

ГЛАВА VI СТВОЛЫ

1. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО СТВОЛА

Ствол стрелкового оружия — это самая важная и ответственная деталь, непосредственно в которой происходит сгорание порохового заряда и активным действием пороховых газов пуле сообщается заданная начальная скорость в желаемом направлении. Поэтому ствол требует особой тщательности при проектировании и изготовлении.

Сочетание ствола и патрона определяет баллистические качества оружия. Проектирование ствола осуществляется по законам баллистики.

Ствол — это деталь, конструктивно выполненная в виде специальной трубы определенного размера и внутреннего диаметра, которая предназначена для:

- задания пуле требуемого направления полета;
- придания пуле вращательно-поступательного движения;
- сообщения пуле требуемой начальной скорости полета;
- обеспечения условий для полного сгорания порохового заряда.

Снаружи ствол имеет форму и вид, соответствующие конструктивным решениям конкретного типа стрелкового оружия и требованиям баллистики.

Внутренняя полость ствола называется *каналом ствола*.

Воображаемая прямая линия, проходящая посередине канала ствола, называется *осью канала ствола*.

Передняя часть ствола называется *дульной частью* и заканчивается *дульным срезом*.

Дульный срез — это кольцевая плоскость, перпендикулярная оси канала ствола.

Всякая неисправность оконечности канала ствола и дульного среза (заусеницы, задирины, помятость) чувстви-

тельно сказывается на кучности боя оружия. Для избежания этого явления дульному срезу придают определенную форму.

Задняя часть ствола называется *казенной частью* и заканчивается казенным срезом.

Казенный срез — это кольцевая плоскость, перпендикулярная оси канала ствола и прилегающая к затвору.

В устройстве канала ствола принято выделять: патронник; направляющую или ведущую часть; соединительный конус или пультный вход.

Патронник — это задний участок канала ствола, в которой помещается патрон.

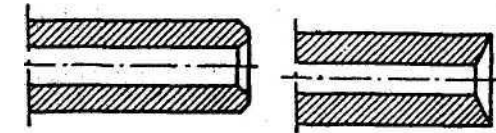
Форма и размеры патронника определяются формой и размерами гильзы используемого патрона.

Все размеры патронника как по диаметрам, так и по длине его участков должны обеспечивать входение патрона в патронник при возможных отклонениях размеров в пределах поля допуска и случаях некоторого запыления и загрязнения патронов и патронника. Диаметр патронника на любом участке d_n определяется по диаметру гильзы d_g с учетом необходимого начального зазора

где $D = 0,008 + 0,010$.

Обычно берут в пределах от 0,05 до 1 мм. Слишком большой зазор может привести к продольному разрыву гильзы.

Пультный вход — это участок внутренней поверхности канала ствола между патронником и ведущей частью ствола. Он соединяет патронник с направляющей частью канала ствола и служит



Форма дульного среза

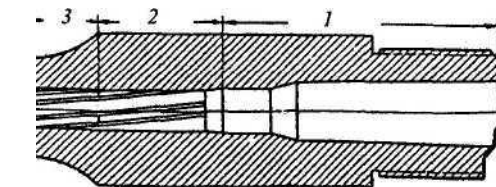
для обеспечения плавного вхождения пули в направляющую часть, а также врезания (форсирования) пули в нарезы нарезного ствола.

Его форма образуется одним или двумя усеченными конусами, один из которых гладкий, а другой имеет нарезы неполного профиля с отлогим подъемом.

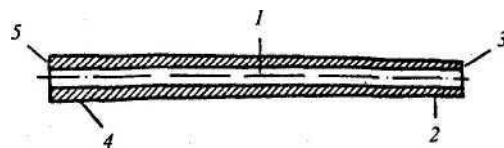
По форме продольного сечения направляющей части ствола делят на цилиндрические, конические и цилиндроконические. Последние две формы широкого распространения не получили.

Требования к пультному входу нарезного канала ствола заключаются в следующем: он должен быть таким, чтобы не было «закусывания» передней части пули и пуля врезалась бы в нарезы еще до выхода ее задней части из дульца гильзы.

