или 1Д20. В головной части мины находится блок коррекции, который оборудован аэродинамическими рулями для ориентации оси оптического элемента на цель. Коррекция тра-

ектории полета производится за счет включения твердотопливных двигателей, расположенных радиально на корпусе мины. Время коррекции 0,1...0,3 секунды.

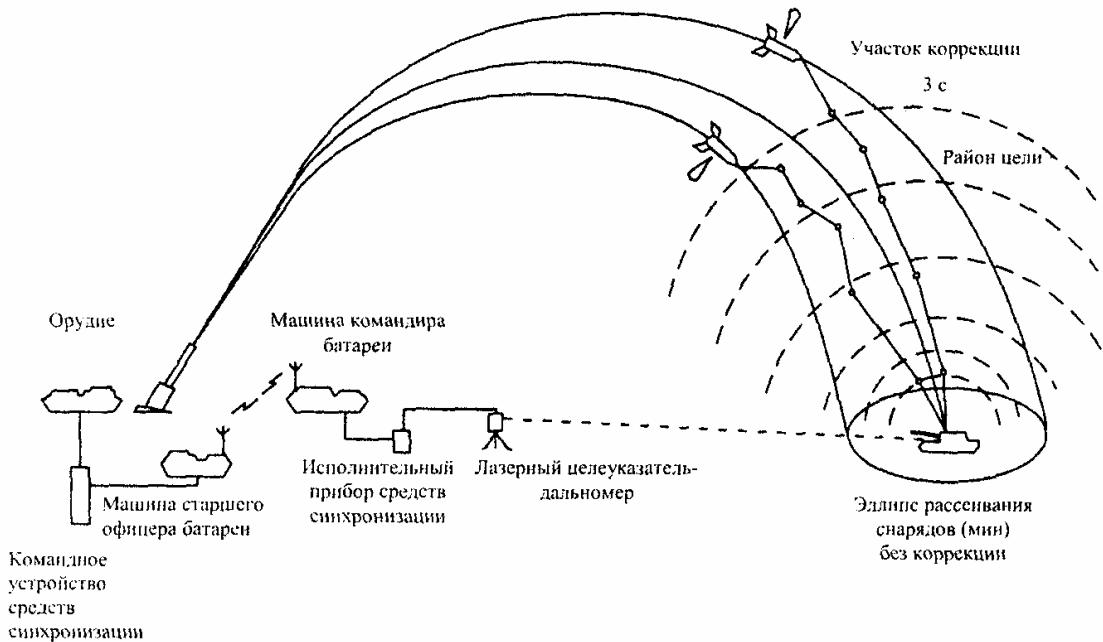


Рис. 9.28. Схема стрельбы УАС с самонаведением на конечном участке траектории

Стрельба миной "Смельчак" производится так же, как и обычной миною, необходимо лишь установить время открытия объектива оптической головки самонаведения и время включения лазерного целеуказателя, который размещается на расстоянии от 200 до 5000 метров от цели. Подсветка идет не все время полета мины, а лишь когда мина приближается к цели на дистанцию 400...800 метров. Время подсветки и, соответственно, коррекция полета мины делятся от одной до трех секунд, и противник физически не может поставить помеху "Смельчаку". Вероятность попадания мины "Смельчак" в круг диаметром 2...3 метра равна 80...90%.

Аналогичной схемой наведения на траектории обладает 152-мм корректируемый снаряд 30Ф38 комплекса "Сантиметр".

Базовым образцом российских УАС является "Краснополь", предназначенный для поражения малоразмерных наземных целей при стрельбе с закрытых огневых позиций из артиллерийских систем 2А65, Д-20 и самоходных гаубиц 2С3М, 2С19. Подсвет цели осуществляется лучом лазерного целеуказателя - дальномера 1Д15.

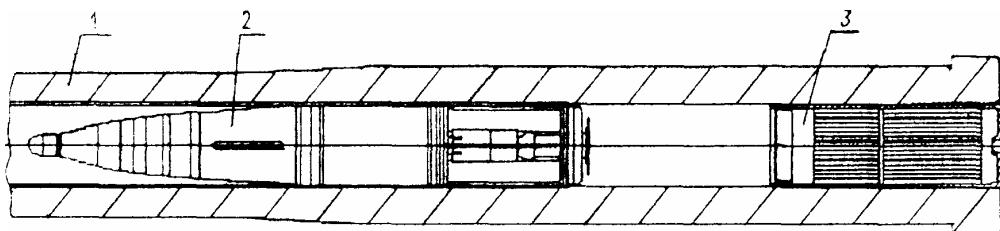


Рис. 9.29. УАС "Краснополь" со штатным метательным зарядом в стволе орудия 2A65

Выстрел УАС "Краснополь" (рис. 9.29) состоит из снаряда 2 и метательного заряда в гильзе 3. В зависимости от диапазона дальностей стрельбы метательный заряд может комплектоваться полным (на дальность 8...20 км) и уменьшенным (на дальность 3...8 км) пороховыми зарядами.

Внешняя компоновка снаряда 30Ф39 (рис. 9.30) соответствует аэродинамической схеме "Утка". Крылья и рули выполнены по крестообразной схеме. Крылья расположены в кормовой части корпуса и выполняют не только роль несущих поверхностей, но и функцию стабилизаторов. Рули и стабилизаторы выполнены складывающимися в корпус для обеспечения пуска снаряда из ствола орудия. Для уменьшения рассеивания на баллистическом участке траектории и для исключения необходимости установки на снаряде системы автоматической стабилизации по каналу крена УАС вращается относительно продольной оси. Для получения необходимой скорости вращения снаряда и исключения прорыва газов при движении снаряда в стволе служит скользящий обтюратор. Необходимая угловая скорость вращения снаряда на траектории поддерживается с помощью стабилизаторов, установленных под углом относительно продольной оси снаряда.

Метательный заряд ЖН-546 может обеспечить баллистическую дальность стрельбы снарядом 30Ф39 до 11 км. Для увеличения дальности полета (на 3,5 км) служит разгонный двигатель, срабатывающий на восходящей ветви баллистической траектории. Дополнительный прирост дальности (5,5 км) обеспечивается бортовой системой инерциального наведения, под действием сигналов управления которой на нисходящей ветви траектории происходит компенсация влияния силы тяжести снаряда.

Снаряд 30Ф39 выполнен из двух самостоятельных отсеков: отсека управления (ОУ) и снарядного отсека (СО), которые при транспортировке хранятся отдельно в несостыкованном состоянии. В отсеке управления размещена бортовая аппаратура управления, а в снарядном отсеке размещены боевая часть с взрывателем, разгонный двигатель, стабилизаторы и обтюрирующий поясок. Отсеки стыкуются посредством штыкового соединения и фиксируются четырьмя радиальными винтами, установленными в ОУ и входящими в резьбовые отверстия СО. Электрическая связь между отсеками осуществляется токоподводом с подпружиненными контактами на ОУ и токосъемником на СО.

Отсек управления состоит из скрепленных между собой носового блока 1, головки самонаведения 2 и блока автопилота 3. Носовой блок крепится к корпусу головки самонаведения разрывными винтами, а головка самонаведения - к автопилотному блоку с помощью накидной гайки. Электрическая связь между составными частями осуществляется с помощью разъемов с контактами ножевого типа.

Снарядный отсек состоит из осколочно - фугасной боевой части 4 со взрывателем 5 и блока стабилизаторов с разгонным двигателем 6.

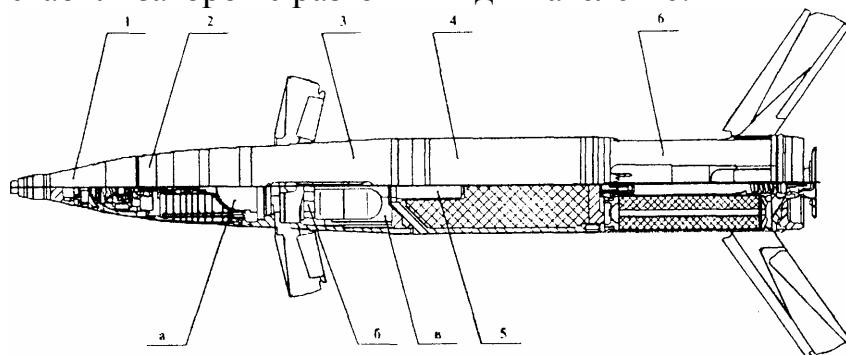


Рис. 9.30. 152-мм управляемый артиллерийский снаряд "Краснopol":  
а - гироскоп; б - рулевой привод; в - блок питания и преобразования; 1- носовой блок;  
2 -головка самонаведения; 3 - автопилотный блок; 4 -боевая часть; 5 - взрыватель;  
6 - блок стабилизаторов с разгонным двигателем.

Установочное устройство взрывателя на мгновенное и замедленное действие расположено в отсеке управления.

Наведение снаряда осуществляется комбинированным способом: на нисходящей ветви траектории - по способу автономного гироскопического наведения, при котором осуществляется компенсация влияния нормальной составляющей силы тяжести снаряда, а на конечном участке сближения - способом полуактивного самонаведения, использующего метод пропорциональной навигации, при которой управляющий сигнал пропорционален угловой скорости вращения линии снаряд-цель. Автономное гироскопическое наведение обеспечивает полет снаряда с постоянным углом наклона продольной оси снаряда к земной поверхности, что обеспечивает увеличение дальности стрельбы. После вылета из ствола орудия снаряд движется по восходящей ветви баллистической траектории с некоторымискажением ее при работе разгонного двигателя. Начиная с некоторой точки нисходящей траектории снаряд, движется по программе с постоянным углом наклона продольной оси к горизонту.

Дальнейшая модернизация УАС происходит по двум направлениям: применение лазерной полуактивной головки самонаведения в снарядах меньшего калибра; выполнение УАС с габаритно-массовыми характеристиками штатного неуправляемого снаряда при сохранении его боевого могущества.

### 9.7.3. Управляемые мины с пассивным инфракрасным самонаведением

Рассмотрим устройство управляемых мин на примере разработанного фирмой Bofors Weapon Systems (Швеция) совместно с фирмой Saab Missiles (Швеция), предназначенное для поражения на дальностях до 7 км танков, бронетранспортеров, самоходных артиллерийских установок, ракетных ПУ, автомашин и других целей. Поражение цели подобными минами осуществляется в автономном режиме без какой-либо подсветки при стрельбе из обычного гладкоствольного миномета.

Управляемая мина Strix (рис. 9.31) состоит из трех основных компонентов: боеприпаса; маршевого двигателя, прикрепляемого к хвостовой части мины для увеличения дальности стрельбы до 7000 метров, и метательного устройства с дополнительными метательными зарядами.

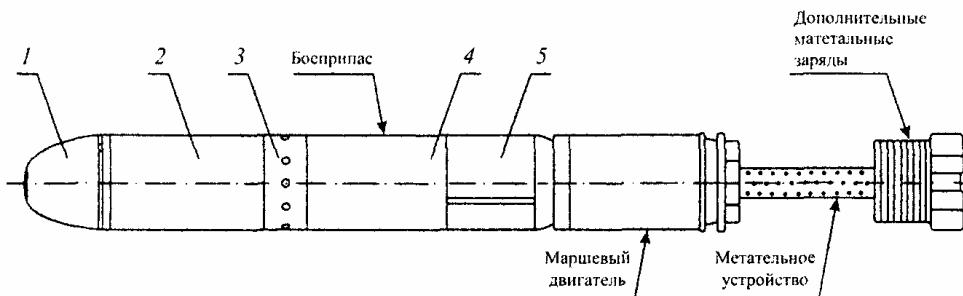


Рис. 9.31. 120-мм мина Strix с пассивным инфракрасным самонаведением:  
1 – контактный датчик цели и пассивная ИКГСН; 2 – электронный блок обработки данных и батареи питания; 3 – ракетные микродвигатели; 4 – кумулятивная БЧ с взрывателем; 5 – хвостовой блок со стабилизаторами

Боеприпас состоит из следующих основных частей: контактного датчика цели; пассивной инфракрасной головки самонаведения (ИК ГСН); электронного блока обработки данных; батареи питания; 12 ракетных микродвигателей; системы включе-

ния микродвигателей; кумулятивной боевой части с взрывателем; хвостового блока с раскрываемыми стабилизаторами.

Пассивная ИК ГСН с формированием теплового изображения цели приводится в рабочее состояние на большой высоте, что позволяет компенсировать ошибки определения координат цели, влияние температуры и ветра. Зона обзора составляет  $16000\text{м}^2$ , в качестве приемника излучения применяется ИК-матрица. ГСН имеет фиксированную установку, а радиальное сканирование осуществляется за счет вращения мины в полете. Не имея движущихся деталей, она имеет простую конструкцию и легко переносит стартовое ускорение, получаемое в стволе миномета. Подлет к цели по почти вертикальной траектории облегчает для ИК ГСН преодоление дополнительных мер защиты типа маскировки или поставленных дымовых экранов.

Электронный блок обработки данных содержит 16-разрядный микропроцессор с большим объемом памяти и обеспечивает возможность перепрограммирования. ИК-сигналы перед обработкой усиливаются и переводятся в цифровую форму. Электронная аппаратура управления содержит алгоритм обработки сигналов, который позволяет сделать выбор реальной цели среди ложных ИК-ловушек, уже пораженных и горящих целей. После селекции цели определяется необходимое изменение курса и подается сигнал на включение одного из микродвигателей.

Ракетные микродвигатели предназначены для коррекции траектории полета мины на конечном участке и наведения ее на цель. Они расположены в средней части мины по периметру корпуса. Оси сопел проходят около центра массы мины. Каждый из 12 микродвигателей может срабатывать отдельно.

Кумулятивная боевая часть (БЧ) расположена в хвостовой части мины, что обеспечивает кумулятивной струе оптимальное фокусное расстояние подрыва. Она срабатывает от контактного взрывателя, расположенного в передней части мины, и может пробивать сверху броню всех известных в настоящее время танков и бронемашин. БЧ оптимизирована на создание максимального заброневого эффекта. При срабатывании БЧ обеспечивает формирование эффективных мелких осколков в зоне проникновения кумулятивной струи.

