

ГЛАВА VIII

МЕХАНИЗМЫ ОТКРЫВАНИЯ И ЗАКРЫВАНИЯ КАНАЛА СТВОЛА

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ

Механизмы открывания и закрывания канала ствола служат для подготовки и обеспечения процесса перезаряжания оружия.

Механизмы открывания и закрывания канала ствола — это совокупность деталей, обеспечивающих доступ к каналу ствола после его отпирания и ограничивающих доступ перед его запирающим.

Основной деталью механизма открывания и закрывания канала ствола, так же как и в механизме отпирания и запираения канала ствола, является *затвор*.

Открывание и закрывание канала ствола заключается в смещении затвора относительно казенного среза ствола для подачи очередного патрона в патронник.

Механизмы отпирания и запираения, открывания и закрывания теснейшим образом связаны между собой, так как в своем составе содержат, в основном, одну и ту же совокупность деталей, все операции выполняют под воздействием одних и тех же сил и протекают эти операции в одних и тех же условиях.

Операции отпирания и открывания,

закрывания и запираения, в зависимости от типа затвора, могут протекать одновременно (качающийся, клиновый, крановый и свободный затворы) или разделяться во времени (скользящие затворы), когда запирающему предшествует операция закрывания канала ствола, а операции открывания канала ствола — операция отпирания.

Устройство механизма отпирания и запираения канала ствола зависит от типа затвора и типа автоматики.

В неавтоматическом оружии используются все типы затворов, за исключением свободного затвора, и операции открывания и закрывания канала ствола осуществляются под воздействием мускульной силы стрелка при неподвижном стволе.

В автоматическом оружии применяется только скользящий затвор, поэтому для операции открывания канала ствола используется сила давления пороховых газов, воздействующих:

- либо через дно гильзы на затвор;
- либо через боковое отверстие в канале ствола на поршень в газовой ка-

море, имеющем постоянную или временную связь с затворной рамой.

Операция закрывания канала ствола осуществляется за счет энергии сжатой возвратной пружины.

Операции открывания и закрывания ствола осуществляются как при неподвижном стволе, так и в стволе, осуществляющем короткий или длинный ход.

В зависимости от характера движения затвора механизмы открывания и закрывания канала ствола можно разделить на следующие группы:

- с качающимся затвором;
- с клиновым затвором;
- с вращающимся затвором;
- со скользящим затвором.

Механизм с качающимся затвором

Качающийся затвор обеспечивает открывание и закрывание канала ствола путем качания затвора относительно оси канала ствола.

Особенность этого механизма заключается в том, что затвор имеет небольшое перемещение, а операции открывания и закрывания канала ствола осуществляются одновременно с отпиранием и запирающим канала ствола. Он выполняет только указанные операции. Для подачи патронов в патронник и для экстракции и отражения стреляных гильз используются специальные механизмы, связанные с движением других звеньев, что значительно усложняет конструкцию оружия. Поэтому они не используются в автоматическом оружии. Известен только один случай применения такого механизма — пулемет Мадсена.

Механизм с клиновым затвором

Клиновый затвор обеспечивает открывание и закрывание канала ствола путем прямолинейного поступательного движения в направлении, перпендикулярном оси канала ствола с одновременным отпиранием и запирающим канала ствола.

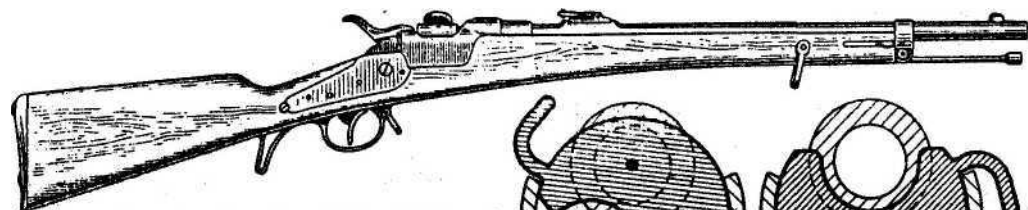
Механизм открывания и закрывания канала ствола, созданный на базе клинового затвора, обладает теми же достоинствами и недостатками, что и механизм, выполненный на базе качающегося затвора.

В связи с тем, что клиновый затвор не обеспечивает работу механизмов перезаряжания, он в автоматическом оружии применяется редко. Наиболее часто он используется в полуавтоматическом оружии, так как позволяет сравнительно просто осуществить полуавтоматику копирного типа, обеспечив автоматическое открывание канала ствола, отпирание и открывание затвора с удалением гильзы из патронника (каморы).