При вставленном в патронник патроне в пультном входе боевого оружия должна свободно размещаться (вписываться) выступающая из гильзы часть пули. Однако в снайперских и спортивных винтовках пуля часто входит и за-



Устройство канала ствола:
1 — патронник; 2 — пультный вход;
3 — нарезная часть



Ствол охотничьего оружия:

- 1 — канал ствола; 2 — дульная часть;
3 — дульный срез; 4 — казенная часть;
5 — казенный срез

Грани нареза ствола



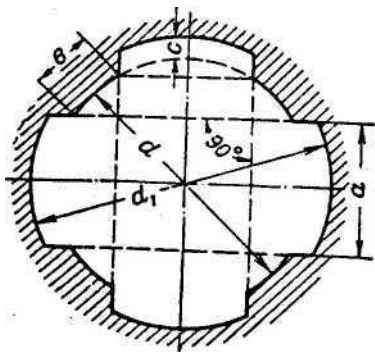
Боевая грань

кусыается в нарезах пульного входа, что обеспечивает некоторое повышение кучности стрельбы.

Длина пульного входа обычно находится в пределах от 1 до 3 калибров. Обычно берут приблизительно равной двум калибрам

где d — калибр ствола.

Ведущая (направляющая) нарезная часть задает пуле направление полета и вращательное движение. Длина ведущей части определяется при решении задач внутренней баллистики из необходимости получить заданную начальную скорость пули. При решении этой задачи с начальной скоростью связывается полный путь перемещения пули в канале ствола. Длина направляющей части ствола меньше полного пути пули



Поперечный разрез нарезной части ствола:

a — ширина нареза; b — ширина поля;
 c — глубина нареза; d — калибр оружия;
 d_1 — диаметр по нарезам

в стволе на величину посадки пули в гильзу и длину пульного входа.

Ведущая часть нарезного ствола имеет на своей поверхности нареза. *Нарез* — это желобок, выющийся вдоль поверхности канала ствола по винтовой линии.

Промежуток между нарезами (выступы) называется *полем*. Боковые стенки нарезков — *гранями*. Грань нареза, заставляющая пулю вращаться, т. е. ведущая пулю при движении по каналу ствола, называется *боевой гранью*. Грань, противоположная боевой грани, называется *холостой*.

Нареzy характеризуются следующими параметрами: формой, шагом, глубиной и углом наклона нарезки; шириной и числом нарезков; шириной полей.

Форма нарезков должна:

- обеспечивать максимальное заполнение нарезков оболочкой пули при ее движении по каналу ствола;
- не затруднять чистку канала ствола;
- быть несложной в производстве.

Нарезной ствол может иметь нарезку либо в виде канавок (желобков), либо полигональную.

Та и другая на поверхности канала ствола располагается в виде винтовой линии, обеспечивая пуле вращательное движение. Общим для них является шаг нарезки. Как одна, так и другая могут быть: либо правосторонней, либо левосторонней.

Правосторонняя нарезка вьется слева вверх направо. Она имеет очень широкое распространение. В России у стрелкового оружия и артиллерийских орудий принято правое направление нарезков.

Левосторонняя нарезка вьется справа вверх налево. Она принята только в Англии, Италии и Франции.

О преимуществах и недостатках левосторонней и правосторонней нарезок существует два мнения. Одни авторы убеждают, что эти нарезки равноценны.

Другие убеждают, что левосторонняя нарезка имеет преимущества, и приводят следующий аргументы.

При стрельбе из винтовки с упором в плечо в момент выстрела под действием силы отдачи плечо вместе с винтовкой отдаст назад и получит некоторое отклонение в правую сторону, и пуля должна отклониться вправо.

При правосторонней нарезке вращение пули вызывает ее отклонение от плоскости стрельбы вправо, а при левосторонней нарезке — влево, т. е. левосторонняя нарезка компенсирует часть деравации пули.

Фигура, образующаяся при сечении нареза плоскостью, перпендикулярной оси канала ствола, называется *профилем нарезков*.

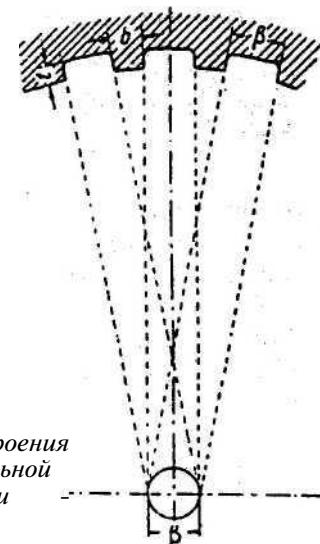
Форма нарезков в профиле поперечного сечения может быть различной. Чаще всего встречаются с прямоугольным, трапециевидным, скругленным и сегментным профилями.