Блок стабилизации расположен в хвостовой части мины и состоит из четырех косопоставленных стабилизаторов, раскрываемых после выхода из канала ствола. Они придают минае вращение в полете с частотой 600 об/мин.

Маршевый двигатель может быть использован для придания минае дополнительного ускорения, которое увеличивает дальность полета примерно на 2000 м, а также уменьшает влияние ветра на траекторию полета. При стрельбе на дальность до 5000 м маршевый двигатель не используется.

Метательное устройство содержит основной (нулевой) заряд, который обеспечивает начальную скорость мины, необходимую для полета на минимальную дальность. Возможно использование дополнительных метательных зарядов, помещаемых на ось метательного устройства, количество которых выбирается в зависимости от требуемой дальности стрельбы. Максимальное количество дополнительных зарядов - 8.

Хранение и транспортировка мины осуществляется в транспортном контейнере. Головную часть мины закрывает предохранительный колпак, который отделяется при опускании мины в ствол.

Порядок применения мины Strix выглядит следующим образом:

1. После получения данных о цели на огневой позиции миномета проводится расчет количества метательных зарядов, определяется азимут, угол возвышения ствола и полетное время. Полученные данные вводятся в устройство ввода информации.

2. На метательное устройство устанавливается необходимое количество метательных зарядов. При необходимости подготавливается маршевый двигатель.

3. Устройство ввода соединяют кабелем с миною Strix и в запоминающее устройство электронного блока обработки данных мины Strix вводятся необходимые параметры.

4. Миномет заряжается в следующей последовательности: в ствол с дульной части опускают сначала метательное устройство с метательными зарядами, затем маршевый двигатель, если он необходим, потом мину Strix.

5. При нажатии на спусковой механизм воспламеняется основной заряд метательного устройства и далее дополнительные метательные заряды. Мина вылетает из ствола со скоростью 180...320 м/с (в зависимости от количества дополнительных метательных зарядов). После выхода мины из ствола раскрываются четыре стабилизатора, которые придают ей вращение вокруг продольной оси, и активируется термобатарея. На расстоянии 25...30 м от места стрельбы метательное устройство отделяется (за счет давления остаточных газов) и падает на расстоянии около 100 м в направлении цели.

6. Через несколько секунд после пуска взрыватель мины механическим способом устанавливается на боевой взвод.

7. При использовании маршевого двигателя он запускается через четыре секунды после воспламенения метательных зарядов. При этом задержка во времени обеспечивается с помощью пиротехнического замедлителя. Маршевый двигатель, создающий дополнительное ускорение, работает несколько секунд и после выгорания порохового заряда продолжает полет вместе с миною.

8. За несколько секунд до захвата цели ПК ГСН маршевый двигатель с помощью пиротехнического заряда отделяется от мины, отбрасывается колпачок, закрывающий линзу ГСН, и включается электрическая цепь взрывателя БЧ мины.

9. На заданной высоте начинается поиск цели ПК ГСН. Из общего фона выделяются объекты, похожие на цель, классифицируются, и осуществляется выбор цели при соответствии ее признаков определенным критериям.

10. После выбора цели начинается непрерывное отслеживание вектора погрешности между центром цели и предполагаемой точкой падения мины. Для этого ведется непрерывный расчет предполагаемой точки падения мины по отношению к предполагаемому положению цели к моменту удара, что позволяет использовать наведение методом пропорциональной навигации и избежать влияния перемещений цели. Далее мина направляется на цель с помощью боковых микродвигателей.

Общее время подготовки выстрела с момента поступления команды на стрельбу от передового наблюдателя до ввода данных в электронный блок мины составляет 15с. Однако выстрел может быть сделан на удачу, то есть можно стрелять без использования данных от передового наблюдателя, если есть надежные метеорологические и геодезические данные о районе цели.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ уровня развития малокалиберного артиллерийского вооружения за рубежом. Обзор № 5000. - М.: ЦНИИИиТЭИ, 1990. - 81 с.
2. Артиллерийское вооружение. Основы устройства и конструирование: Учебник для вузов / Под ред. И. И. Жукова. - М.: Машиностроение, 1975. - 420 с.
3. *Ашар О.* Винтовки и карабины мира. - М.: Изд. АСТ, 1999. - 142 с.
4. *Болотин Д. Н.* История советского стрелкового оружия и патронов. - СПб.: Полигон, 1995.-304 с.
5. *Васецкий В. П., Чурбанов Е. В.* Основания устройства и эксплуатации боеприпасов наземной артиллерией. - Л.: Изд. ВАА им. М. И. Калинина, 1971. -100с.
6. Военный энциклопедический словарь / Пред. гл. ред. комиссии С. Ф. Ахромеев. - М.: Воениздат, 1986. - 863 с.
7. Вооружение и техника: Справочник / Под. ред. А. В. Громова. - М.: Воениздат, 1984. - 367 с.
8. Вооруженные силы капиталистических государств / Под. общ. ред. П. И. Сергеева. - 2-е изд. доп. - М.: Воениздат, 1979. - 510 с.
9. *Грищук П. А., Морозов К. В.* Корабельная зенитная артиллерия. - М.: Изд. ДОСААФ, 1981.-200 с.
10. *Зайцев А. С.* Проектирование артиллерийских стволов. Ч. 1. Общая теория: Уч. пособие. - Л.: Изд. ЛМИ, 1983. - 96 с.
11. *Косырев Е. А., Орехов Е. М., Фомин Н. Н.* Танки. - М.: Изд. ДОСААФ, 1973.-328 с.
12. *Латухин А. Н.* Противотанковое вооружение. -М.: Воениздат, 1974. -270 с.
13. *Михайлов Л. Е., Изметинский Н. Л.* Ижевские ружья. Ижевское оружие. Т. 1. -Ижевск: Изд. УдГУ, 1995. - 256 с.
14. *О'Мэлли Т. Дж.* Современная артиллерия: орудия, РСЗО, минометы. - М.: Изд. ЭКСМО-Пресс, 2000. - 160 с.
15. *Орлов Б. В., Ларман Э.К., Маликов В. Г.* Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий. - М.: Машиностроение, 1976. - 431 с.
16. *Орлов Б. В., Морозов Ю. Н., Королев А. А.* Материальная часть и основы проектирования артиллерийских систем: Уч. пособие. - М.: ЦНИИ инф., 1974. -408с.
17. *Осницев Н. В.* Артиллерийское вооружение современных российских кораблей. - СПб., 1994. - 38 с.
18. Основания устройства автоматического оружия / А. А. Коновалов, Л. А. Галаган, В. И. Кулагин и др. - М.: Машиностроение, 1984. - 160 с.
19. Отечественная артиллерия. 600 лет / Под ред. Г. Е. Передельского. - М.: Воениздат, 1986.- 365 с.
20. Современное стрелковое оружие: Справ, пособие. - Мн.: "Элайда", 1997. - 256с.
21. Теория и расчет артиллерийских орудий: Учебник для вузов / Под. общ. ред. И. В. Баева. - Пенза: Изд. ПВАИУ, 1980. -472 с.
22. *Толочкин А. А.* Теория лафетов. - М.: Оборонгиз, 1960. - 346 с.
23. *Чуев Ю. В.* Проектирование ствольных комплексов. - М.: Машиностроение, 1976.-216с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Справочные данные  
о стрелково-пушечном  
и артиллерийском вооружении

Основные характеристики  
артиллерийских

№ п/п	Наименование вооружения	$d$ , мм	$S$ , дм <sup>2</sup>	$l_a$ , дм	$l_{km}$ , дм	$L_{kn}$ , дм	$l_o$ , дм
1	25-мм АЗП обр. 1940 г.	25	0,051	17,52	1,57	19,1	2,31
2	37-мм АЗП обр. 1939 г.	37	0,111	20,89	2,15	23,04	2,37
3	37-мм ПТП обр. 1930 г.	37	0,111	14,51	1,49	16,0	1,91
4	45-мм ПТП обр. 1937 г.	45	0,164	16,94	2,78	19,78	3,105
5	45-мм ПТП обр. 1942 г.	45	0,164	27,09	2,78	29,9	3,105
6	57-мм ПТП обр. 1943 г.	57	0,266	35,07	4,39	39,5	7,42
7	57-мм ПТП (СД-57)	57	0,266	35,07	4,94	39,5	8,86
8	57-мм АЗП (С-60)	57	0,266	38,06	4,94	43	8,86
9	76-мм ЗП обр. 1931 г.	76,2	0,463	34,5	5,50	40,1	6,13
10	76-мм ТП обр. 1927/32 г.	76,2	0,469	8,68	2,62	11,3	3,09
11	76-мм П обр. 1936 г. (Ф-22)	76,2	0,469	33,8	2,95	36,76	3,09
12	76-мм ГП обр. 1938 г.	76,2	0,469	12,24	2,09	14,33	2,21
13	76-мм П обр. 1939 г. (УСВ)	76,2	0,469	26,88	2,95	29,83	3,09
14	76-мм ТП обр. 1939 г. (Ф-32)	76,2	0,469	18,91	2,95	21,86	3,09
15	76-мм П обр. 1942 г. (ЗИС-3)	76,2	0,469	26,88	2,95	29,82	3,09
16	76-мм П обр. 1943 г. (ОБ-25)	76,2	0,469	13,15	0,75	13,9	0,769
17	76-мм ТП (Д-56-ТС)	76,2	0,463	25,87	3,89	29,76	4,1
18	76-мм ТП (Д-56-ТМ)	76,2	0,469	26,88	2,95	29,92	3,09
19	76-мм ГП (2А2)	76,2	0,469	11,22	3,13	14,35	4,95
20	76-мм П обр. 1902 г.	76,2	0,469	18,94	2,94	21,88	3,62
21	76-мм ГП обр. 1909 г.	76,2	0,469	10,64	1,01	11,64	1,06
22	76-мм П обр. 1902/30 г.	76,2	0,469	18,90	2,94	21,88	3,09
23	85-мм ЗП обр. 1939 г.	85	0,583	35,88	5,53	41,43	6,64
24	85-мм ТП обр. 1943 г.	85	0,583	35,9	5,53	41,43	6,64
25	85-мм ЗП обр. 1944 г.	85	0,583	46,5	5,53	51,99	6,64
26	85-мм ПТП (Д-44)	85	0,583	35,9	5,53	41,46	6,64

Таблица П.1

**некоторых отечественных  
орудий**

$L_{ct}$ , дм	$W_o$ , дм <sup>3</sup>	$W_{\alpha}$ , дм <sup>3</sup>	$W_{\text{ки}}$ , дм <sup>3</sup>	$W_o/q$ , дм <sup>3</sup> /кг	$L_{\text{ки}}/d$	$L_{ct}/d$	$W_o/d^3$
19,5	0,117	0,885	1,002	0,406	76,7	78	7,43
23,13	0,263	2,32	2,58	0,347	62,2	62,5	5,30
16,65	0,211	1,61	1,82	0,318	43,2	45	4,17
20,7	0,51	2,77	3,28	0,356	43,9	46,0	5,60
30,7	0,51	4,45	4,96	0,356	66,4	68,6	5,60
40,5	1,979	9,33	11,33	0,629	69,3	71	10,7
40,5	2,36	9,33	11,69	0,528	69,3	71	12,8
44,2	2,36	10,1	12,46	0,843	75,5	77	12,8
41,98	2,873	16,10	18,94	0,436	52,7	55,0	6,41
12,51	1,451	4,06	5,51	0,235	14,9	16,4	3,27
38,89	1,451	15,80	17,30	0,235	48,40	51,0	3,27
16,30	1,035	5,75	6,78	0,167	18,90	21,40	2,34
32,0	1,452	12,60	14,06	0,235	39,30	42,0	3,27
23,9	1,452	8,87	10,32	0,235	29,90	31,5	3,27
34,8	1,451	12,61	14,06	0,235	39,2	45,7	3,27
14,8	0,36	6,16	6,53	0,058	18,3	19,4	0,82
33,1	1,92	12,15	14,07	0,296	39,1	43,5	4,36
31,2	1,452	12,61	14,07	0,235	39,3	41,1	3,27
16,3	1,035	5,17	6,205	0,165	19,0	21,4	2,35
22,86	1,70	8,87	10,57	0,258	28,70	30,0	3,84
15,5	0,495	5,01	5,47	0,08	15,30	16,5	1,12
22,9	1,451	8,87	10,32	0,235	28,7	30	3,31
43,88	3,87	20,8	24,67	0,421	48,6	55,2	6,3
43,88	3,87	20,9	24,77	0,421	48,6	51,6	6,3
54,34	3,87	27,0	30,87	0,421	61,5	67,5	6,3
43,95	3,87	20,9	24,77	0,406	48,7	51,7	6,3

№ п/п	$\lambda_{\text{c}}$	$n_s$	$\chi$	$\omega,$ кг	$q,$ кг	$\Delta,$ кг/дм <sup>3</sup>	$C_{\text{ср}},$ кг/дм <sup>3</sup>
1	7,58	0,81	1,47	0,1	0,288	0,85	6,4
2	8,81	0,81	1,10	0,205	0,758	0,78	4,10
3	7,6	0,81	1,28	0,16	0,665	0,76	3,20
4	5,45	0,81	1,117	0,36	1,43	0,71	3,90
5	8,72	0,81	1,117	0,39	1,43	0,77	4,3
6	4,73	0,82	1,69	1,5	3,14	0,76	8,1
7	3,96	0,82	1,79	1,8	3,75	0,76	9,7
8	4,28	0,82	1,79	1,2	2,80	0,51	6,5
9	5,63	0,80	1,11	1,82	6,50	0,64	4,11
10	2,8	0,81	1,18	0,455	6,20	0,31	1,025
11	10,9	0,81	1,05	1,05	6,20	0,74	2,435
12	5,09	0,81	1,06	0,642	6,20	0,62	1,45
13	8,70	0,81	3,2	1,08	6,20	0,74	2,44
14	6,12	0,81	1,053	1,08	6,20	0,74	2,435
15	8,7	0,81	1,053	1,08	6,20	0,74	2,435
16	17,1	0,81	1,025	0,15	6,20	0,42	0,338
17	6,33	0,80	1,065	1,08	6,50	0,56	2,435
18	8,70	0,81	1,05	1,08	6,23	0,74	2,435
19	5,0	0,80	1,59	0,60	6,28	0,58	1,35
20	6,23	0,81	1,23	0,92	6,60	0,52	2,06
21	10,12	0,81	1,045	0,365	6,20	0,74	0,83
22	6,10	0,81	1,053	1,08	6,20	0,74	2,43
23	5,41	0,81	1,20	2,48	9,20	0,64	4,04
24	5,41	0,81	1,20	2,48	9,20	0,64	4,04
25	7,0	0,81	1,20	3,08	9,20	0,80	5,02
26	5,5	0,81	1,20	2,6	9,54	0,68	4,23