Механизм с вращающимся (крановым) затвором

Вращающиеся (крановые) затворы позволяют создать механизм, который обеспечивает открывание и закрывание канала ствола за счет своего вращения вокруг оси параллельной (перпендикулярной) оси канала ствола с одновременным обеспечением запираения и отпирания канала ствола.

Механизм открывания и закрывания канала ствола, созданный на базе кранового затвора, обладает теми же дос-



Карбин Верндля 1873—1877 гг.
и схема работы его затвора



Автоматический
пистолет системы
Ознобищева обр. 1925 г.

тоинствами и недостатками, что и два предыдущих механизма.

• Крановые механизмы открывания и закрывания канала ствола применялись в прошлом в неавтоматическом оружии, например в винтовке и карабине Верндля. В автоматическом использован только в пистолете Ознобищева. В современном автоматическом и полуавтоматическом оружии не применяется.

2. МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Механизм со свободным затвором

При использовании в образце оружия свободного затвора механизм отпирания и запираания канала ствола и механизм открывания и закрывания канала ствола работают одновременно.

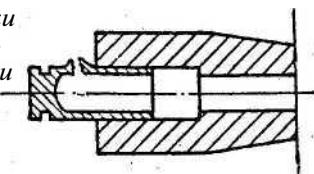
Механизм со скользящим затвором

Механизм обеспечивает открывание и закрывание канала ствола путем прямолинейного поступательного движения затвора вдоль оси канала ствола. Затвор при этом совершает большие перемещения и используется как основная ведущая сила в автоматическом оружии для приведения в действие других механизмов автоматики (подачи патронов в патронник, экстракции и удаления стреляных гильз), что позволяет обеспечить наибольшую простоту оружия. Механизмы со скользящим затвором имеют широкое распространение в современном автоматическом и неавтоматическом оружии.

В этом случае отпирание и открывание канала ствола, так же как закрывание и запираание канала ствола, совпадают по времени. Работа такого затвора описана в главе VII.

Условием нормального функционирования механизма является подбор массы затвора и силы возвратной пружины

Прорыв стенки
гильзы поро-
ховыми газами



(с учетом сил трения), чтобы они обеспечивали такую скорость открывания канала ствола, при которой гильза не успевает выйти из патронника своей утонченной частью, дабы избежать возможного прорыва газов через стенки гильзы.

Поэтому заранее задаются величиной отхода затвора за то время, пока пуля покинет канал ствола, и подбирают массу затвора по зависимости

$$Q = \frac{q + 0,5\omega}{x_1} L,$$

где q — вес пули; ω — вес заряда; L — длина нарезной части; Q — вес затвора; x_1 — путь затвора (величина выхода гильзы и канала ствола).

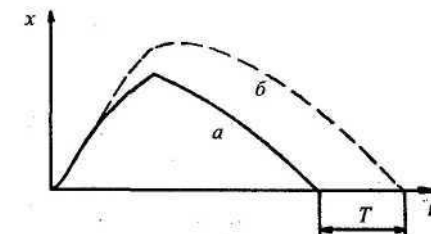
Чем больше масса затвора, тем меньше его отход и меньше выход гильзы.

Для примера возьмем пистолет, который имеет нарезную часть $L=100$ мм, вес пули $q=5,52$ г, вес заряда $\omega=0,53$ г, дадим величину отхода для затвора $x_1=2,4$ м и попытаемся определить ту массу затвора, которая нам это обеспечит:

$$Q = \frac{5,52 + 0,5 \cdot 0,53}{2,4} \cdot 100 \approx 240 \text{ г},$$

Анализ и подбор характеристик такого затвора облегчают так называемые велограммы. Строятся они следующим образом: по оси JS откладывается путь затвора, а по оси y время движения t .

На этой странице представлены в лосимметрические кривые для двух за-



Велограммы движения свободного затвора:
 a — ударяющегося в заднем положении;
 b — с полным поглощением энергии
отдачи возвратной пружиной

творов: ударяющегося в заднем положении (вершина графика) и не достигающего упора, так как в этом случае энергия отдачи полностью поглощается возвратной пружиной.

Анализ показывает, что первый вариант обеспечивает меньшую длину хода затвора, меньше время цикла на величину T , а это дает более высокий темп стрельбы. И еще, этот вариант обеспечивает меньшую длину ствольной коробки, а следовательно, и оружия. С другой стороны, сильные удары затвора в переднем и заднем положениях приводят к значительному колебанию оружия, что увеличивает рассеивание. Здесь нужно идти на все тот же компромисс.