Прямоугольный профиль — это профиль, у которого параллельны друг другу.

Достоинство такой нарезки — относительная простота изготовления инструмента для обработки нарезков при требуемой точности изготовления.

Недостатки:

- острые углы между гранями и дном нарезков недостаточно полно заполняются оболочкой пули;
- трудно удалять нагар в острых внутренних углах.



Схематическое построение прямоугольной нарезки

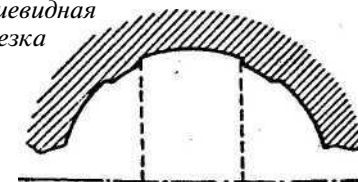
Прямоугольная нарезка принята в России как основной профиль нарезки оружия.

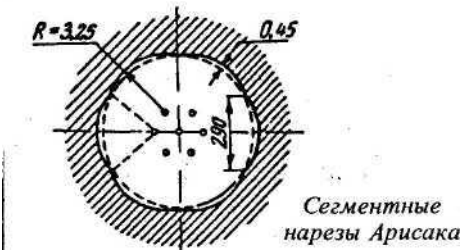
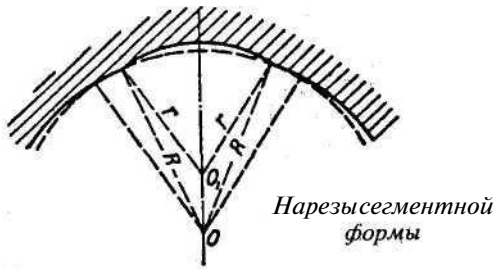
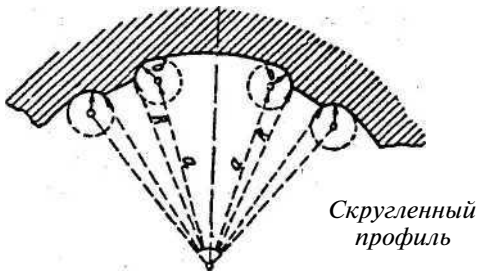
Трапециевидный профиль — это профиль нареза, у которого грани имеют наклон и с дном нареза образуют тупой угол.

Достоинства:

- обеспечивает более полное заполнение нареза материалом оболочек пули, особенно при жесткой (железной) оболочке;
 - улучшается обтюрация пороховых газов;
 - облегчаются условия чистки оружия.
- Недостатки:
- дорогое изготовление режущего инструмента;
 - сложнее в производстве.

Трапециевидная нарезка





Сегментный профиль — профиль, который образуется описанием дуг окружностей радиусом, меньшим полкалибра, из центров, не совпадающих с центром сечения канала.

Достоинства:

- отсутствуют резкие переходы между полями и нарезами;
 - обеспечивается легкость чистки оружия;
 - увеличивается срок службы ствола из-за того, что он имеет совершенно гладкую поверхность.
- Недостаток — очень сложна и дорога в производстве.

Шаг нарезки — это та длина ствола, на которой нарез делает полный оборот.

Шаг нарезки является основной характеристикой, определяющей устойчивость пули.

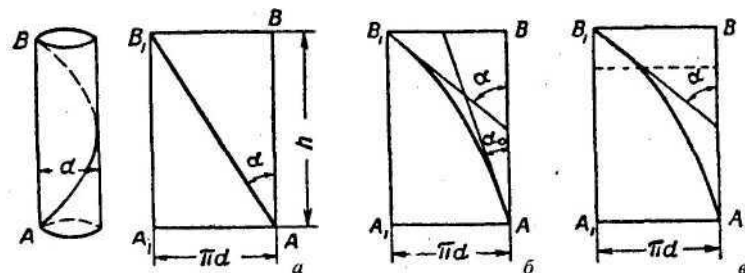
Угол наклона (крутизны) нарезки — это угол между осью канала ствола (или производящей параллельной оси канала ствола) и касательной к винтовой линии.

Исходя из наклона нарезки, разделяют нарезки постоянной, переменной и смешанной крутизны.