Продолжение табл. П. 1

$C_q$ , кг/дм <sup>3</sup>	$\omega \cdot q$	$\varphi$	$B$	$J_k/d$ , кг·с/дм <sup>3</sup>	$P_{\text{н}}$ , кг/см <sup>2</sup>	$P_{\text{ср}}$ , кг/см <sup>2</sup>	$P_{\text{ж}}$ , кг/см <sup>2</sup>
18,4	0,347	1,27	3,088	2620	2900	1751	700
15,20	0,27	1,28	2,811	1866	2800	1687	585
13,10	0,241	1,13	2,57	1395	2730	1524	650
15,7	0,252	1,114	2,738	1742	2560	1685	910
15,7	0,272	1,121	2,742	1976	2960	1390	620
16,9	0,477	1,19	2,436	2474	3100	1990	1160
20,2	0,479	1,19	2,302	3428	3000	2010	1250
15,1	0,429	1,173	1,935	1780	3100	1680	724
14,7	0,280	1,12	2,075	1485	2430	1530	743
14,0	0,07	1,05	1,141	526	1880	1220	650
14,0	0,171	1,108	2,87	1375	2320	1100	425
14,0	0,103	1,094	2,292	915	2350	1505	790
14,0	0,171	1,088	3,17	1375	2320	1260	560
14,0	0,171	1,088	3,17	1375	2320	1560	718
14,0	0,171	1,108	3,12	1375	2320	1275	550
14,0	0,02	1,068	3,34	526	1100	376	168
14,8	0,166	1,08	2,471	730	2380	1255	582
14,0	0,17	1,107	2,599	730	2600	1290	541
14,1	0,096	1,062	1,779	740	2450	1530	759
14,9	0,139	1,096	1,61	526	2350	1445	613
14,0	0,059	1,08	2,92	850	1800	997	387
14,0	0,171	1,108	3,167	1389	2320	1593	758
15,0	0,27	1,12	2,032	1430	2550	1615	900
15,0	0,27	1,12	2,032	1430	2550	1575	950
15,0	0,334	1,142	2,625	1820	3000	1550	750
15,5	0,273	1,121	2,285	1635	2550	1637	810

№ п/п	$V_{\text{ж}}$ м/сек	$E_{\text{ж}}$ т·м	$\eta_{\text{вн}}$ тм/кг	$C_1$ , тм/дм <sup>3</sup>	$r_3$	$\eta_k$	$\eta_{\text{л}}$	$D_m$ , км	$Q_{\text{ж}}$ , т	$\alpha$ , тм/кг
1	910	12,2	122	779	0,257	0,82	0,61	7,2	1,1	11
2	880	30,6	145	612	0,281	0,75	0,61	8,0		
3	800	21,7	136	428	0,263	0,69	0,56	5,6	0,33	66
4	760	47,8	117	462	0,227	0,91	0,67	4,4	0,54	75
5	870	55,2	142	606	0,274	0,53	0,48	4,5	0,63	88
6	990	157	105	847	0,208	0,74	0,57	8,4	1,2	131
7	1120	289	133	1294	0,264	0,81	0,67	6,6	1,3	184
8	1000	143	119	772	0,238	0,41	0,54	12	4,8	30
9	816	220	121	497	0,239	0,642	0,630	-	-	-
10	387	47,3	104	107	0,198	0,359	0,650	7,14	0,54	88
11	706	158	146	356	0,286	0,725	0,475	13,63	1,62	97
12	500	79	123	179	0,238	0,803	0,430	10,7	0,78	99
13	680	146	135	330	0,264	1,08	0,544	13,3	1,98	99
14	635	127	118	287	0,231	1,52	0,671	11,5	0,77	165
15	680	146	135	330	0,264	1,05	0,551	12,9	1,15	127
16	262	21,7	145	49	0,275	0,771	0,342	4,2	0,60	36
17	662	145	135	330	0,284	0,310	0,530	12,1	0,665	218
18	680	147	136	334	0,287	0,061	0,50	13,2	0,70	210
19	485	75,0	125	171	0,264	0,46	0,62	10,0	0,735	102
20	588	117	127	266	0,241	0,35	0,615	6,40	1,10	106
21	381	45,9	126	104	0,264	0,79	0,552	8,46	0,63	73
22	635	128	118	288	0,236	1,41	0,687	12,1	1,32	97
23	800	300	122	489	0,243	0,481	0,634	15,6	4,30	70
24	793	294	119	479	0,236	0,481	0,615	13,0	1,235	238
25	885	367	119	598	0,237	0,685	0,519	17,8	5,0	73
26	793	305	117	497	0,234	0,709	0,542	15,6	1,7	176

Продолжение табл. П. 1

№ п/п	Наименование вооружения	<i>d</i> , мм	<i>S</i> , дм <sup>2</sup>	<i>l<sub>н</sub></i> , дм	<i>l<sub>кн</sub></i> , дм	<i>L<sub>кн</sub></i> , дм	<i>l<sub>о</sub></i> , дм
27	85-мм ПТП (Д-48)	85	0,589	49,5	6,42	55,9	13,65
28	100-мм П обр. 1944 г. (БС-3)	100	0,818	47,37	6,07	53,45	9,66
29	100-мм МП (Б-54 А)	100	0,818	47,8	5,7	53,59	9,77
30	100-мм ЗП (КС-19)	100	0,818	46,7	8,74	55,4	9,59
31	100-мм ТП(Д-10Т-2С)	100	0,818	47,43	6,07	53,5	9,75
32	100-мм ПТП(Т-12)	100	0,786	57,0	9,15	69,35	-
33	107-мм П обр. 1940 г. (М 60)	106,7	0,916	37,8	6,83	44,63	7,78
34	107-мм П обр. 1910 г.	106,7	0,918	24,77	3,63	28,40	3,70
35	107-мм П обр. 1910/30 г.	106,7	0,918	34,2	4,86	39,10	4,94
36	115-мм ТП (У5-ТС)	115	1,04	46,3	-	-	10,6
37	115-мм ТП (У5-ТС)	115	1,04	46,3	-	-	10,6
38	115-мм ТП (Д-68)	115	1,04	39,0	-	-	10,6
39	115-мм ТП (Д-68)	115	1,04	46,0	-	-	8,86
40	122-мм П (А-19)	122	1,196	46,98	7,78	54,76	8,55
41	122-мм Г обр. 1909/37 г.	122	1,196	13,9	1,7	15,6	1,93
42	122-мм ТП обр. 1943 г.	122	1,196	44,53	8,5	53,07	8,56
43	122-мм СП обр. 1931/44 г.	122	1,196	46,98	7,78	54,76	8,56
44	122 -мм Г обр. 1938 г. (М-30)	122	1,196	23,92	2,76	26,68	3,0
45	122-мм П (Д-74)	122	1,222	49,34	7,52	56,86	11,37
46	122-мм Г (Д-30)	122	1,196	40,11	4,82	44,93	5,73
47	122-мм ТП (М-62-Т2)	122	1,222	47,7	9,0	56,7	11,35
48	122-мм Г обр. 1909 г.	122	1,196	13,9	1,70	15,60	1,93
49	122-мм Г обр. 1910/30 г.	122	1,196	12,6	1,74	14,34	2,20
50	125-мм ТП (Д-81)	125	1,225	42,0	8,4	-	10,2
51	130-мм П (М-46)	130	1,394	59,52	9,9	69,42	13,35
52	130-мм ЗП (КС-30)	130	1,394	67,14	9,36	76,5	13,81

№ п/п	$L_{ct}$ , дм	$W_{os}$ , дм <sup>3</sup>	$W_{as}$ , дм <sup>3</sup>	$W_{kn}$ , дм <sup>3</sup>	$W_{osq}$ , дм <sup>3</sup> /кт	$L_{kn}/d$	$L_{ct}/d$	$W_o/d^3$
27	63,0	7,985	29,1	37,1	0,858	66,0	74,0	13,0
28	56,0	7,985	38,6	46,5	0,506	53,5	56,0	7,985
29	56,0	7,985	39,1	47,1	0,507	53,5	56,0	7,985
30	60,73	7,84	38,1	45,94	0,501	55,44	60,73	7,84
31	56,8	7,985	38,8	46,78	0,507	53,5	56,8	7,985
32	-	9,70	44,7	54,4	2,23	69,35	-	9,70
33	46,1	7,13	34,47	41,6	0,415	41,8	43,1	5,7
34	30,0	3,40	22,70	26,10	0,205	26,60	28,0	2,78
35	43,90	4,54	31,36	35,90	0,264	36,5	41,2	3,63
36	-	11,0	48,12	59,12	2,0	-	-	7,23
37	-	11,0	48,12	59,12	0,682	-	-	7,23
38	-	11,0	40,68	51,68	2,06	-	-	7,23
39	-	9,22	42,46	51,68	-	-	-	6,06
40	56,5	10,23	56,07	66,3	0,409	44,9	46,3	5,65
41	17,1	2,31	16,5	18,81	0,107	12,8	14,0	1,27
42	54,97	10,23	53,5	63,73	0,409	43,5	45,1	5,65
43	56,5	10,23	56,07	66,3	0,409	44,9	46,3	5,65
44	28,03	3,59	18,61	32,2	0,165	21,9	23,0	1,98
45	61,0	13,9	60,0	73,9	0,51	46,5	50,0	7,68
46	49,7	6,85	48,0	54,85	0,315	36,7	39,2	3,78
47	59,2	13,81	58,3	72,14	0,551	46,0	48,6	7,65
48	17,10	2,31	16,50	18,81	0,095	12,80	14,0	1,27
49	15,70	2,22	15,48	17,7	0,102	11,8	12,8	1,23
50	-	12,5	51,304	63,104	2,36	-	-	6,40
51	71,5	18,58	83,0	101,6	0,555	53,4	55,0	8,45
52	82,66	19,30	94	113,3	0,584	59,0	63,6	8,76

Продолжение табл. П. 1

$\lambda_A$	$n_s$	$\chi$	$\omega,$ кг	$q,$ кг	$\Delta,$ кг/дм <sup>3</sup>	$C_{\text{вн}},$ кг/дм <sup>3</sup>	$C_q,$ кг/дм <sup>3</sup>
3,63	0,815	2,12	5,43	9,30	0,72	8,80	15,2
4,9	0,818	1,59	5,5	15,6	0,70	5,5	15,6
4,4	0,818	1,72	5,30	15,6	0,66	5,3	15,6
4,89	0,818	1,10	5,5	15,6	0,70	5,5	15,6
4,87	0,818	1,62	5,5	15,6	0,69	5,5	15,6
4,62	1,0	—	6,84	4,35	0,70	6,84	4,35
4,86	0,80	U4	4,50	17,2	0,63	4,0	15,3
6,68	0,80	1,02	1,09	16,6	0,56	1,55	13,5
6,90	0,80	1,02	2,79	17,2	0,62	2,48	15,3
4,38	1,0	—	8,20	5,50	0,75	5,4	3,62
4,38	1,0	—	8,3	16,1	0,756	5,46	10,6
3,70	1,0	—	8,68	5,34	0,79	5,7	3,5
4,63	1,0	—	4,80	—	0,52	3,16	—
5,50	0,81	1,10	6,82	25,0	0,67	3,78	13,8
7,15	0,81	1,13	1,20	21,76	0,52	0,64	12,0
5,21	0,81	1,01	6,82	25,0	0,67	3,78	13,85
5,50	0,81	1,10	6,82	25,0	0,67	3,78	13,85
7,97	0,81	1,09	2,075	21,76	0,58	1,15	12,0
4,34	0,83	1,51	9,8	27,3	0,70	5,28	15,1
7,0	0,81	1,09	3,8	21,76	0,56	2,09	12,0
4,20	0,83	1,26	10,0	25,1	0,72	5,52	13,9
7,15	0,81	1,13	0,925	23,2	0,40	0,51	12,8
5,73	0,81	1,27	1,20	21,76	0,52	0,64	12,0
5,109	1,0	—	10,5	5,30	0,84	5,4	2,7
4,46	0,83	1,35	12,9	33,4	0,69	5,48	14,2
4,87	0,83	1,47	14,3	33,0	0,74	6,5	15,0