Механизм со свободным стволом

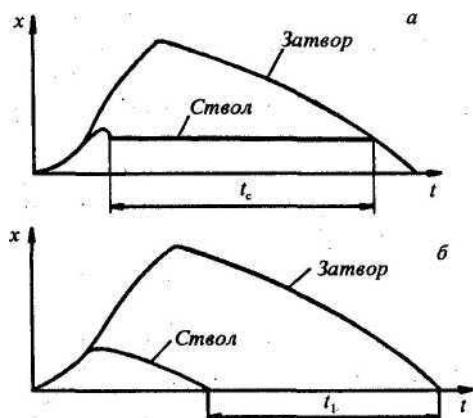
В этом случае, как и в механизме со свободным затвором, операции отпирания и открывания канала ствола, закрывания и запираания канала ствола практически совпадают по времени. Работа механизма описана в главе VII.

Главной задачей при разработке этого механизма является подбор такого

веса ствола и силы возвратной пружины (с учетом всех сил трения), чтобы выход гильзы из патронника утонченной. Часть осуществлялся после того, как пуля покинет канал ствола. В противном случае может возникнуть прорыв стенок гильзы за счет наличия высокого давления пороховых газов в канале ствола.

Механизм с полусвободным затвором (коротким ходом ствола)

Все случаи использования полусвободного затвора в автоматическом оружии для запираания и отпираания канала ствола были рассмотрены в главе VII. Напомним, что полусвободный затвор — это затвор, который находится в зацеплении со стволом до того, пока пуля не покинет канал ствола. Во время выстрела ствол, сцепленный с затвором, перемещается назад до момента, пока



Велограммы движения автоматики систем с коротким ходом ствола: а — ствол задерживается в заднем положении; б — ствол не задерживается в заднем положении

пуля не покинет канал ствола. После этого происходит расцепление ствола с затвором и ствол останавливается, проделав короткий ход. После остановки ствол либо возвращается в исходное положение под действием своей возвратной пружины, либо ждет подхода затвора и вместе с ним под действием его возвратной пружины возвращается в исходное положение (см. велограммы, где t — когда движется только один затвор, а 4 — время движения ствола).

В момент расцепления ствола с затвором происходит отпираание канала ствола. Далее ствол движется под действием силы остаточного давления пороховых газов и сил инерции. Под действием этих сил происходит открывание канала ствола, удаление стреляной гильзы и окончательное сжатие возвратной пружины.

В том случае, когда сил инерции не хватает для полного открывания канала ствола, используются различного типа ускорители.

Так как вес ствола больше веса затвора, то он имеет и большую кинетическую энергию, полученную от пороховых газов. Ствол завершает короткий ход и затрачивает свою энергию в основном на удар в заднем положении.

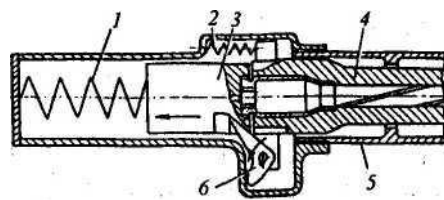


Схема оружия с коротким ходом ствола: 1 — возвратная пружина затвора; 2 — возвратная пружина ствола; 3 — затвор; 4 — ствол; 5 — кожух; 6 — ускоритель

Затвор движется на большем пути и ему надо иметь большой запас энергии, кроме того, ему нужно извлечь гильзу из патронника и окончательно сжать возвратную пружину.

• Рычаг-ускоритель в момент расцепления затвора со стволом толкает затвора ускоряет его движение назад. Таким образом, ускоритель перераспределяет кинетическую энергию подвижных частей, отбирая часть энергии у ствола, и сообщает ее затвору, при этом скорость движения затвора увеличивается, а скорость движения ствола замедляется.

В личном оружии за счет соединения затвора с кожухом сочетание кожух—затвор имеет большую массу, чем масса ствола, а поэтому кинетической энергии у кожуха—затвора хватает для проведения всех операций.

Закрывание канала ствола осуществляется при помощи энергии сжатой возвратной пружины. Затвор, двигаясь под ее воздействием вперед, извлекает патрон из магазина, досылает в патронник, производит закрывание канала ствола с последующим его запираанием.

Отметим еще одну важную деталь. Момент расцепления затвора со стволом определяется конструкцией системы запираания. При этом надо иметь в виду, что чем раньше происходит открывание затвора, тем хуже условия экстрактирования гильзы, тем больше силы трения между соответствующими деталями запирающего механизма, что вызывает их сильное истирание. Из этих соображений более выгодно производить позднее открывание затвора.