При нарезке постоянной крутизны угол наклона винтовой линии α будет постоянным

$$\alpha = \text{const.}$$

Скругленный профиль — это профиль, у которого грани имеют скругленные поверхности. Эта нарезка имеет те же достоинства и недостатки, что и трапециевидная нарезка.



Виды нарезок (развертка):
 а — постоянной крутизны;
 б — прогрессивной крутизны;
 в — смешанной крутизны

Достоинством такой нарезки является простота ее изготовления.

Недостаток — неравномерность износа нарезок по длине канала ствола. Наибольший износ нарезок возникает в начале нарезной части ствола, а наименьший — в конце и распределяется строго в соответствии с кривой давления пороховых газов при выстреле, так как износ боевых граней зависит от величины давления.

Это можно видеть из формулы, выражающей силу нормального давления пули на боевую грань:

$$N = 0,5 \frac{pS}{n} \text{tg} \alpha,$$

где N — сила нормального давления на боевую грань; n — число нарезок; p — давление пороховых газов в канале ствола; S — площадь поперечного сечения канала ствола с учетом нарезок; α — угол наклона нарезок.

При прогрессивной крутизне угол α возрастает от начала нарезок к дульной части. В этом случае давление на грани будет примерно одинаковым на всей длине ствола, и следовательно, износ тоже будет более или менее равномерным.

Основной недостаток такой нарезки — сложность изготовления. В стрелковом оружии почти не применяется.

Крутизна наклона нарезок определяется из условия обеспечения устойчивости пули при полете в воздухе.

При выборе размеров нарезок конструктору приходится идти на компромисс.

От глубины нарезок зависит высота выступов на оболочке пули. При мелких нарезках уже незначительный износ полей может привести к срыву пуль с

нарезок. Поэтому глубину нарезок делают по возможности большей. Однако глубокие нарезки приводят к затруднению условий чистки оружия; большей деформации пули при врезании; усилению сопротивления воздуха при полете пули в воздушном пространстве за счет более высоких выступов на поверхности пули.

Глубина нарезок в стволах стрелкового оружия составляет обычно 1,5 — 2 % от калибра, т. е.

$$C = (0,015 + 0,020) \cdot d,$$

где d — калибр ствола.

При этом чем меньше калибр, тем больше относительная глубина нарезок, и наоборот.

Такая же картина возникает и при выборе ширины нарезок.

Ширина нарезок a обычно больше ширины поля, что связано с обеспечением равнопрочности взаимодействующих элементов ствола и пули.

С одной стороны, для получения более прочных выступов на оболочке пули и для удобства чистки ширину нарезок делают побольше. Плюс врезание оболочки пули в нарезки будет тем легче, чем поля уже (поэтому в некоторых образцах оружия их делают треугольными). С другой стороны, слишком узкие поля не обеспечивают достаточную их прочность. Поэтому ширину полей берут примерно равной половине ширины нарезки

$$a = \frac{B}{2}$$

где a — ширина нарезки; B — ширина поля.

Ширина нарезки берется больше ширины поля более чем в два раза:

Таблица 6.1

Значения калибров в разных системах измерения

мм	Принятые калибры		Истинное значение калибра ствола
	дюймы		
	США	Англия	
5,6	.22	.220	5,42—5,6
6,35	.25	.250	6,1—6,38
7,0	.28	.280	6,85—7,0
7,62, 7,63	.30	.300	7,6—7,85
7,7	—	.303	1,1—1,11
8,0	.32	.320	7,83—8,05
9,0	.35	.350	8,70—9,25
9,0—9,3	.38	.380	9,2—9,5
10,0	.40, .41	.410	10,0—10,2
11,0	.44	.440	11,0—11,2
11,43	.45	.450	11,26—11,35
12,7	.50	.500	12,7

Основными параметрами ствола являются калибр и длина.

Чем больше калибр, тем мощнее оружие. Чем длиннее ствол, тем большую начальную скорость сообщают пороховые газы пуле и тем точнее направление ее полета.

Длину ствола обозначают либо в миллиметрах, либо в дюймах.

Длина ствола складывается из трех размеров:

- длины патронника. Она определяется длиной гильзы;
- длины пультного входа;
- длины нарезной части. Она определяется величиной заданной начальной скорости пули и условиями кучности боя. Методика определения длины нарезной части ствола рассмотрена в главе III.