№ п/п	$\omega/q$	$\Phi$	$B$	$J_k/d,$ кг·с/дм <sup>3</sup>	$P_m,$ кг/см <sup>2</sup>	$P_{cp},$ кг/см <sup>2</sup>	$P_d,$ кг/см <sup>2</sup>	$V_n,$ м/сек
27	0,581	1,224	2,0	2200	3100	2080	1140	1040
28	0,351	1,145	2,268	1858	3000	1910	900	900
29	0,339	1,143	1,792	1560	3000	1884	916	900
30	0,351	1,145	1,95	1660	3070	1928	916	900
31	0,351	1,145	1,86	1620	3000	1905	916	900
32	1,58	1,557	—	—	3250			1525
33	0,262	1,116	2,067	1502	2500	1530	800	730
34	0,114	1,088	1,713	765	2400	1950	515	580
35	0,162	1,104	2,028	1550	2500	1385	600	670
36	1,49	1,527						1615
37	0,516	1,202						1015
38	1,64	1,572						1615
39	—	—						800
40	0,273	1,121	2,177	1422	2750	1625	775	800
41	0,055	1,078	2,121	490	1800	1020	460	364
42	0,273	1,121	2,033	1330	2750	1630	805	781
43	0,273	1,121	2,033	1330	2750	1630	805	781
44	0,095	1,092	2,027	700	2350	1122	485	575
45	0,357	1,149	1,936	1600	3100	1990	980	886
46	0,175	1,088	1,642	815	2500	1190	490	690
47	0,399	1,178	1,598	1425	4000	2340	1050	950
48	0,04	1,07	1,430	374	1800	895	330	330
49	0,055	1,078	1,929	518	1800	1052	500	364
50	1,98	1,688	—	—	4000		1250	1800
51	0,386	1,159	1,871	1540	3150	2050	990	930
52	0,433	1,174	2,152	1785	3300	1965	970	970

*Продолжение табл. П. 1*

$E_{\text{д}}$ Т·М	$\eta_{\text{в}}$ ТМ/КГ	$C_{\text{т.}}$ ТМ/ДМ <sup>3</sup>	$r_{\text{д}}$	$\eta_{\text{k}}$	$\eta_{\text{д}}$	$D_m$ КМ	$Q_6$ Т	$\alpha$ , ТМ/КГ
495	92,0	805	0,185	0,70	0,67	18,97	2,35	215
644	117	644	0,235	0,534	0,636	20,0	3,65	180
644	121	644	0,243	0,48	0,63	18,97	2,35	215
644	117	644	0,235	0,52	0,63	21,0	9,35	69,0
644	117	644	0,235	0,46	0,63	16,0	1,95	330
508	75,5	508						
467	102	383	0,205	0,614	0,619	18,1	4,0	119
220	116	180	0,233	0,32	0,439	13,7	2,17	107
394	140	323	0,281	0,421	0,554	16,13	2,54	155
732	89	480						
850	102,5	560						
710	106	466						
816	120	449	0,242	0,546	0,591	19,75	7,1	114
147	122	81	0,245	0,481	0,569	8,91	1,45	101
777	114	428	0,230	0,548	0,593	14,7	2,36	330
777	114	428	0,230	0,548	0,593	14,7	2,76	282
295	142	162	0,285	0,326	0,478	11,8	2,4	122
1042	113	575	0,225	0,56	0,64	24,3	5,49	192
526	153	282	0,307	0,34	0,48	15,3	3,15	168
1158	116	640	0,229	0,34	0,58	15,0	3,597	322
129	140	70,0	0,283	0,214	0,498	7,55	1,327	97
147	125	81,0	0,252	0,524	0,585	9,0	1,47	100
876	83,5	360						
1470	115	672	0,231	0,50	0,65	27,0	7,645	192
1575	110	715	0,233	0,58	0,60	27,5	23,5	67

№ п/п	Наименование вооружения	$d$ , мм	$S$ , дм <sup>2</sup>	$l_a$ , дм	$l_{km}$ , дм	$L_{kn}$ , дм	$l_{os}$ , дм
53	130-мм МП (Б-28)	130	1,394	56,5	6,5	63,0	12,6
54	152-мм ГП (МЛ-20)	152,4	1,875	35,9	6,43	42,33	6,67
55	152-мм П обр. 1935 г. (Бр-2)	152,4	1,923	58,77	10,6	69,37	14,0
56	152-мм Г обр. 1938 г. (М-10)	152,4	1,875	32,3	2,93	35,23	3,16
57	152-мм МП (Б-38)	152,4	1,875	79,4	5,10	84,5	17,4
58	152-мм Г обр. 1943 г. (Д-1)	152,4	1,875	32,3	2,93	35,23	3,14
59	152-мм Г-П обр. 1937/43 г.	152,4	1,875	35,9	6,43	42,33	6,67
60	152-мм ПГ(Д-20)	152,4	1,875	35,9	6,43	42,33	6,67
61	152-мм П(М-47)	152,4	1,875	55,77	8,80	64,57	9,20
62	152-мм Г обр. 1909г.	152,4	1,875	18,09	2,14	20,20	2,37
63	152-мм Г обр. 1910г.	152,4	1,875	—	—	—	—
64	152-мм Г обр. 1909/30 г.	152,4	1,875	18,09	2,14	20,23	2,37
65	180-мм МП (Б-1-к)	180	2,62	87,9	16,1	104	23,7
66	203-мм Г обр. 1931г.(Б-4)	203,2	3,321	41,65	6,39	48,04	8,36
67	210-мм П обр. 1939 г. (Бр-17)	210,0	3,53	81,75	18,29	100,0	20,48
68	280-мм М обр. 1939 г. (Бр-5)	279,4	6,24	42,28	2,45	44,73	3,0
69	280-мм М обр. 1914/15 г.	279,4	6,24	31,20	3,51	34,71	3,62
70	305-мм Г обр. 1939г.(Бр-18)	304,8	7,40	54,05	7,63	61,88	9,16
71	305-мм МП (Б-50)	304,8	7,40	140,1	17,4	157,5	35,1
72	305-мм Г обр. 1915 г.	304,8	7,40	50,0	7,80	57,85	9,20

П р и м е ч а н и е :

$d$  – калибр орудия;

$S$  – площадь поперечного сечения направляющей части канала ствола ( $S = n_s d^2$ );

$l_a$  – путь снаряда в канале ствола;

$l_k$  – путь снаряда до места конца горения пороха;

$l_{km}$  – длина зарядной каморы;

$l_{os}$  – приведенная длина зарядной каморы;

$L_{kn}$  – длина канала ствола ( $L_{kn} = l_a + l_{km}$ );

$L_{ct}$  – длина ствола;

Окончание табл. П1

$L_{ct}$ , дм	$W_o$ , дм <sup>3</sup>	$W_A$ , дм <sup>3</sup>	$W_{KH}$ , дм <sup>3</sup>	$W_o/q$ , дм <sup>3</sup> /кг	$L_{KH}/d$	$L_{ct}/d$	$W_o/d^3$	$\lambda_A$
66,3	17,5	78,9	96,4	0,525	48,4	51,0	7,97	4,50
44,07	12,505	67,295	79,8	0,289	27,8	28,9	3,57	5,38
71,7	27,0	111,3	138,3	0,553	45,5	47,0	7,69	4,20
36,92	5,94	60,6	66,5	0,148	23,2	24,2	1,69	10,22
86,6	32,7	149,1	181,8	0,595	55,6	57,0	9,255	4,57
42,0	5,90	60,6	66,5	0,147	23,2	27,6	1,68	16,3
44,07	12,505	67,4	79,9	0,289	278	28,9	3,54	5,38
51,94	12,505	67,4	79,9	0,289	27,8	34,2	3,54	5,38
71,7	17,27	104,5	121,8	0,394	42,5	47,0	4,90	6,06
21,60	4,33	33,37	37,70	0,108	13,3	14,20	1,23	7,63
18,50	—	—	—	—	—	12,0	—	—
21,60	4,33	33,37	37,7	0,108	13,3	14,2	1,23	7,63
108,0	62,3	230	292,3	0,639	57,6	60,0	10,7	3,70
51,0	27,7	138,4	166,2	0,278	23,7	25,1	3,32	5,0
103,5	72,0	289,1	361,1	0,544	47,6	49,4	7,79	4,0
47,6	18,8	263,7	282,5	0,076	16,0	17,0	0,86	14,1
47,6	22,6	194	216,6	0,079	12,4	—	1,04	8,60
67,1	67,8	399	467,4	0,146	20,1	22,0	2,4	5,9
164,7	260	1040	1300	0,553	51,8	54,0	9,18	4,0
61,0	68,0	374	442	0,181	18,90	20,0	2,40	5,5

$W_o$  – объем каморы ( $W_o = S \cdot l_o$ );

$W_{KH}$  – объем канала ствола ( $W_{KH} = W_o + W_A$ );

$W_A$  – объем направляющей части канала ствола ( $W_A = S \cdot l_A$ );

$\lambda_A$  – относительный путь снаряда в канале ствола ( $\lambda_A = l_A / l_o$ );

$\chi$  – уширение каморы ( $\chi = l_o / l_{km}$ );

$\omega$  – масса метательного заряда;

$q$  – масса снаряда;

$\Delta = \omega / W_o$  – плотность заряжания ( $0 < \Delta < \delta$ );

$\delta$  – плотность пороха;

№ п/п	$n_s$	$\chi$	$\omega$ , кг	$q$ , кг	$\Delta$ , кг/дм <sup>3</sup>	$C_{\omega}$ , кг/дм <sup>3</sup>	$C_q$ , кг/дм <sup>3</sup>
53	0,83	1,94	11,5	33,4	0,66	5,23	14,2
54	0,81	1,04	7,56	43,56	0,60	2,15	12,4
55	0,83	1,32	18,40	48,80	0,68	5,25	13,9
56	0,81	1,08	3,48	40,0	0,59	1,0	11,4
57	0,83	3,40	24,0	55,0	0,72	6,78	15,5
58	0,81	1,08	3,48	40,0	0,60	1,0	11,4
59	0,81	1,06	7,56	43,56	0,60	2,15	12,4
60	0,81	1,037	8,28	43,56	0,66	2,34	12,4
61	0,81	1,045	10,67	43,56	0,62	4,54	12,4
62	0,81	1,111	2,144	40,9	0,50	0,612	11,6
63	0,81	-	2,02	40,9	-	0,575	11,6
64	0,81	1,11	2,125	40,0	0,49	0,620	11,40
65	0,81	1,47	40,0	97,5	0,64	6,86	16,7
66	0,82	1,31	14,1	100	0,51	1,7	12,0
67	0,80	1,12	43,0	133	0,60	4,64	14,40
68	0,80	1,23	9,88	246	0,53	0,45	11,3
69	0,80	1,03	7,45	286,7	0,33	0,342	13,2
70	0,80	1,205	32,9	465	0,49	1,18	16,7
71	0,80	2,02	182	470	0,70	6,43	16,6
72	0,80	1,171	28,3	376,8	0,41	1,0	13,3

$C_{\omega}$  – коэффициент массы заряда ( $\omega/d^3$ );

$C_q$  – коэффициент массы снаряда ( $q/d^3$ );

$C_E$  – коэффициент могущества ( $C_E = E_d/d^3$ );

$\omega/q$  – относительная масса заряда;

$p_m$  – максимальное давление;

$p_{cp}$  – среднее давление за время движения снаряда по каналу ствола;

$V_x$  – дульная скорость снаряда;

Окончание табл. II.1

$\omega/q$	$\varphi$	$B$	$J_k/d$ , кг·с/дм <sup>3</sup>	$p_m$ кг/см <sup>2</sup>	$p_{ср}$ кг/см <sup>2</sup>	$p_{ж}$ кг/см <sup>2</sup>	$V_a$ , м/сек
0,343	1,144	1,793	1415	3000	1876	925	870
0,171	1,108	2,122	995	2350	1568	822	655
0,378	1,156	2,20	1610	3030	1970	1060	880
0,087	1,089	2,306	665	2250	945	340	508
0,436	1,175	1,941	1835	3200	1980	1000	950
0,087	1,089	2,306	665	2250	945	360	508
0,173	1,08	1,97	915	2350	1530	700	655
0,189	1,123	2,278	1030	2350	1590	795	655
0,245	1,111	2,04	1110	2350	1400	670	770
0,052	1,077	2,052	480	1760	1000	413	381
0,049	1,076	—	—	—	—	—	335
0,053	1,077	1,871	470	1950	1010	375	391
0,41	1,17	1,624	1790	3200	2140	1125	920
0,126	1,11	1,821	840	2350	1506	625	607
0,324	1,137	1,790	1460	2650	1710	960	800
0,04	1,073	2,425	460	1760	646	220	356
0,026	1,079	1,531	1045	1470	635	217	280
0,07	1,092	1,332	650	2500	1290	535	410
0,367	1,159	1,871	1845	3200	2160	1140	900
0,075	1,085	1,268	520	1960	1085	435	442

$B$  – параметр заряжания Н. Ф. Дроздова ( $B = (SJ_k)^2 / (\varphi q f \omega)$ );

$f$  – сила пороха;

$\varphi$  – коэффициент фиктивности массы снаряда ( $\varphi = K + \frac{1}{3} \omega/q$ );

$K$  – коэффициент, учитывающий потери энергии пороховых газов на преодоление сил трения между ведущими устройствами снаряда и стенками канала ствола, на закрутку снаряда, откат подвижных частей и выталкивание воздушного столба, находящегося в канале ствола перед снарядом:

$J_k$  – импульс пороха ( $J_k = \int_0^{t_k} p dt$ );

$p$  – давление;

$t_k$  – время горения заряда;

Окончание табл. II.1

№ п/п	$E_A$ , Т·м	$\eta_{\text{вн}}$ , ТМ/КГ	$C_A$ , ТМ <sup>2</sup> /ТМ <sup>3</sup>	$r_A$	$\eta_k$	$\eta_L$	$D_m$ , КМ	$Q_5$ , Т	$\alpha$ , ТМ/КГ
53	1290	112	588	0,227	0,47	0,62	27,0	—	—
54	954	126	277	0,254	0,613	0,667	17,2	7,46	127
55	1927	116	550	0,231	0,617	0,657	25,1	18,2	105
56	560	151	153	0,304	0,393	0,420	12,4	4,15	127
57	2520	105	715	0,504	0,621	0,621	—	—	—
58	526	151	149	0,304	0,391	0,42	12,4	3,60	146
59	954	126	276	0,255	0,503	0,65	13,0	4,27	223
60	954	115	277	0,232	0,71	0,68	17,3	5,68	168
61	1315	124	372	0,249	0,53	0,60	20,5	7,625	172
62	312	145	88,0	0,293	0,423	0,568	8,75	2,724	114
63	234	115	66,0	0,232	—	—	7,77	2,165	108
64	312	146	90,0	0,293	0,300	0,508	9,85	27,25	114
65	4200	105	721	0,211	0,461	0,669	—	—	—
66	1879	126	226	0,254	0,292	0,641	18,03	17,7	106
67	4342	100	478	0,211	0,531	0,645	26,6	44,0	100
68	1590	160	73	0,324	0,341	0,367	10,4	18,4	86
69	1145	153	53	0,308	0,118	0,431	6,89	16,0	72,0
70	3486	106	140	0,214	0,231	0,516	16,58	45,7	103
71	19400	107	685	0,215	0,558	0,674	—	—	—
72	3750	140	131	0,283	0,230	0,554	13,5	64,78	680

$E_A$  – дульная энергия ( $E_A = \frac{qV_A^2}{2}$ );

$\eta_{\text{вн}}$  – коэффициент использования заряда ( $\eta_{\text{вн}} = E_A / \omega$ );

$r_A$  – термический КПД орудия ( $r_A = \frac{\kappa - 1}{2} \cdot \frac{\varphi q V_A^2}{f_0}$ );  $\kappa$  – показатель адиабаты Пуассона;

$\eta_k$  – относительное положение конца горения ( $\eta_k = l_k / l_A$ );

$\eta_L$  – коэффициент заполнения индикаторной кривой ( $\eta_L = p_{cp} / p_m$ );

$D_m$  – максимальная дальность стрельбы;

$Q_5$  – масса орудия в боевом положении;

$\alpha$  – коэффициент использования металла ( $\alpha = E_A / Q_5$ );

$\eta_L$  – коэффициент использования длины ствола ( $\eta_L = E_A / L_{cr}$ ).