С другой стороны, позднее открывание влечет понижение темпа стрельбы, так как затвор будет иметь меньшую

кинетическую энергию, а больший его ход увеличивает длину оружия. В силу вступает компромисс!

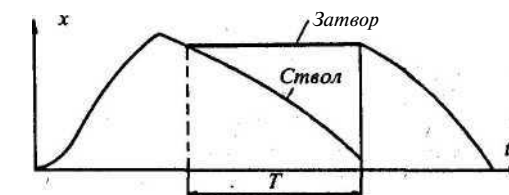
Механизм с длинным ходом ствола

При использовании в оружии длинного хода ствола для работы автоматической операции отпираания и открывания, закрывания и запираания канала ствола также разделены во времени.

Как было ранее установлено (глава VII), отпираание канала ствола выполняется в тот момент, когда сцепленные ствол и затвор достигают крайнего заднего положения и происходит их расцепление. Открывание канала ствола начинается с момента движения ствола вперед под действием своей сжатой возвратной пружины.

Закрывание канала ствола осуществляется сжатой возвратной пружиной затвора после того, как ствол займет исходное положение. Двигаясь вперед, затвор извлекает очередной патрон из магазина, досылает его в патронник, закрывает и запирает канал ствола.

На велограмме данного механизма T — «мертвое» время, когда затвор стоит в заднем положении, ожидая прихода ствола в исходное положение.



Велограммы движения автоматики систем с длинным ходом ствола

Оружие с отводом пороховых газов

Назначение и виды газоотводных устройств

Автоматическое оружие, работающее на принципе отвода пороховых газов через боковое отверстие в канале ствола, имеет широкое распространение.

За счет отвода части пороховых газов обеспечивается работа как механизмов отпирания и запирания канала ствола, так и механизмов открывания и закрывания канала ствола. *Газоотводное устройство* иногда называют *газоотводным двигателем*.

Газоотводное устройство может располагаться как сверху ствола, так и под ним. Его основу составляет га-

зовая камера (встречается название «камера»).

Основными деталями газоотводного устройства, обеспечивающего работу автоматики, являются газовая камера; поршень; шток (тяги) и затворная рама.

Газовая камера — это деталь, обеспечивающая направление пороховых газов на поршень.

По конструктивному оформлению газоотводные устройства чрезвычайно разнообразны и могут различаться конструкцией газопровода, способом регулирования интенсивности газов на поршень, направлением движения поршня, связью поршня с ведущим звеном автоматики, числом камер, в которые поступает газ.

По конструкции газопровода газоотводные устройства бывают:

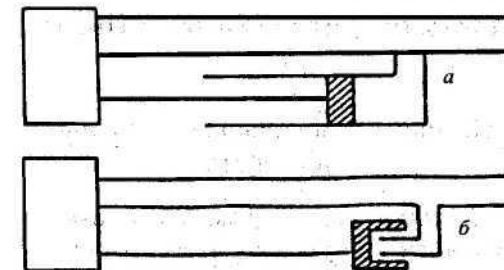
- с длинным газопроводом (камера располагается на некотором расстоянии от газоотводного отверстия; американская винтовка М-16);
- с коротким газопроводом (камера находится непосредственно около газоотводного отверстия).

По углу наклона газопровода газоотводные устройства разделяют на:

- имеющие наклон 90° (пулеметы Дегтярева ДП, СГМ, ПК и др.);
- имеющие наклон более 90° (снайперская винтовка Драгунова СВД, автомат Калашникова).

По способу воздействия газов на поршень различают газоотводные устройства с:

- газовой камерой, у которой поршень входит внутрь камеры. В данном случае газовая камера позволяет осуществить хорошую обтюрацию пороховых газов за счет подгонки поршня к стенкам камеры с небольшим зазором и размещением на поршне круговых расширительных канавок;
- газовой камерой, у которой поршень находит на стенку патрубка газовой камеры. В этой конструкции должен быть зазор между стенками патрубка и внутренней поверхностью поршня, обеспечивающий утыкание краев поршня в торец патрубка вследствие вибрации тяги с поршнем. Зазор вызывает постепенное выгорание соответствующих поверхностей ввиду прорыва пороховых газов, что влечет увеличение зазора и ослабляет работу системы. Кроме того, эта конструкция требует наличия зазора *a* между срезом патрубка и дном поршня. Чем больше этот зазор, тем меньше скорость поршня, что может



Варианты исполнения поршня газоотводного устройства:
а — поршень входит внутрь газовой камеры; б — поршень находит на стенку патрубка газовой камеры



Зазор между срезом патрубка и дном поршня

быть объяснено изменением условий расширения пороховых газов. Минимальный зазор, как показывает практика, должен быть около 1 мм. Это обеспечивает функционирование при наличии нагара и загрязнения, вызывающих неход поршня.