пули в нарезы и приобретение вращательного движения. Диаметр пули обычно равен диаметру ствола по нарезам d_n . Так, для пистолета Макарова, имеющего диаметр ствола по полям 9 мм, диаметр пули по нарезам составляет 9,2 мм.

Следует отметить, что превышение зависит от глубины, формы и количества нарезов, поверхности пули, длины ее ведущей части, качества пороха и других факторов.

Калибр выражается в метрической или дюймовой системах либо в линиях.

Калибр оружия указывается в той системе измерения, какая принята в стране — изготовителе оружия. В странах с метрической системой измерения используют обозначения в миллиметрах и его долях (обычно с точностью до второго знака после запятой в виде десятичной дроби), а в странах с дюймовой системой измерения — в долях дюйма. Так, в США калибр обозначается в сотых долях, а в Великобритании — в тысячных. При этом калибр пишут как целое число с точкой впереди (табл. 6.1).

Один дюйм = 25,4 мм = 10 линиям, т. е. 1 линия = 2,54 мм.

Дюйм обозначается двумя штрихами (1").

Русская винтовка образца 1891/30 г., называлась трехлинейной потому, что имела калибр, равный трем линиям. В метрической системе это соответствует 2,54 мм × 3 = 7,62 мм. С другой стороны 7,62 мм = .30 = .300.

$$n = \frac{\pi d}{b + a}$$

Для стрелкового оружия калибра 6,5—8 мм выбирают 4 нарезка, реже 3, 5 и 6, для калибров 8—13 мм — от 6 до 8 нарезков. Из технологических соображений предпочтение отдается четному числу нарезков.

Полигональная нарезка — это нарезка, которая в поперечном сечении ствола имеет форму одной из геометрических фигур. Наибольшее распространение получили стволы с шестиугольной нарезкой. В настоящее время применена в пистолете «Дезерт Игл».

Как утверждают специалисты, полигональные стволы обеспечивают более точное направление полета пули и обладают большей живучестью.

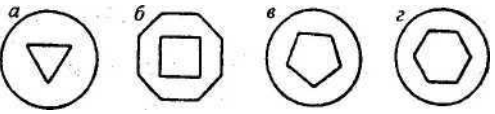
Живучесть ствола — это то количество произведенных выстрелов, после которого теряются требуемые баллистические параметры ствола.

Для повышения живучести стволов, вне зависимости от вида нарезки, внутреннюю поверхность канала ствола хромируют либо на всю длину, либо только в его казенной части и пулевого входа.

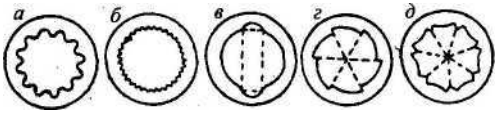
Калибр нарезного ствола определяется как расстояние:

- либо между двумя полями ствола d_1 ;
- либо между двумя нарезками d_2 ;
- либо между противоположными друг другу нарезом и полем d_3 .

В России принято измерять калибр ствола расстоянием между двумя полями. В этом случае калибры пуль по отношению к оружию превышают калибры стволов, чтобы обеспечить врезание



Полигональные нарезки: а — древней русской казачьей винтовки «троицы»; б — немецкой опытной винтовки 1791 г.; в, з — винтовок Витворта 1857 г.



Нарезы других форм: а — «волнистые» старинных штуцеров; б — старинные остроугольные; в — овалы Бернера; г — люттихские; д — Генри

$$a + b = \frac{nd}{n}$$

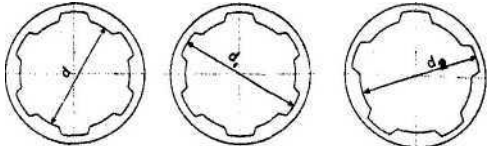
$$a > \frac{2nd}{n}$$

где d — калибр; и — число нарезков.

Число нарезков зависит от калибра оружия и составляет около половины числа, выражающего калибр в миллиметрах. Иногда определяют из зависимости

2. КАЛИБР И ДЛИНА СТВОЛА

Калибр — это особая единица измерения, принятая в стрелковой технике для измерения внутреннего диаметра канала ствола и наружного диаметра пули.