Таблица П.2

## Современные малокалибрные автоматические пушки

## а) калибр 20 мм

Характеристики	Индексы пушек, страна-разработчик								
	Франция		Швейцария	Германия	США				
	M621	M693	КAA	MK20, Rh202	M39	M61A1 "Vulcan"	GAU-4 <sup>3)</sup>	M168	M197
Тип БП	20×102	20×139	20×128	20×139	20×102	20×102	20×102	20×102	20×102
Привод <sup>1)</sup>	Г	Г	Г	Г	Г	В	Г	В	В
Схема <sup>2)</sup>	О	О	О	О	Р	Г/6	Г/6	Г/6	Г/3
$Q_5$ , кг	46	80	88	75	81	120	125	136	66
$L$ , мм	2207	2695	2627	2612	–	1875	1875	1875	1829
$n$ , выстрелов в мин	300,700	740	1000	1000	1700	6000	6000	3000	1500
$V_0$ , м/с	1030	1050	1050	1050	1040	1036	1036	1036	1036
Усилие отдачи, Н	–	–	24000	7000	–	17800	17800	–	11500

П р и м е ч а н и я : 1) Здесь и далее (в табл. П.2.1 – П.2.5): Г – отвод пороховых газов, В – внешний привод, С – отдача ствола.

2) Здесь и далее (в табл. П.2.1 – П.2.5): О – системы классической компоновки (одноствольные однокамерные системы), Р – револьверные пушки, Д – двухствольные системы (схема Гаста), Г – многоствольные системы (схема Гатлинга, в знаменателе число стволов).

3) Вариант пушки "Vulcan" с отводом газов из четырех стволов. Специально разработан для подвесных контейнеров, где затруднено использование внешнего привода.

Продолжение табл. П.2

б) калибр 25 мм

Характеристики	Индексы пушек, страна-разработчик									
	Германия		Швейцария			Англия	Франция	США		
	MK25 <sup>1)</sup> Mod E	BK-27	KVA	KBB	ILTIS <sup>2)</sup>	ADEN-25	M811 <sup>3)</sup>	GE-225	GAU-12/4	M242 <sup>4)</sup>
Тип БП,	25×137	25×145	25×137	25×184	25×184	25×137	25×137	25×137	25×137	25×137
Привод	Г	Г	Г	Г	Г	Г	В	Г	В	В
Схема	О	Р	О	О	О	Р	О	Д	Г/5	О
$Q_6$ , кг	160	100	112	146	117	92	120	86	125	110,5
$L$ , мм	2770	2310	2880	3190	—	2285	2630	—	2134	2743
$n$ , выстрелов в мин	1000max	1700	600	800	800	1850	150,400 и 600	2000	3600	100,200 и 500
$V_0$ , м/с	1100	1025	1100	1160	1160	1050	1100	1050	1100	1100
Усилие отдачи, Н	8500	28000	—	—	12900	26000	—	—	—	—

П р и м е ч а н и я : 1) Возможно плавное регулирование темпа стрельбы от  $n = 60$  до 1000 выстрелов в мин. Устройством регулирования скорострельности снабжен буфер.

2) На базе KBB. Полевая и горная пушка, разбираемая наносимые блоки. Расчет – 5 человек. Питание магазинное ( $m = 15$ ).

3) Пушка с приводным барабаном.

4) "Ценная" пушка.

Продолжение табл. П.2

в) калибр 30 мм

Характеристики	Индексы пушек, страна-разработчик											
	Швейцария		Германия	Англия		Франция			США			
	KCA	KCB	MK30 <sup>1)</sup>	L21A1 <sup>2)</sup> RARDEN	ADEN <sup>3)</sup> MK4	DEFE <sup>3)</sup> S54	M791B	M781 <sup>4)</sup>	XM128	GAU-8/4	GAU-13/A	M230 <sup>5)</sup>
Тип БП,	30×173	30×170	30×173	30×170	30×113	30×130	30×150	30×150	30×113	30×173	30×173	30×113
Привод	Г	Г	Г	С	Г	Г	Г	В	В	В	В	В
Схема	Р	О	О	О	Р	Р	Р	О	Г/З	Г/7	Г/4	О
$Q_0$ , кг	125	136	140	110	87	85	110	65	54	522	260	56
$L$ , мм	2691	3524	3350	–	1590	–	2300	1875	1473	6400	2794	1638
$n$ , выстрелов в мин	1350	650	800	90	1400	1800	200, 500 и 2500	750 max	2000	4200	3000	625
$V_0$ , м/с	1030	1080	1040	1070	790	880	1025	1025	800	1080	1080	800
Усилие отдачи, $H$	–	–	18000	13600	31400	–	27000	–	12000	44000	–	–

Примечания: 1) Аналог 25-мм системы MK25. Иногда указывается как MK30 ModE. Регулятор темпа стрельбы от  $n = 60$  до  $n = 800$  выстрелов в мин.

2) Самоходная система. Разработана для вооружения сухопутных боевых машин.

3) Созданы на базе немецкой MG213/30.

4) Пушка с приводным барабаном – аналог 25-мм пушки M811.

5) "Ценная" пушка – аналог 25-мм системы M242.

Продолжение табл. П.2

г) калибр 35, 40, 50 мм

Характеристики	Индексы пушек, страна-разработчик								
	Швейцария					Германия	США		Швеция
	KDA	KDB	KDC	KDE	KDF		MK35 <sup>1)</sup> Rh503	TALON	
Тип БП	35×228	35×228	35×228	35×228	35×228	35×228 50×300	35×228	35×228	40×365R
Привод	Г	Г	Г	С	Г	В	Г	В	С
Схема	О	О	О	О	О	О	О	Г/5	О
$Q_b$ , кг	670	430	430	440	460	490	270	431	4600 <sup>2)</sup>
$L$ , мм	4740	4427	4424	4375	4427	4173	—	—	6270 <sup>2)</sup>
$n$ , выстрелов в мин	550	550	550	200	600	150...400	625	2400	240
$V_0$ , м/с	1175	1175	1175	1175	1175	1150	1150	1150	1000
Усилие отдачи, Н	—	—	—	—	—	30000	45400	32000	27000

П р и м е ч а н и я : 1) Разрабатывалась как первая бикалиберная система. Переход на БП 20x300 осуществлялся простой сменой ствола. Данные приведены для 35-мм варианта.

2) Данные приведены для зенитной установки с лафетом, длина – в походном положении.

Окончание табл. II.2

д) отечественные автоматические пушки

Характеристики	Индексы пушек								
	АМ-23	Р-23	ГШ-23	ГШ-30	АО-19	АО-18	ГШЗО1	2А42	2А72
Калибр (мм), тип БП	23, АМ-23	23, Р-23	23, АМ-23	30, 2А42	23, АМ-23	30, 2А42	30, 2А42	30, 2А42	30, 2А42
Привод	Г	Г	Г	Г	Г	Г	С	Г, С	С
Схема	О	Р	Д	Д	Г/6	Г/6	О	О	О
$Q_6$ , кг	48	58,5	48	135	86	150	47	115	84
$L$ , мм	—	1468	—	—	—	—	—	3027	3006
$n$ , выстрелов в мин	1250	2600	3200	2500	10000	5000	1700	680	330
$V_0$ , м/с	715	850	715	850	715	850	950	970	970
Усилие отдачи, Н	—	44000	—	—	—	—	—	40...50 кН	56000

Таблица П.3

## Числовые характеристики некоторых накатников

Орудие	Длина отката, $\lambda$ , м	Начальное		Степень сжатия, $m$	Объем жидкости $W$ , л
		Давление $P_0$ , МПа	Усилие, $P_0\text{Н}$		
ТП2А-21	0,32	6,0	20720	3,54	4,2
ТП 2А-26	0,312	6,0	22800	3,32	4,8
122-мм ТП М62-Т2	0,55	3,9	20750	2,98	7,9
76-мм П ЗИС-3	0,70	3,0	4750	1,60	4,3
85-мм П Д-44	0,89	4,5	9000	1,75	6,5
100-мм П БС-3	1,1	5,2	18400	2,3	9,5
122-мм Г М-30	1,06	3,8	3600	2,63	7,1
122-мм Г Д-30	0,90	4,6	14700	—	9,8
152-мм Г Д-1	1,02	5,2	18600	2,67	11,0
85-мм ЗП КС-1	0,65–1,1	4,9	13200	1,76	10,8
180-мм П С-23	0,7–1,35	5,5	36060	2,98	19,0
130-мм П М-46	0,78–1,25	5,6	44000	2,70	21,6
152-мм Г МЛ-20	0,87–1,20	4,5	16100	2,22	22,0
203-мм Г БМ	0,84–1,35	4,0	67000	3,00	63,0

Таблица II.4

## Характеристики отечественных танковых орудий 1920–1945 гг.

Характеристики	Танковые пушки											
	Гочкиса	ПС-2	20К	КТ	ПС-3	Л-10	Ф-32	Ф-34	ЗИС-4	ЗИС-С-53	Ф-28	Д-25Т
Калибр, мм	37	37	45	76	76	76	76	76	57	85	95	122
Длина ствола, клб	20	45	46	16,5	20,5	23,7	31,5	41,5	73	54	39	48,6
Угол ВН, °	-8;+31	-8;+25	-6;+25	-5;+25	-3;+23	-3;+25	-7;+25	-5;+26	-5;+14	-5;+25	-5;+35	-3;+20
Вес КЧ, кг	103,8	ок.102	313	540	614	641	770	1155	1050	1150	-	2400
Скорострельность, выстрелов в мин	5–6	6–8	12	5	10–12	12	8	8	15	5–6	-	2–3
Вес бронебойного снаряда, кг	0,508	0,66	1,43	6,5	6,51	6,5	6,5	6,5	3,14	9,2	13,3	25
Начальная скорость бронебойного снаряда, м/с	442	820	760	370	530	558	612	655	990	800	630	800
Бронепробиваемость по нормали на дистанции:												
500 м, мм	-	35	43	31	-	50	60	70	90	110	-	155
1000м, мм	-	26	35	28	-	61	52	60	65	100	-	145
То же для подкалиберного снаряда на дистанции 500 м, мм	-	-	-	-	-	-	-	90	105	140	-	-

Таблица П.5

## Характеристики современных танковых пушек

Характеристики	Индексы пушек, страна										
	Россия			страны НАТО							
	Д10Т2С	У5ТС	2А46М	M68	L7A3	CN-105	M-256	RhL-44	L11A5	L30E4	CN-120
Калибр, мм	100	115	125	105	105	105	120	120	120	120	120
Диапазон углов возвышения, °	-5...+17	-5...+16	-5...+14	-9...+19	-9...+20	-7...+20	-10...+20	-9...+20	-10...+20	-10...+20	-8...+15
Длина ствола, мм	5350		6000	5347	5347	5667	5300	5300	6600	6604	6200
Масса ствола, кг	1450		1805	1128	1282		1940	1917	1900	1775	
Масса качающейся части (с бронемаской), кг	1970	2425	2713	3260	2900	3213	4165	3800	2750		2620
Тип канала ствола	нарезной	гладкоствольный	гладкоствольный	нарезной	нарезной	нарезной	гладкоствольный	гладкоствольный	нарезной	нарезной	гладкоствольный
Тип продувки ствола	эжекторный	эжекторный	эжекторный	эжекторный	эжекторный	вентиляторный	эжекторный	эжекторный	эжекторный	эжекторный	вентиляторный

Таблица П.6

## Корабельные артиллерийские комплексы ВМФ РФ

Калибр, мм	Наименование АК	Год принятия на вооружение ВМФ	Компоненты АК		
			АУ (количество)	ПУС	Боеприпас
130	АК-130-МР-184	Конец 1970-х	АК-130 (1-2)	МР-184	ОФС, ЗСР, ЗСД
100	АК-100-МР-145	1975	АК-100 (1-2)	МР-145	ОФС,
	АК-100-МР-114		(ЗИФ-122, ЗИФ-121)	МР-114 "Лев"	ЗСР, ЗСД
100	АК-190Э-5П-10Э	2000 (опытный образец)	АК-190Э(1-2)	5П-10Э "Пума"	ОФС, ЗСР, ЗСД
76,30	АК-176-МР-123/76	1979	АК-176(А-221)(1) АК-630MQ-2)	МР-123 "Вымпел"	ОФС, ЗСР
76,30	АК-176-МР-123-02/76		АК-176MQ) АК-630M1-2(1-2)	МР-123-02	ОФС, ЗСР
76	АК-726-МР-105	1964	АК-726 (ЗИФ-67) (1-2)	МР-105 "Турель"	ОФС, ЗСР
57	АК-725 (ЗИФ 72)	1962	АК-725(ЗИФ-72) (1-2)	МР-103 "Барс"	ОТС
30	АК-230-МР-104	1962	АК-230(КЛ-302) (1-2)	МР-104 "Рысь"	
30	АК-230-МР-123	1960-е	АК-230(1-2)	МР-123	
30	АК-306-ОПУ-1	1960-е	АК-306(1-2)	ОПУ-1	ОЗС, ОФЗТС
30	АК-630-МР-123	1960-е	АК-630(А-213)(1-2)	МР-123	ОФС, ОТС
30	АК-630М-МР-123	1960-е	АК-630M(1-2)	МР-123	ОФС, ОТС
30	АК-630M1-2-МР-123-02	1960-е	АК-630M1-2 (1-2)	МР-123-02	ОФС, ОТС
30 ЗУР-9М311	РАК "Кортик"	1988	Боевой модуль: 30-мм 6-ств. пушки (2) ЗУР-9М3Щ8)	РЛС "Hot Flash"	

П р и м е ч а н и е . Здесь ОФС – осколочно-фугасный снаряд с ударным взрывателем; ЗСР – зенитный снаряд с радиовзрывателем; ЗСД – зенитный снаряд с дистанционным взрывателем; ОТС – осколочно-трассирующий снаряд; ОЗС – осколочно-зажигательный снаряд; ФЗТС – осколочный фугасно-зажигательный трассирующий снаряд.