По способу регулирования интенсивности действия газа на поршень существуют газоотводные устройства:

- с изменением площади сечения газопровода. Здесь в качестве регулятора выступает патрубок, имеющий несколько отверстий различного диаметра. При повороте патрубка можно совместить ось любого отверстия с осью газопровода. Такая система используется, например, в пулеметах Дегтярева, Горюнова СГМ, Калашникова и др.;
- с изменением начального объема газовой камеры. Этот способ, как пра-

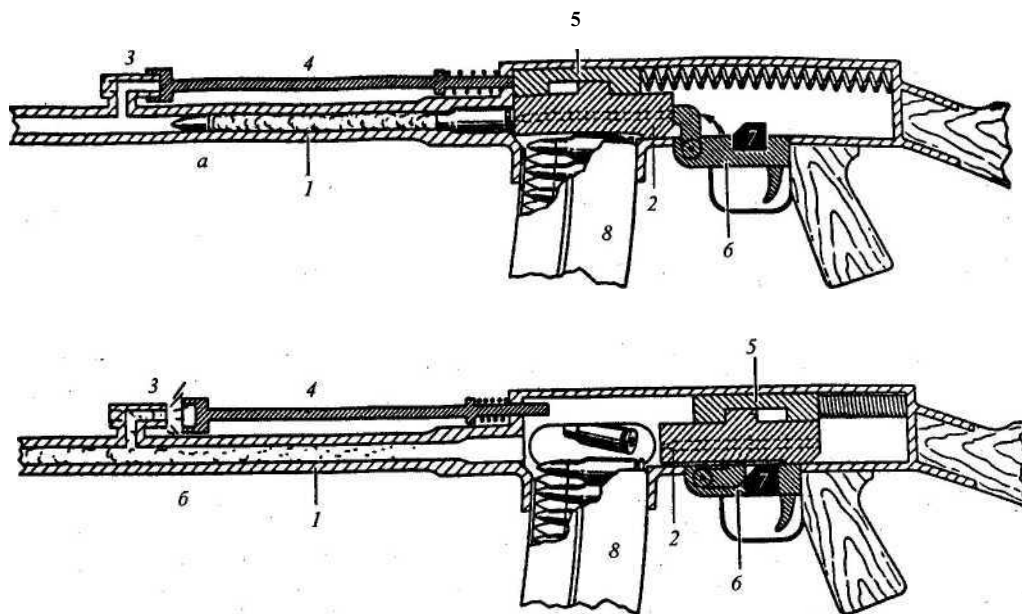
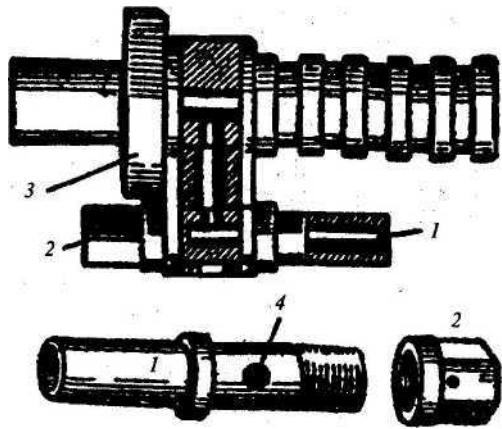


Схема работы автоматики оружия с отводом пороховых газов:

а — момент выстрела; б — подвижные части в заднем положении; 1 — ствол; 2 — затвор; 3 — газовая камера; 4 — поршень со штоком; 5 — запирающее устройство; 6 — ударно-спусковой механизм; 7 — разобщающее устройство; 8 — магазин

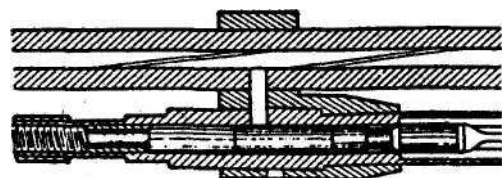


Конструкция газоотводного устройства, регулирование давления газов в котором осуществляется изменением площади сечения газопровода:

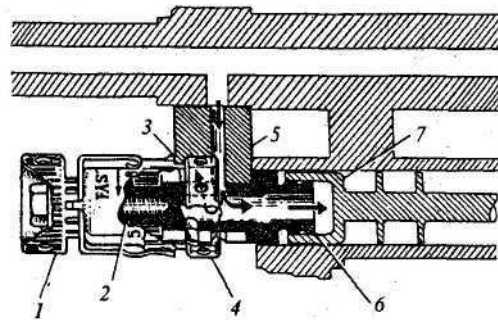
1 — регулятор; 2 — гайка; 3 — шайба; 4 — газоотводное отверстие

вило, используется в газовых камерах, у которых поршень входит вовнутрь камеры. Увеличение объема камеры приводит к расширению газов, что ослабляет их действие на поршень (пулемет Гочкиса; внутренний объем газовой камеры в нем регулируется за счет ввинчивания или вывинчивания регулятора в передний патрубок газовой камеры);

- со сбросом газа из камеры в атмосферу (пулемет MAG; у него имеется регулировочная муфта с отверстиями, через которые выходят излиш-



Конструкция газовой камеры пулемета Гочкиса



Газовый регулятор пулемета MAG:
1 — регулировочная втулка; 2 — винт подачи; 3 — обойма; 4 — выпускное кольцо; 5 — входной патрубок; 6 — газовая муфта; 7 — газовый поршень

ки пороховых газов. Когда возникает необходимость повысить давление пороховых газов для преодоления трения, возникающего от загрязнения и т.п., поворотом регулятора перекрывают на некоторую величину выходные отверстия муфты.

По направлению движения поршня газоотводные устройства различают:

- с движением поршня вперед (пулемет Сент-Этьена);
- с движением поршня назад (этот способ использован в основной массе стрелкового оружия).

По связи поршня с подвижными деталями автоматики (затворной рамой) газоотводные устройства бывают:

- с постоянной связью поршня с затворной рамой в течение всего хода подвижной части. Подвижные части



Поршень и затворная рама автомата Калашникова представляют собой единую деталь

газоотводного устройства образуют единую деталь. При работе они совершают длинный ход поршня (оружие Калашникова и станковый пулемет Горюнова СГМТ);

- с непостоянной связью через промежуточную деталь (толкатель) на все время действия пороховых газов или только давая толчок подвижной частям автоматики (винтовка Дегтярева СВД и карабин Симонова СКС). Конструкция затворной рамы с непостоянной связью позволяет уменьшить вибрацию оружия при стрельбе, что особенно важно для оружия точного боя.

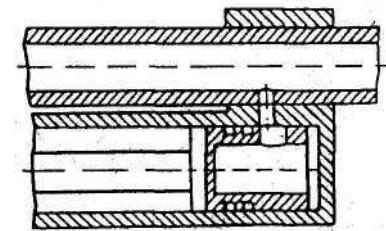
По продолжительности газовой камеры со стволом газоотводные устройства различают:

- со связью в течение всего рабочего процесса. Такая связь у большинства автоматического оружия;
- с отсечкой газа в процессе работы (американский пулемет М-60).

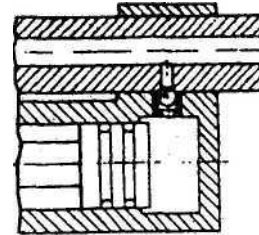
Применение отсечки повышает плавность набора скорости ведущим звеном автоматики, но усложняет конструкцию газоотводного устройства, обработку и эксплуатацию системы.

Существуют два способа отсечки газа:

- поршневая отсечка газа. Такое газоотводное устройство просто по конструкции и удобно в эксплуатации, но требует более тщательной отладки из-за возможности большого разброса максимальных скоростей поршня.
- клапанная отсечка газа. Это газоотводное устройство конструктивно сложнее и прихотливо в эксплуатации, так как требует регулярной чистки газовых путей и специального инструмента для этого.



Газоотводные устройства с поршневой (вверху) и клапанной отсечкой газов



По числу газовых камер газоотводные устройства подразделяются на:

- однокамерные;
- многокамерные.

Схемы газоотводных устройств могут быть чрезвычайно разнообразны. Одна из таких схем приведена на рисунке. В этой конструкции поршень, связанный с автоматикой и имеющий большой диаметр, при отходе назад перекрывает газоотводное отверстие и отсекает газ, который поступает в газовую камеру.

В авиационной пушке АО-9 применяется схема с двумя газовыми камерами и соответственно с двумя рабочими поршнями.