Способы измерения калибра канала ствола

3. РАСЧЕТ СТВОЛА

К стволам стрелкового оружия предъявляются следующие требования:

- достаточно упругое сопротивление стенок ствола действию высокого давления пороховых газов;
- высокая живучесть или сопротивление механическому действию ведущих устройств пуль и разрушающему действию пороховых газов, имеющих большое давление и высокую температуру;
- обеспечение заданной начальной скорости пули и ее устойчивого полета в воздухе;
- отсутствие остаточной деформации от действия случайных сил при служебном обращении и значительных вибрациях при выстреле;
- отсутствие чрезмерного нагрева стенок, ограничивающего интенсивную стрельбу из оружия и уменьшающего живучесть ствола.

Основными параметрами ствола являются калибр, длина и толщина стенок ствола.

Толщина ствола зависит от наружных размеров ствола, которые устанавливаются из условий обеспечения его прочности с требуемым запасом прочности.

Расчет ствола ведут под выбранный боеприпас.

В основе расчета ствола лежат мощность, которую может дать пороховой заряд патрона; калибр боеприпаса; начальная скорость пули, которую должен обеспечить ствол.

Зависимость между калибром пули и нарезной частью канала ствола была рассмотрена выше. Следовательно, внутренний диаметр ствола мы легко

определим: он равен калибру выбранного боеприпаса.

Диаметры патронника берутся равными диаметрам гильзы (если гильза бутылочной формы) или диаметру гильзы при цилиндрической гильзе плюс эксплуатационный зазор, равный 0,5—1 мм.

Длина ствола складывается из длины патронника, длины пульного входа и длины нарезной части.

Длина патронника определяется длиной гильзы выбранного боеприпаса.

Длина пульного входа берется приблизительно равной двум калибрам канала ствола

$$l^* = 2d',$$

где d — калибр ствола.

Для проведения дальнейших расчетов необходимо иметь кривые давления и скорости движения пули для выбранного боеприпаса.

Длину нарезной части ствола определяют следующим образом. Имея кривую скорости движения пули и заданную начальную скорость пули из точки, отвечающей заданной скорости, проводим линию до пересечения с кривой скорости, а из точки пересечения проводим вертикальную линию до пересечения с осью x . Измерив отрезок от 0 до вертикальной линии, получим в соответствующем масштабе искомую длину нарезной части ствола.

Чтобы завершить рассмотрение внутренней части ствола, разберемся с нарезками.

Шаг нарезки

$$332000/$$

Расчет ствола

где h — шаг нарезки; v_0 — начальная скорость пули, м/с; l — длина пули, мм; S_{\perp} — поперечное сечение пули, мм²; 332000 — коэффициент, зависящий от материала пули.

Площадь поперечного сечения нарезного канала ствола определяется из зависимости

$$S = (0,81 - 0,82) d^2,$$

где S — площадь поперечного сечения, см²; d — калибр по полям, мм.

Угол наклона нарезки

$$\operatorname{tga} = \frac{ld}{n},$$

где a — угол наклона винтовой линии, градусы; d — калибр ствола, мм; h — шаг нарезки.

При постоянной крутизне нарезки $a = \text{const.}$

Тогда

$$n = \frac{nd}{\operatorname{tga}}$$

число оборотов пули

$$K = \frac{v_0}{n} \text{ об./с.}$$

где v_0 — начальная скорость пули, м/с; h — шаг нарезки.

Пример. Определить число оборотов винтовки обр. 1891/30. Начальная скорость $v_0 = 860$ м/с, длина хода нарезков $K = 0,24$ м.

Решение.

$$K = \frac{v_0}{h} = \frac{860}{0,24} = 3583 \text{ об./с.}$$

Глубина нарезки

$$C = \left(\frac{1}{50} + \frac{1}{70} \right) d,$$

где d — калибр ствола.

Число нарезков

$$n = \frac{L}{b+a},$$

где n — число нарезков; L — ширина поля; a — ширина нарезка.

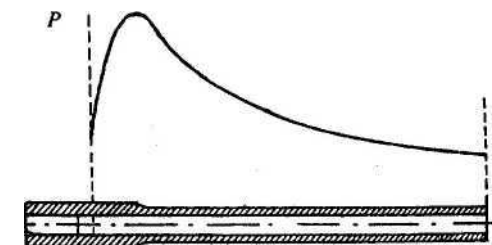
Ширину поля берут примерно равной половине нарезка

Для стрелкового оружия калибра 6,5—8 мм число нарезков равняется 4, реже 3,5, 6, а для калибров 8—13 мм — от 6 до 8 нарезков.