Таблица П.7

## Размещение артиллерии на надводных кораблях РФ

№ п/п	Наименование (обозначение по коду НАТО)	Класс	Проект	АУ тип и число	ПУС тип и число
1	Москва (Moskva class)	ПКР	1123	2 АК-725	2МР-103
2	Новороссийск (Kiev class)	ТАКР	1143	2 АК-726, 8 АК-630	2 МР-105, 4 МР-123
3	Адм. Горшков (Modified Kiev class)	ТАКР	1143.4	2АК-100, 8АК-630М	1 МР-145, 4 МР-123
4	Адм. Кузнецов (Kuznetsov class)	ТАКР	1143.5	8 РАК "Кортик"	
5	Адм. Лазарев (Kirov class)	ТАРКР	1144	1АК-130, 8АК-630М	1 МР-184, 4 МР-123
6	Адм. Нахимов (Kirov class)	ТАРКР	11442	1АК-130,6РАК "Кортик"	1 МР-184
7	Слава (Slava class)	РКР	1164	1АК-130,6АК-630М	1МР-184, 3МР-123
8	Владивосток (Kresta class)	РКР	1134	2 АК-725	2МР-103
9	Грозный (Kynda)	РКР	58	2 АК-726, 4 АК-630М	1 МР-105, 2 МР-123
10	Современный (Sovremenny class)	ЭМ	956	2АК-130, 2АК-630М	1 МР-184, 2 МР-123
11	Азов (Kara class)	БПК	1134Б	2 АК-726, 4 АК-630М	2 МР-105, 2 МР-123
12	Удалой (Udaloy class)	БПК	1155	2 АК-100, 4 АК-630М	1МР-145, 2 МР-123
13	(Udaloy 2)	БПК	1155.1	2 АК-130, 2 РАК "Кортик"	
14	Сдержаный (Kashin mod class)	БПК	61М	2 АК-726, 4 АК-630М	2 МР-105, 2 МР-123
15	Резвый (Krivak 2 class)	СКР	1135	2АК-100	1 МР-114

Окончание табл. П.7

№ п/п	Наименование (обозначение по коду НАТО)	Класс	Проект	АУ тип и число	ПУС тип и число
16	Менжинский (Krivak 3 class)	ПСКР	1135.1	1 АК-100, 2 АК-630М	1 МР-114, 1 МР-123
17	Неустрашимый (Neustrashimy class)	СКР	1154.0	1 АК-100, 2 РАК "Кортик"	1 МР-145
18	Альбатрос (Crisha 3 class)	МПК	1124	1 АК-725, 1 АК-630М	1 МР-123
19	(Osa 1 class)	РКА	205	2 АК-230	1 МР-104
20	Сивуч (Dergach class)	МРК	1239	1 АК-176, 1 АК-630М	1 МР-123
21	Молния (Tarantul class)	РКА	1241.7	1 АК-176, 1 РАК "Кортик"	
22	(Natya 1 class)	МТЩ	266М	2 АК-230 (2 АК-306)	1 МР-104(ОПУ-1)
23	(Vanya class)	БТЩ	257	1 АК-230	Визирная колонка
24	(Lida class)	РТЩ	10750	1 АК-306	ОПУ-1

Примечание. Здесь ПКР – противолодочный корабль, ТАКР – тяжелый авианесущий крейсер, ТАРКР – тяжелый атомный ракетный крейсер, РКР – ракетный крейсер, ЭМ – эскадренный миноносец, БПК – большой противолодочный корабль, СКР – сторожевой корабль, ПСКР – пограничный сторожевой корабль, МПК – малый противолодочный корабль, РКА – ракетный катер, МТЩ – морской тралыщик, БТЩ – базовый тралыщик, РТЩ – рейдовый тралыщик.

Таблица 11.8

## Тактико-технические данные корабельных артиллерийских установок

№ п/п	Наименование (страна)	Калибр, мм	Длина ствола, калб	Количество стволов	Общий вес, т	Общая скорострельность, выстрелов в мин	Устройства подачи и заряжания	Боезапас, готовый к стрельбе	Вес снаряда, кг	Начальная скорость снаряда ( дальность стрельбы), м/с (м)	Дульная энергия, кГм × 10 <sup>6</sup>	Огневая мощь, кГм/с × 10 <sup>3</sup>	Уд. огневая мощь, $\frac{\text{кГм}}{\text{с}} \times 10^3$
1	Мк45 мод. 0, мод. 1 (США)	127	54	1	22,4	20	Питатель барабанного типа, автоматическое заряжение	20	31,8	808 (24000)	1,05	350	15,6
2	«Компакт ОТО Мелара» (Италия)	127	54	1	32,5	45	Три питателя барабанного типа, автоматическое заряжение	66	31,8	806 (23400)	1,05	788	24,3
3	ТАК 120L/46 (Швеция)	120	46	1	28,5	80	Два питателя кассетного типа, автоматическое заряжение	48	21,0	802	0,683	910	32,0
4	«Компакт» (Франция)	100	55	1	17,3	85	Два магазина – элеватор – два веера; полностью автоматическое заряжение	90	13,5	870(17000)	0,52	738	42,7

5	«Компакт ОТО Мелара» (Италия)	76	62	1	7,5	90	Магазин барабанного типа, шнековый элеватор; автоматическое заряжание	115	6,2	927(16300)	0,270	405	53,7
6	«ОТО Мелара супер рапид» (Италия)	76	62	1	7,5	120	—	80	6,2	927(16300)	0,27	543	72,4
7	Мк2 «Бофорс» (Швеция)	57	70	1	6,5	200	Устройство перезаряжания кассетного типа с гидроприводом	40	2,4	1020 (17000)	0,13	425	65,3
8	A32 (Великобритания)	30	70	2	1,52	1300	Два ленточных питателя, автоматическое заряжание	294	0,36	1079	0,021	454	299,0
9	GAU-8/A (США)	30		7	0,281	4000	Вращающийся блок стволов		0,368	1036	0,02	1344	4780,0
10	M-242 (США)	25		1	0,106	500	Двухсторонняя система подачи, цепной привод автоматики		0,187	1100	0,012	96	907,6
11	АК-130 (Россия)	130	54	2	98,0	60	Полностью автоматизированная	180	32,0	850 (22000)	1,18	1180	2,0

Окончание табл. П.8

№ п/п	Наименование (страна)	Калибр, мм	Длина ствола, клб	Количество стволов	Общий вес, т	Общая скорострель- ность, выстрелов в мин	Устройства подачи и заряжания	Боезапас, готовый к стрельбе	Вес снаряда, кг	Начальная скорость снаряда ( дальность стрельбы), м/с (м)	Дульная энергия, кгм × 10 <sup>6</sup>	Огневая мощь, кгм/с × 10 <sup>3</sup>	Уд. огневая мощь, кгм /с × 10 <sup>3</sup>
12	АК-100 (Россия)	100	59	1	35,0	45	Полностью автоматизи- рованная	300	15,6	900(21000)	0,645	484	13,8
13	А 190Э (Россия)	100	59	1	14,8	80	Система двухсторон- него раздель- ного автома- тизированного боепитания	80	15,6	900 (20000)	0,645	860	58,1
14	АК-726 (Россия)	76,2	59	2	26	180	Элеваторная обойменная подача в при- емники ору- дий отдельно для каждого автомата; подача в под- башенное от- деление руч- ная	138	5,9	950 (15700)	0,27	815	31,3

15	АК-176М (Россия)	76,2	54	1	11	120	Питание не- прерывное, с двух сторон, безобоймен- ное	152	5,9	950 (15700)	0,27	543	49,4
16	АК-725 (Россия)	57	75	2	14,5	240	Непрерывная ленточная подача; под- питка боеза- паса ручная	1100	6,61	900 (12700)	0,27	1092	75,4
17	А-220 (Россия)	57		1	5,0	300	Шнековая подача из бункера	400	3,0	1000	0,15	765	153,0
18	АК-630 (Россия)	30	54	1x6	3,7	5000	Использован 6-ствольный зенитный ав- томат АО-18 с вращаю- щимся бло- ком стволов; питание не- прерывное ленточное	2000 + +1000	0,384	890 (5000)	0,016	1293	349,5
19	АК-630М1-2	30	54	2x6	2,5	10000	Два врачаю- щихся 6-ствольных блока	4000	0,384	880 (5000)€	0,015	2529	1012,0

Таблица П.9

**Основные тактико-технические характеристики  
пистолетов и револьверов**

Наименование, тип (страна-разработчик)	Калибр, мм	Масса без магазина, кг	Длина, мм	Масса пули, г	Начальная скорость, м/с	Емкость магазина, шт.
Пистолет Макарова (СССР)	9	0,73	160	6,1	315	8
Пистолет "Кольт" (США)	11,43	1,1	218	15,2	250	7
Револьвер N2Mk1 (Великобритания)	9,65	0,68	260	9	180	6
Пистолет "Браунинг" (Бельгия)	9	0,9	197	8	350	13
Пистолет M50 "Сент-Этьен" (Франция)	9	0,99	195	8	330	8
Пистолет "Вальтер" P1 (ФРГ)	9	0,78	218	8	320	8
Пистолет "Лахти" Z35 (Финляндия)	9	1,27	271	8	350	8
Итальянский пистолет M1951 "Беретта" (Италия)	9	0,9	203	8	360	8
Пистолет M15 (США)	9	0,75	200	8	-	9
Пистолет 8,61 мм (Япония)	8,61	0,59	152	8	-	8
Пистолет 7,65 мм (Турция)	7,65	0,65	180	8	-	8
Пистолет "Жирожет" (США)	13	0,45	241	-	380	8
Револьвер "Смит и Вессон" (США)	9	0,89	203	9	345	6
Пистолет "Глок" (Австрия)	9	0,62	188	8	350	17
Пистолет "УЗИ" (Израиль)	9	1,90	240	8	350	20
Пистолет "Беретта" (Италия)	9	0,95	217	8	375	15
Пистолет ПСМ (СССР)	5,45	0,472	155	2,7	315	8

Таблица П.10

## Основные тактико-технические характеристики винтовок

Наименование, тип (страна- разработчик)	Ка- либр, мм	Масса без па- трона, кг	Длина, мм	Прицель- ная даль- ность, м	Масса пули, г	Началь- ная ско- рость, м/с	Емкость магазина, шт.
СВД* (СССР)	7,62	4,3	1225	1300	9,6	830	10
M14 (США)	7,62	3,62	1110	1000	9,3	846	20
XM21* (США)	7,62	4,35	1125	1000	9,3	853	20
FN*(FAS) (Бельгия)	7,62	4,45	1100	600	9,3	843	20
IA1 (Великобритания)	7,62	4,45	1100	600	9,3	843	20
C IA1 (Канада)	7,62	4,27	1137	550	9,3	843	20
"Беретта" BM-59 (Италия)	7,62	4,22	1100	500	9,3	820	20
SSD-69** (Австрия)	7,62	3,9	-	-	9,3	-	5
"Сетме" мод 58 (Испания)	7,62	4,1	1090	1000	9,3	830	20
AK4 (Швеция)	7,62	4,6	1050	600	9,3	880	20
Тип 64 (Япония)	7,62	4,3	990	400	9,3	830	20,30
M49/56 (Франция)**	7,5	4,1	1020	600	9	820	10
F1 (FR-F1) (Франция)	7,5	5,175	1138	600	9	820	10
M47 (Швейцария)	7,5	5,95	1138	600	11,3	760	24
"Галил"** (Израиль)	7,62	6,4 (с сош- кой)	1115	600	10,9	780	20
"Хеклер и Кох"*( (ФРГ))	7,62	5,15 (снаряж.)	1208	600	9,3	800	20
"Энфилд" (Великобритания)	5,56	4,6 (снаряж.)	770	400	3,56	900	30
ЗИГ550 (Швейцария)	5,56	4,37 (снаряж.)	1000		3,6	900	25,30
FFV 890 C (Швеция)	5,56	4,20 (снаряж.)	860	500	3,56	860	35

Примечание. \* Снайперские винтовки.

\*\* Магазинные снайперские винтовки.