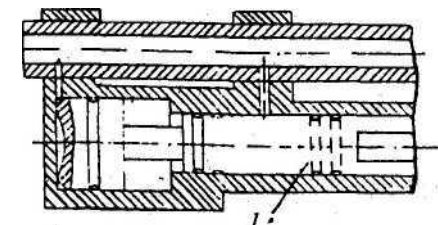


Схема двухкамерного газоотводного устройства с поршневой отсечкой и одним рабочим поршнем (1)

Работа газоотводного устройства

Перед выстрелом поршень находится в газовой камере (либо на патрубке газовой камеры). Со стороны патронника ствол прочно запирается затвором.

Во время выстрела пуля под действием пороховых газов движется по каналу ствола; как только она минует газовое отверстие, часть газов устремится через это отверстие в газовую камеру, надавит на поршень и отбросит затворную раму назад. Пока пуля в стволе, затвор не отпирается, это обеспечивает свободный ход затвора.

После вылета пули затворная рама, отходя назад, передним скосом фигурного паза действует на затвор, который отпирает канал ствола, открывает его, извлекает стреляную гильзу, осуществляет ее удаление и сжимает возвратную пружину.

После своего освобождения затворная рама вместе с затвором под действием возвратного механизма подается

вперед; затвор выталкивает из магазина на верхний патрон, досылает его в патронник, закрывает и запирает канал ствола.

А теперь посмотрим, что происходит в это время в газовой камере.

Газ начинает поступать в камеру с момента прохождения пулей газоотводного отверстия. Давление в камере быстро нарастает, и поршень начинает двигаться с возрастающей скоростью. Так как давление в стволе все время падает (см. главу III), а объем камеры возрастает, рост давления в камере замедляется и в некоторый момент давление достигает максимального значения.

Однако последующее падение давления в камере происходит медленнее, чем в стволе. Вследствие этого давление в стволе у отверстия и в камере сравниваются (на графике это точка пересечения кривых $P^*(t)$ и $P_k(0)$), затем давление в камере остается все время больше давления в стволе. Происходит обратное истечение из камеры в ствол. Время работы устройства от момента открытия газоотводного отверстия до момента сравнения давлений называется *периодом наполнения*.

Время от конца периода наполнения до конца рабочего процесса называется *периодом обратного истечения*.

При заданной кривой давления $P(t)$ нарастание скорости поршня $V(t)$ будет тем плавнее, чем позже наступит период обратного истечения.

Исследования показывают, что основное влияние на положение начала периода обратного истечения играет относительная масса поршня:

$$Z = \frac{m_n}{S_n}$$

где S_n — площадь поперечного сечения v_n поршня; m_n — масса поршня.

При увеличении относительной массы поршня влияние периода обратного истечения возрастает, максимальное давление в камере P_k увеличивается, а максимальная скорость поршня V_a уменьшается по закону, характер которого виден из приведенного графика.

С увеличением относительной массы поршня значение $V_{нк}$ уменьшается, уменьшаются и энергетические возможности газоотводного устройства (кривые $V_n = /, 3 (SJ)$).

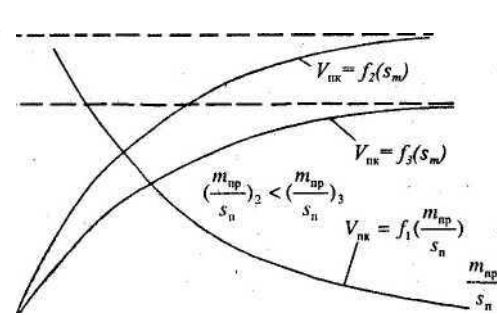
Угол отклонения газопровода (угол между направлением скорости пули и осью газопровода на входе) может существенно влиять на поступление газа и энергии в камеру в период наполнения. Однако величина предельной скорости поршня при этом практически не изменяется. Поэтому необходимую величину максимальной скорости поршня можно получить при любых углах отклонения.

При увеличении начального объема камеры $W\&$, с помощью которого можно регулировать плавность нарастания скорости поршня, максимальная скорость поршня несколько уменьшается, но характер нарастания скорости во времени значительно меняется.

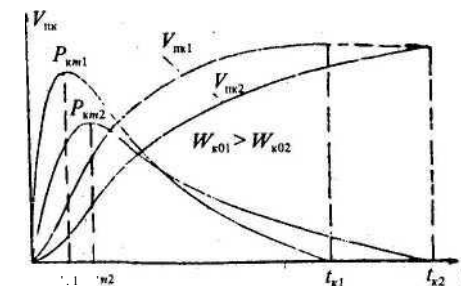
При применении отсечки обратное истечение, начиная с некоторого момента, приостанавливается, падение в камере замедляется и растягивается по времени, как и нарастание скорости поршня.