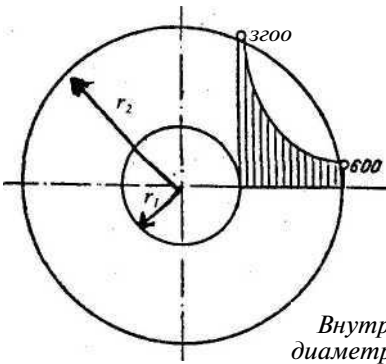
Переходим к расчету толщины стенок ствола.

Прочность ствола зависит от толщины его стенок. Стенки ствола должны обеспечивать необходимый запас прочности. Их толщина в каждом сечении ствола зависит от давления пороховых газов в данном месте ствола. Другими словами, наружное очертание ствола строится с учетом кривой давления пороховых газов.

Методика расчета стенок ствола и ее математическое обоснование приведена в работе А. А. Благоднарова [9]. Мы воспользуемся только расчетными формулами этой методики. Расчет ведется на базе кривой давлений.



Кривая давлений в канале ствола



Внутренний диаметр ствола

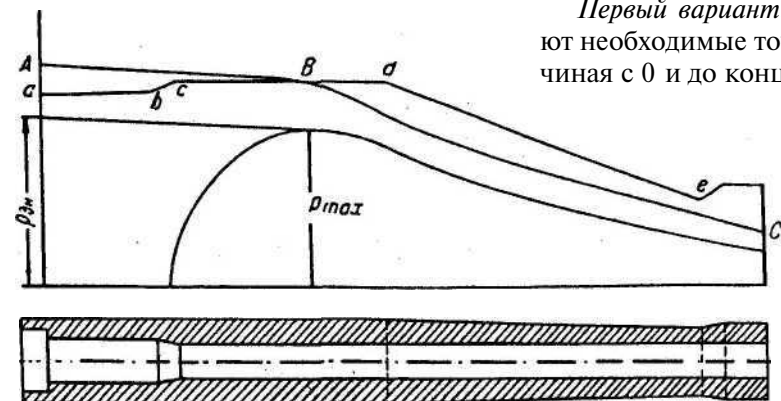
Поскольку в методике используется термин предел упругости, то дадим ему определение.

Предел упругости — это напряжение, при переходе за которое обнаруживается остаточная деформация, т. е. металл не принимает свои первоначальные размеры.

Для расчета толщины стенок ствола используются также математические зависимости.

$$P_1 = \frac{3}{2} \sigma_e \frac{r_2^2 - r_1^2}{2r_2^2 + r_1^2}, \quad (1)$$

где P_1 — расчетное давление; σ_e — предел упругости ствольной стали; r_2 — наружный диаметр ствола; r_1 — внутренний диаметр ствола.



Построение внешнего очертания ствола

$$R = \frac{3}{2} a - \frac{1}{2a^2 + 1} \quad (2)$$

где $a = \dots$

$$(3)$$

Величина расчетного давления принимается равной

где P — давление в канале ствола в рассматриваемом сечении; n — запас прочности стенки ствола в данном сечении, $n = 1,3+1,5$;

Чтобы не был превзойден предел упругости металла, необходимо брать

$$\sigma \sim \frac{2}{3} \frac{2a^2 + 1}{a^2 - 1} P_x \quad (5)$$

P_x — это то предельное давление, при котором не будет нарушена прочность ствола и на его внутренней поверхности будут лишь упругие деформации.

У методики два варианта использования.

Первый вариант. По оси JS выбирают необходимые точки для расчета, начиная с 0 и до конца выбранной длины

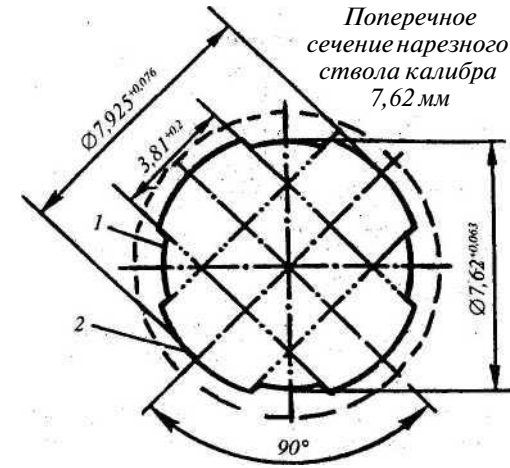
ствола с заданным интервалом. В точках на оси x проводят вертикальные прямые до пересечения с кривой давлений. По величине полученных ординат определяют давление P_v данной точки x и для этой точки определяют расчетное давление P ,

путем умножения на коэффициент запаса прочности. Полученное значение P , откладывается в этой же точке.