Таблица П.11

## Основные тактико-технические характеристики автоматов

Наименование, тип (страна-разработчик)	Калибр, мм	Масса без патрона, кг	Длина, мм	Прицельная дальность, м	Масса пули, г	Начальная скорость, м/с	Темп стрельбы, выстрелов в мин.	Емкость магазина, шт.
АКМ (СССР)	7,62	3,1	900	1000	7,9	715	600	30
АК-74 (СССР)	5,45	3,3	945	1000	3,5	900	650	30
M62 (Финляндия)	7,62	3,4	940	800	7,9	710	650	30
M16A1 (США)	5,56	3,22	990	500	3,56	990	750	20, 30
XM19 "Спью" (США)	5,56	3,17	—	—	0,68*	1400	—	60
MAS (Франция)	5,56	3,26	755	300	3,56	970	900	25
HK33 (ФРГ)	5,56	3,53	920	400	3,56	970	600	20, 30
CAZ (Бельгия)	5,56	3,48	980	400	3,56	970	850	20, 30
"Беретта" M-70 (Италия)	5,56	3,67	940	400	3,56	970	630	30
"Галил" (Израиль)	5,56	3,9	970	500	3,56	980	650	35, 50
SG530-1 (Швейцария)	5,56	3,78	1000	400	3,56	960	600	30
"Кольт" (США) (карабин)	5,56	—	787	450	3,56	920	750	20
"Хеклер и Кох" (ФРГ)	4,7	4,2 (снаряж.)	750	300	3,4	—	—	50 (безгильзовый патрон)

П р и м е ч а н и е . \* Стреловидная пуля.

Таблица П.12

## Основные тактико-технические характеристики пистолетов-пулеметов

Наименование, тип (страна-разработчик)	Масса, кг	Длина, мм	Прицельная дальность, м	Начальная скорость, м/с	Темп стрельбы, выстрелов в мин.	Емкость магазина, шт.
11,43-мм пистолет-пулемет М3А1 (США)	3,7	757 (578)	90	270	400	30
"Ингрэм" М10 (США)	2,83	533 (269)	100	280	700	30, 36
"Ингрэм" МР (США)	1,59	457 (248)	100	295	850	16, 32
5,61-мм "IMP" (США)	1,9	432 (269)	270	730	600	10, 38
"Ругер" MP9 (США)	2,7	556 (260)	150	-	600	32
"Стерлинг" 2А3 (Великобритания)	2,7	711 (482)	180	390	550	34
"Хеклер и Кох" MP5 SD (ФРГ)	2,8	550	100	285	750	15, 30
5,56-мм HK53 "Хеклер и Кох" (ФРГ)	3,56	755 (563)	400	750	700	25, 40
"УЗИ" (Израиль)	3,5	650 (470)	200	400	600	25, 32
"Штайр" MP6 (Австрия)	2,93	670 (465)	200	380	550	25, 32
"Мини-УЗИ" (Израиль)	2,7	600 (360)	150	352	950	25, 32

Окончание табл. П.12

Наименование, тип (страна-разработчик)	Масса, кг	Длина, мм	Прицельная дальность, м	Начальная скорость, м/с	Темп стрельбы, выстрелов в мин.	Емкость магазина, шт.
"Стар" С2 (Испания)	2,65	720 (500)	100	325	450	32
"Беретта" 12S (Италия)	3,2	660 (418)	150	380	500	32
"Спектр" (Италия)	2,9	580 (350)	100	400	900	30, 50
"Яти-Матик" (Финляндия)	1,95	(375)	100	370	600	20, 40
SCK 65 (Япония)	4,08	762 (501)	200	360	550	30

П р и м е ч а н и е . В скобках указана длина со сложенным прикладом.

Таблица П.13

## Основные тактико-технические характеристики пулеметов

Наименование, тип (страна-разработчик)	Калибр, мм	Масса без патрона, кг	Длина, мм	Прицельная дальность, м	Масса пули, г	Начальная скорость, м/с	Темп стрельбы, выстрелов в мин.	Емкость магазина, шт.
<i>Ручные пулеметы</i>								
РПК (СССР)	7,62	5,6	1040	1000	7,9	745	600	47
M14E2 (США)	7,62	5,8	1125	1000	9,3	853	—	20
C2A2 (Канада)	7,62	6,2	1137	900	9,3	850	700	20, 30
Образец 1969 г. (Финляндия)	7,62	7,6		1000			1050	100
"Брэн" Z4A2 (Великобритания)	7,62	10,5	1143	1830	9,3	843	550	30 (100)
Mk23 (США)	5,56	4,99	1022	1000	3,56	990	750	30 (50, 100, 150)
"Миними" (Бельгия)	5,56	6,2	1000	1000	4	895	500–1200	(100, 200)
<i>Единые пулеметы</i>								
ПКМ (СССР)	7,62	7,4 15,1	1173	1500	9,6	825	600	250
M60 (США)	7,62	10,4 19,4	1100	1000	9,3	840	600	250
Z7A2 (Великобритания)	7,62	10,9 18,3	1231	1800	9,3	843	800	200

*Окончание табл. П.13*

Наименование, тип (страна-разработчик)	Калибр, мм	Масса без патрона, кг	Длина, мм	Прицельная дальность, м	Масса пули, г	Начальная скорость, м/с	Темп стрельбы, выстрел в мин.	Емкость магазина, шт.
MG3 (ФРГ)	7,62	<u>11,6</u> 27,4	1230	1200	9,3	830	1200	250
MAG (Бельгия)	7,62	<u>10,85</u> 20,85	1250	1400	9,3	830	700	250
"Мадсен" (Дания)	7,62	10,8	1165	1200	9,3	820	700	50,100
"Альфа" мод. 59 (Испания)	7,62	<u>14,5</u> 26,5	1650	2000	9,3	861	650	100
МГ710 (Швеция)	7,62	11,7	1235	2000	9,3	820	800–1400	250
Тип 62 (Япония)	7,62	<u>10,7</u> 22,7	1250	1200	9,3	830	650	50
M 52 (Франция)	7,62	<u>10,7</u> 22,7	1145	1200	9,0	820	700	50

**П р и м е ч а н и е .** Над чертой указана масса тела пулемета, под чертой – масса пулемета со станком.

Таблица П.14

## Значения характеристик порохов

Переводные коэффициенты:  $f \rightarrow 1 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 1.020.000 \frac{\text{кГ} \cdot \text{дм}}{\text{кг}}$ ;  $I_k \rightarrow 1 \text{МПа} \cdot \text{с} = 1,012 \frac{\text{кГ} \cdot \text{с}}{\text{дм}^2}$

Марка пороха	$f$ , МДж/кг	$\theta = \kappa - 1$	$\alpha_\kappa$ , дм <sup>3</sup> /кг	$T_1$ , К	$\delta$ , кг/дм <sup>3</sup>	$I_k$ , МПа·с	$z_\kappa$	$\kappa_1$	$\lambda_1$	$\kappa_2$	$\lambda_2$	$\kappa_f$	$k_f$
СФ 033	1,047	0,236	1,039	3000	1,60	0,17	1,331	0,309	1,700	0,743	-0,996	0,0003	0,0016
ВУ фл	1,005	0,234	1,030	2873	1,60	0,15	0,113	1,795	-0,417	0,900	-2,487	0,0003	0,0016
ВТ	0,996	0,235	1,034	2820	1,60	0,22	1,112	1,799	-0,448	0,900	-2,455	0,0003	0,0016
ВТМ	1,011	0,236	1,017	2930	1,60	0,23	1	1,094	-0,086	0	0	0,0003	0,0016
ВТХ-10	0,882	0,256	1,027	2440	1,60	0,27	1	1,086	-0,080	0	0	0,0007	0,0022
ВТХ-20	0,711	0,286	0,971	1875	1,60	0,39	1	1,086	-0,080	0	0	0,0003	0,0022
ВТД-25	0,625	0,31	0,941	1625	1,60	0,45	1	1,086	-0,080	0	0	0,0003	0,0022
4/1	1,014	0,221	1,001	2970	1,60	0,30	1	1,070	-0,066	0	0	0,0003	0,0016
4/1 фл	1,006	0,233	1,026	2874	1,60	0,40	1,069	0,752	0,239	0,961	0,374	0,0003	0,0016
4/7	1,027	0,228	1,008	3006	1,60	0,32	1,488	0,811	0,081	0,505	-1,024	0,0003	0,0016
4/7 св	1,018	0,229	1,014	2956	1,60	0,33	1,488	0,811	0,081	0,505	-1,024	0,0003	0,0016
4/7 фл ВБП	0,915	0,254	1,059	2410	1,60	0,38	1,556	0,478	0,711	0,650	-0,893	0,0003	0,0016
4/7 ГП-3 фл	0,988	0,237	1,038	2790	1,60	0,28	1,671	0,163	3,840	0,600	-0,706	0,0003	0,0016

Продолжение табл. П.14

Марка пороха	$f$ , МДж/кг	$\theta = \kappa - 1$	$\alpha_\kappa$ , дм <sup>3</sup> /кг	$T_1$ , К	$\delta$ , кг/дм <sup>3</sup>	$I_\kappa$ , МПа·с	$z_\kappa$	$\kappa_1$	$\lambda_1$	$\kappa_2$	$\lambda_2$	$\kappa_f$	$k_f$
4/7 Ц гр	0,988	0,240	1,053	2736	1,60	0,30	1,602	0,653	0,247	0,650	-0,791	0,0003	0,0016
5/1	1,009	0,223	1,005	2930	1,60	0,25	1	1,062	-0,058	0	0	0,0003	0,0016
5/1 х-10	0,882	0,257	1,026	2440	1,60	0,50	1	1,045	-0,043	0	0	0,0007	0,0022
5/1 х-20	0,713	0,286	0,962	1890	1,60	0,70	1	1,045	-0,043	0	0	0,0007	0,0022
5/1 д-20	0,726	0,293	1,007	1920	1,60	0,68	1	1,045	-0,043	0	0	0,0007	0,0022
5/1 д-25	0,627	0,310	0,942	1625	1,60	0,82	1	1,045	-0,043	0	0	0,0007	0,0022
5/7 св	1,014	0,229	1,015	2930	1,60	0,35	1,509	0,805	0,0802	0,505	-0,982	0,0003	0,0016
5/7 н/а	0,968	0,236	1,034	2733	1,60	0,32	1,502	0,773	0,121	0,522	-0,977	0,0003	0,0016
5/7 в/а	1,022	0,229	1,012	2970	1,60	0,37	1,490	0,779	0,120	0,523	-1,020	0,00025	0,0016
5/7 Ц фл	0,924	0,254	1,098	2425	1,60	0,35	1,564	0,618	0,343	0,600	-0,882	0,0003	0,0016
6/7 гр	1,015	0,231	1,020	2923	1,60	0,50	1,498	0,794	0,098	0,513	-1,004	0,0003	0,0016
6/7 БП гр	0,960	0,245	1,069	2620	1,60	0,56	1,461	0,759	0,156	0,539	-1,084	0,0003	0,0016
6/7 фл В БП	0,980	0,241	1,056	2704	1,60	0,43	1,546	0,677	0,233	0,600	-0,909	0,0003	0,0016
6/7 П-5 БП фл	0,988	0,236	1,038	2800	1,60	0,48	1,622	0,138	4,696	0,650	-0,757	0,0003	0,0016
6/7 фл	1,014	0,232	1,025	2910	1,60	0,43	1,546	0,618	0,343	0,600	-0,882	0,0003	0,0016

7/1	1,009	0,223	1,010	2930	1,60	0,50	1	1,059	-0,056	0	0	0,0003	0,0016
7/1 фл БП	0,968	0,238	1,041	2715	1,60	0,51	1,055	0,811	0,165	1	0	0,0003	0,0022
7/7	1,006	0,224	1,010	2900	1,60	0,50	1,607	0,769	0,101	0,506	-0,823	0,0003	0,0016
7/14	1,021	0,229	1,013	2962	1,60	0,40	1,460	0,581	0,289	0,091	1,087	0,0003	0,0016
7/1 УГ	0,401	0,193	0,543	1775	1,60	0,90	1	1,107	-0,097	0	0	0,0007	0,0030
8/1 тр	0,998	0,227	1,017	2850	1,60	0,7	1	1,002	-0,002	0	0	0,0003	0,0016
8/7	0,998	0,227	1,015	2855	1,60	0,5	0,504	0,783	0,170	0,542	-0,993	0,0003	0,0016
8/1 УГ	0,391	0,198	0,534	1685	1,60	1,0	1	1,079	-0,073	0	0	0,0007	0,003
9/7	0,998	0,227	1,015	2855	1,60	0,6	1,526	0,724	0,183	0,545	-0,951	0,0003	0,0016
9/7 МН	0,963	0,237	1,045	2690	1,60	0,76	1,523	0,725	0,182	0,545	-0,956	0,0003	0,0022
9/7 БП	0,911	0,253	1,090	2410	1,60	0,94	1,490	0,75	0,156	0,537	-1,009	0,0003	0,0022
11/1 БП	0,916	0,251	1,086	2440	1,60	1,09	1	1	0	0	0	0,0003	0,0022
11/7	0,998	0,227	1,015	2855	1,60	0,68	1,536	0,715	0,194	0,549	-0,933	0,0003	0,0016
11/1 УГ	0,399	0,193	0,540	1765	1,60	1,43	1	1,1	-0,091	0	0	0,0007	0,003
12/1 Тр	0,998	0,227	1,0166	2850	1,60	0,87	1	1	0	0	0	0,0003	0,0016
12/1 тр БП	0,916	0,251	1,086	2440	1,60	1,09	1	1	0	0	0	0,0003	0,0022
12/1 тр МН	0,964	0,237	1,045	2645	1,60	0,88	1	1	0	0	0	0,0003	0,0022
12/7	1,004	0,226	1,013	2890	1,60	0,81	1,522	0,725	0,183	0,546	-0,957	0,0003	0,0016