Достоинства газоотводного устройства:

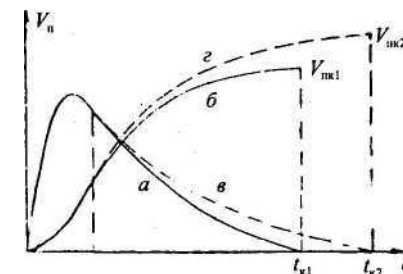
- обладает большими энергетическими возможностями



Зависимости $V_n = /, (- ^)$ и $V_{нк} = f_{2,3}(sJ$

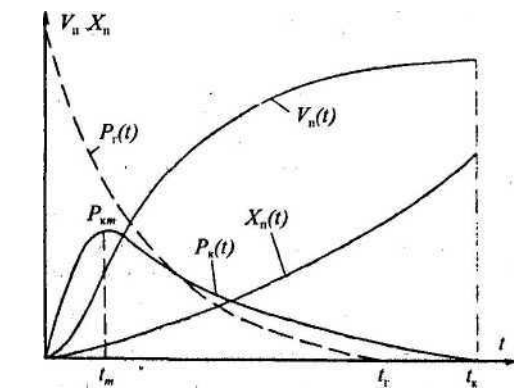


Графики давления в камере и скорости поршня при различных объемах камеры



Графики давления в камере и скорости поршня для обычного газоотводного устройства (а, б) и для устройства с отсечкой газа (в, г)

- позволяет обеспечить надежную работу автоматики в затрудненных условиях эксплуатации (запыление, дождь, высокая влажность воздуха) и при различных температурных условиях стрельбы;



Графики изменения основных параметров рабочего процесса бокового газоотводного устройства:

$P(t)$ — давление в камере; $V(t)$ — скорость поршня; $X_n(t)$ — путь поршня

- дает возможность осуществить самые разнообразные конструктивные варианты автоматики;
- дает возможность регулировать скорости ведущего звена, связанного с поршнем.

Расчет движения автоматики под действием пороховых газов канала ствола заключается в определении скорости и пути поршня в функции времени.

Точный расчет движения ведущего звена, а следовательно и автоматики в целом, на участке работы газоотводного устройства может быть произведен совместным решением основного уравнения динамики с системой уравнений, описывающих рабочий процесс в газоотводном устройстве.

Для расчета бокового газоотводного устройства решается система рабочего процесса, состоящая из уравнения энергии, уравнения сохранения вещества, уравнения состояния и уравнения движения поршня.

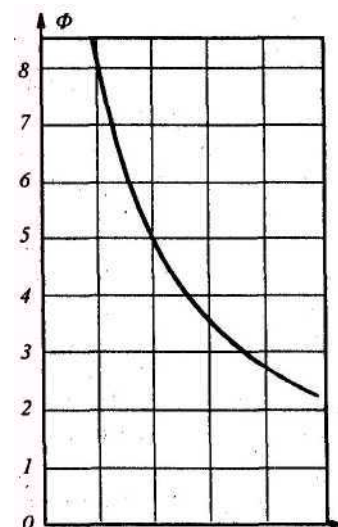


График зависимости коэффициента Φ от A

Желающих ознакомиться с этим вопросом отсылаем к трудам [30,47,48,86].

Помимо точного расчета существуют прикидочные.

Для примера приведем один из существующих способов прикидочного расчета движения частей автоматики, основанный на принципе отвода пороховых газов из канала ствола, предложенный А. А. Благодравовым [9], отбросив высшую математику.

Академик Благодравов, используя теорию истечения газа, дает расчетную формулу для определения полного импульса, сообщаемого пороховым газом подвижным частям автоматики в зависимости от диаметра газоотводного отверстия и места его расположения с учетом баллистических характеристик оружия:

$$MV = 2k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \cdot A \Phi \left[\frac{\Phi q}{g} (v_0 - v_k) + 0,8 \frac{\beta \omega}{g} v_0 \right],$$

где M — масса подвижных частей автоматики; V — наибольшая скорость подвижных частей автоматики; k — показатель адиабаты; Φ — коэффициент фиктивности массы пули; q — вес пули; g — ускорение; v_0 — начальная скорость пули; v_k — скорость пули у газоотводного канала; β — коэффициент последствия пороховых газов; ω —

вес заряда; $A = \frac{\omega}{\omega_0}$ — отношение площади поперечного сечения газоотводного отверстия к площади поперечного сечения канала ствола; Φ — эмпирический коэффициент, зависящий от условий расширения газов в газовой камере и от A .