Продолжение табл. П.14

Марка пороха	$f$ , МДж/кг	$\theta = \kappa - 1$	$\alpha_\kappa$ , дм <sup>3</sup> /кг	$T_i$ , К	$\delta$ , кг/дм <sup>3</sup>	$I_\kappa$ , МПа·с	$z_\kappa$	$\kappa_1$	$\lambda_1$	$\kappa_2$	$\lambda_2$	$\kappa_f$	$k_f$
12/7 В/А	1,016	0,222	1,007	2970	1,60	0,72	1,531	0,724	0,180	0,543	-0,932	0,00025	0,0016
12/1 УГ	0,399	0,193	0,540	1765	1,60	1,50	1	1	0	0	0	0,0007	0,0030
14/1тр В/А	1,019	0,224	1,008	2935	1,60	0,84	1	1	0	0	0	0,00025	0,0016
14/7	1,000	0,227	1,015	2865	1,60	0,96	1,535	0,728	0,174	0,541	-0,934	0,00030	0,0016
14/7 В/А	1,013	0,224	1,010	2935	1,60	0,83	1,553	0,725	0,173	0,539	-0,903	0,00025	0,0016
14/7 БП	0,904	0,255	1,098	2375	1,60	1,38	1,525	0,731	0,174	0,542	-0,953	0,00030	0,0022
15/1 тр В/А	1,019	0,222	1,005	2970	1,60	0,91	1	1	0	0	0	0,00025	0,0016
15/7	1,010	0,225	1,010	2915	1,60	0,93	1,541	0,730	0,170	0,539	-0,924	0,00030	0,0016
16/1 тр	1,004	0,225	1,012	2895	1,60	1,13	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
16/1 тр В/А	1,015	0,224	1,009	2940	1,60	1,04	1	1	0	0	0	0,00025	0,0016
17/7	1,000	0,227	1,016	2870	1,60	1,16	1,533	0,753	0,141	0,529	-0,937	0,00030	0,0016
18/1 тр	1,008	0,223	1,006	2935	1,60	1,10	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
18/1 тр БП	0,911	0,253	1,091	2410	1,60	1,53	1	1	0	0	0	0,00030	0,0022
22/1 тр	0,998	0,227	1,018	2850	1,60	1,33	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
22/7	0,983	0,232	1,029	2755	1,60	1,53	1,501	0,749	0,155	0,537	-0,997	0,00030	0,0016

23/7	0,986	0,237	1,040	2780	1,60	1,67	1,501	0,7401	0,155	0,537	-0,997	0,00030	0,0016
28/1 тр	0,996	0,227	1,015	2850	1,60	1,32	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
37/1 тр	0,994	0,228	1,019	2825	1,60	2,48	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
НДТ-3 16/1	0,961	0,255	1,131	2525	1,54	1,29	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
НДТ-3 18/1	0,961	0,255	1,131	2525	1,54	1,46	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
НДТ-3 19/1	0,961	0,255	1,131	2525	1,54	1,54	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
НДТ-3 23/1	0,961	0,255	1,131	2525	1,54	1,86	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
НДТ-3 32/1	0,961	0,255	1,131	2525	1,54	2,59	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
НДТ-3 152/57	0,961	0,255	1,131	2525	1,54	2,44	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
ДГ-2 15/1	0,933	0,255	1,133	2370	1,52	1,34	1	1	0	0	0	0,00044	0,0022
ДГ-2 17/1	0,933	0,255	1,133	2370	1,52	1,52	1	1	0	0	0	0,00044	0,0022
ДГ-3 13/1	0,968	0,250	1,113	2505	1,52	1,075	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
ДГ-3 14/1	0,968	0,250	1,113	2505	1,52	1,15	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
ДГ-3 17/1	0,968	0,250	1,113	2505	1,52	1,39	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
ДГ-3 18/1	0,968	0,250	1,113	2505	1,52	1,48	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
ДГ-3 20/1	0,968	0,250	1,113	2505	1,52	1,64	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
ДГ-3 23/1	0,968	0,250	1,113	2505	1,52	1,89	1	1	0	0	0	0,00040	0,0022
ДГ-4 13/1	1,004	0,243	1,085	2655	1,52	0,90	1	1	0	0	0	0,00036	0,0022

Окончание табл. П.14

Марка пороха	$f$ , МДж/кг	$\theta = \kappa - 1$	$\alpha_s$ , дм <sup>3</sup> /кг	$T_i$ , К	$\delta$ , кг/дм <sup>3</sup>	$I_{ks}$ , МПа·с	$z_k$	$\kappa_1$	$\lambda_1$	$\kappa_2$	$\lambda_2$	$\kappa_f$	$k_f$
100/56	0,984	0,232	1,031	2760	1,60	1,521	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
100/70	0,990	0,231	1,027	2795	1,60	1,160	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
130/50	0,983	0,233	1,034	2750	1,60	1,84	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
130/58 БП	0,893	0,259	1,110	2320	1,60	2,33	1	1	0	0	0	0,00030	0,0022
152/57	0,990	0,232	1,030	2785	1,60	2,47	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
152/57 Ш	0,990	0,232	1,030	2785	1,60	1,83	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
152/57 БП	0,889	0,260	1,114	2295	1,60	1,82	1	1	0	0	0	0,00030	0,0022
180/57	0,970	0,237	1,043	2670	1,60	1,73	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
180/57 БП	0,875	0,263	1,119	2240	1,60	2,5	1	1	0	0	0	0,00030	0,0022
180/57 ШЗ БП	0,940	0,203	0,907	2660	1,60	1,4	1	1	0	0	0	0,00030	0,0022
180/60	0,981	0,238	1,040	2730	1,60	2,70	1	1	0	0	0	0,00030	0,0016
НДТ-2 16/1	0,922	0,262	1,156	2370	1,54	1,42	1	1	0	0	0	0,00044	0,0022
НДТ-2 19/1	0,922	0,262	1,156	2370	1,54	1,69	1	1	0	0	0	0,00044	0,0022
НДТ-2 25/1	0,922	0,262	1,156	2370	1,54	2,2	1	1	0	0	0	0,00044	0,0022
НДТ-2 130/50	0,922	0,262	1,156	2370	1,54	1,90	1	1	0	0	0	0,00044	0,0022
НДТ-2 152/57	0,922	0,262	1,156	2370	1,54	1,90	1	1	0	0	0	0,00044	0,0022

ДГ-4 14/1	1,004	0,243	1,085	2655	1,52	1,05	1	1	0	0	0	0,00036	0,0022
Дг-4 15/1	1,004	0,243	1,085	2650	1,52	1,12	1	1	0	0	0	0,00036	0,0022
НДГ-5	1,094	0,233	1,034	3055	1,52	-	1	1	0	0	0	0,00030	0,0022
НДГ-6	1,125	0,228	1,012	3235	1,52	-	1	1	0	0	0	0,00030	0,0022
НБ	1,164	0,209	0,953	3645	1,52	-	-	-	-	-	-	0,00030	0,0022
АПЦ-235П 16/1	1,101	0,250	1,020	3060	1,63	1,14	1	1	0	0	0	0,00030	0,0022
БНГ-1355 25/1	1,125	0,223	0,995	3328	1,63	1,26	1	1	0	0	0	0,00030	0,0022
МАП-1 23/1	1,259	0,257	1,120	3300	1,65	1,18	1	1	0	0	0	0,00030	0,0022
УГ-1	0,391	0,197	0,534	1690	1,60	1,35	1	1	0	0	0	0,0007	0,0030
УГ-2	0,391	0,197	0,534	1695	1,60	2,71	1	1	0	0	0	0,0007	0,0030
УГФ-1	0,401	0,191	0,540	1795	1,60	1,34	1	1	0	0	0	0,0007	0,0030
Сг	0,544	0,334	1,325	1300	1,60	-	1	1	0	0	0	0,0007	0,0030
ДРП	0,260	0,220	0,600	2427	1,70	0,10	1	1	0	0	0	0,001	0,003
КЗДГ	0,260	0,220	0,600	2427	1,70	0,10	1	1	0	0	0	0,002	0,003
Флегматизатор	-3,000	0,3	1,160	-	1,60	-	1	1	0	0	0	0,0005	0,0022
Свинцовая проволока	0	0	0	0	11,35	0,10	1	1	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	0	0	0	2,30	0,10	1	1	0	0	0	0	0
АФ-30	0	0	0	0	1,60	-	1	1	0	0	0	0	0

Таблица П.15

## Характеристики отечественных артиллерийских выстрелов

Калибр, мм	Тип снаряда	Индекс выстрела	Масса выстрела, кг	Масса снаряда, кг	Метательный заряд		Масса гильзы, кг	Наполнение снаряда, кг	Тип взрывателя
					Масса, кг	Форма пороха			
57	БТ	53-УБР-271М	6,3	2,86	1,54	14/7	1,88	0,013	МД-10
76	ОФ	53-УОФ-354М	8,98	6,12	1,08	9/7	1,55	0,621	КТМ-1У
76	ПБТ	53-УБР-354Н	6,4	4,48	1,4	9/7	1,55	-	-
76	К	53-УБК-354	9,7	6,43	0,86	9/7	1,55	0,440	ГПВ-2
85	ОФ	53-УО-365К	15,99	9,56	2,57	14/7, 18/1	3,75	0,741	КТМ-1У
85	К	ЗУБК1М	13,35	7,36	2,04	12/1, 11/7	2,85	0,935	ЗВ-10
100	ОФ	50УОФ-412ЖУ	26,74	15,9	2,25	9/7, 12/1	8,5	1,46	В-429
115	ОФ	ЗВОФ24	27,0	18,05	4,32+0,63 (сг)	16/1, 14/7	3,73 (под.)	2,79	ЗВ-21
115	ПБ	ЗВБМ1	18,0	5,35	7,4+1 (сг)	14/1	3,73 (под.)	-	-
115	ПБ	ЗУБМ13	24,0	6,7	8,1	12/7	8,45	-	-
122	ОФ	ЗВОФ20	40,8	24,9	6,82 (пер.)	19/1	8,45	3,35	В-429
122	ПБ	ЗВБМ4	22,7	9,73	9,1+1,13 (сг)	16/1, 14/7	4,15 (под.)	-	-
125	ОФ	ЗВОФ22	33,0	23,22	5,0+0,41 (сг)	15/1, 12/7	3,4 (под.)	3,15	В-429Е
125	ПБ	ЗВБМ13	20,43	6,94	8,2+0,42 (сг)	16/1	3,4 (под.)	-	-
130	ОФ	ЗВОФ11	59,1	33,27	13,0 (пер.)	23/1	11,35	3,0	АР-30
152	ОФ	ЗВОФ13	48,0	40,13	3,49 (пер.)	12/7, 6/1	4,63	5,43	АР-30
203	Ф	53-ВФ-625Д	115,0	100,7	15,6 (пер.)	17/7	-	15,53	РГМ-2

П р и м е ч а н и е : БТ – бронебойно-травсирующий; ПБТ – подкалиберный бронебойно-травсирующий; ОФ – осколочно-фугасный; К – кумулятивный; ПБ – подкалиберный бронебойный; сг – сгораемая гильза; под. – поддон; пер. – переменный заряд.

Таблица П.16

Боеприпасы автоматической артиллерии<sup>1)</sup>

Характеристика боеприпасов	Калибр, мм														
	20			23		25		27	30				35	40	
	×102 <sup>3)</sup>	×128 <sup>4)</sup>	×139 <sup>4)</sup>	AM-23 <sup>5)</sup>	VЯ-23 <sup>6)</sup>	×137 <sup>7)</sup>	×184 <sup>8)</sup>	×145B <sup>9)</sup>	×113B <sup>10)</sup>	×150B <sup>10)</sup>	2A42 <sup>12)</sup>	×170	×173 <sup>13)</sup>	×228 <sup>14)</sup>	365R <sup>15)</sup>
Масса патрона, $m_p$ , г	250	324	337	322	452	500	625	516	495	525	835	904	890	1565	2420
Масса снаряда, $q$ , г	102	125	126	174	174	180	230	260	237	275	391	357	363	535	870
Масса заряда, $\omega$ , г	42	53	53	34	77	85	—	84	48	—	123	152	156	340	470
Длина гильзы, $l_g$ , мм	102	128,7	138,5	115	151,2	137	184	143	113	150	165	170	173	22§	365
Длина патрона, $l_p$ , мм	175	203	213	200	237	223	288	243	200	246	292	285	290	387	534
Начальная скорость, $V_0$ , м/с	1030	1050	1100	720	970	1100	1160	1050	805	1025	970	1080	1080	1175	1030
Дульная энергия, $E_0$ , кДж	53,5	66,1	72,6	52,1	89,4	108,9	154,7	137,8	80	144	184	203	211	370	470
Эффективная дальность, $D_e$ , м	1500	2000	2000	2000	2500	2500	3000	2500	2000	2500	2500	3000	3300	4000	4500
Тип КВ <sup>2)</sup>	Э	Э,У	У	У	У	У	У	У	Э	Э	Э	Э,У	Э	Э,У	Э

П р и м е ч а н и я : 1) На Западе принято цифровое обозначение БП: калибр × длина гильзы (напр. 20×120). В табл. дана 2-я часть обозначения. Отечественные БП обозначаются первой системой, на которой данный тип БП использовался. 2) "Э" – электровоспламенение; "У" – ударный капсюль-воспламенитель. 3) Разработан в США для системы "Vulcan". 4) Разработаны швейцарской фирмой "Эрликон". 5) Основной авиационный 23-мм БП. 6) Используется на ЗУ (ЗУ-23) и ЗСУ ("Шилка"). 7) Стандартизирован в НАТО. 8) Разработан фирмой "Эрликон". БЧ с добавкой циркония. 9) Разработан в ФРГ. Используется на одной системе ВК-27. 10) Самый маломощный 30-мм БП. Используется с 40-х годов на системах ADEN и DEFA. 11) Разработан во Франции и используется только на французских системах. 12) Основной 30-мм БП. Используется на всех типах автоматов. 13) Разработан фирмой "Эрликон". БП на основе ВВ "Торпекс" с высоким зажигательным и осколочным эффектом. 14) Разработан фирмой "Эрликон". Стандартизирован в НАТО. 15) Разработан шведской фирмой "Бофорс". Стандартизирован в НАТО. На снаряде впервые использованы неконтактные взрыватели (РГНЕ).