В результате получим кривую ABC , которая называется *кривой желаемого прочного сопротивления ствола*.

Далее, в ход идут вышеприведенные формулы. На основе этой кривой исходя из конструктивных соображений задаются наружным диаметром.

Второй вариант. Выбрав предел упругости металла ствола, пользуясь уравнением (3), определяют наружный радиус r^2 в том же сечении.



Поперечное сечение нарезного ствола калибра 7,62 мм

После того как определены наружные размеры ствола, необходимо просчитать все его сечения, где имеются изменения наружного или внутреннего радиуса, и построить ломаную линию $a B c d e /$, которая называется *кривой действительного прочностного сопротивления ствола*.



При этом необходимо соблюдать условие, чтобы коэффициент запаса прочности по сечению патронника был не меньше $n > 1,2$.

Радиус r_e выбирают таким образом, чтобы запас прочности в опасном месте был в требуемых пределах.

Зону, где развивается наибольшее давление, несколько расширяют по сравнению с расчетной, т. е. если казенная часть ствола сделана цилиндрической, то длина этого цилиндра сложится из длины, равной длине патронника; расчетной длины пули до места развития наибольшего давления; некоторого запаса длины (до трех калибров).

Наконец, заметим, что построенный таким способом ствол будет иметь чрезвычайно тонкие стенки в дульной части ствола вследствие сравнительно малых расчетных давлений в этой части. Поэтому стволы в дульной части делают гораздо более толстыми, чем нужно при выстреле. Результаты расчетов для винтовки приведены на рисунках на предыдущей странице.

4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТВОЛОВ

Металл для изготовления стволов и требования к нему

Как мы выяснили ранее, основой стрелкового оружия является ствол и боеприпасы.

Одним из требований к стволу является обеспечение достаточно большой живучести. Живучесть ствола обеспечивает его ведущая часть канала ствола.

Канал ствола, от которого зависят требуемые баллистические параметры, при выстреле подвергается всевозмож-

Пример. Определить толщину стенок ствола в месте максимального давления. Данные для расчета следующие:

$$\rho_{\text{т.п.}} = 2800 \text{ кг/см}^3; \quad i = 1,3; \\ r_e = 5500 \text{ кг/см}^2; \quad r, = 3,9 \text{ мм.}$$

1. Определим P ,

$$P, = *P_m = 1,3 \cdot 2800 = 3640 \text{ кг/см}^2.$$

2. Определим a :

$$a = \frac{W \cdot 10^{-2} / i}{30, - 4 \cdot 3 - 5500 - 4 - 3640} = 3,5; \\ a = \sqrt[3]{12,26} = 3,5.$$

3. Определим r_2 :

$$a = \frac{H}{r,} = \frac{JL}{3,9} = 3,5;$$

$$r_2 = 3,5 r, = 3,5 \cdot 3,9 = 13,65 \text{ мм.}$$

Следовательно, толщина стенок в месте максимального давления должна быть не меньше

$$r_2 - r, = 13,65 - 3,9 = 9,75 \text{ мм.} \\ r_e > 9,75 \text{ мм.}$$

ным воздействиям, приводящим к его разрушению с последующей выбраковкой и переплавкой.

Выбраковка осуществляется по результатам замеров канала ствола специальными калибрами.

Канал ствола подвергается следующим воздействиям".

- механическим (трение пули о нарезы; удары несгоревших пороховых частиц). Эти воздействия приводят к истиранию граней нарезов, появлению микровыбоин;

Таблица 6.2

Характеристики марок ствольных сталей

Марка стали	Твердость		Предел текучести G		МПа	
	HRC	HВ	МПа	кгс/мм ²		
50 А	21-30	217	539	55	784	80
50 РА	21-30	217	539	55	784	80
30ХН2МФА	37-42	269	1273	130	1567	160
30ХРА	37-44	241	1273	130	1567	160

- термическим. При сгорании пороха во время выстрела внутри канала ствола развивается давление и высокая температура, которые вызывают расширение канала ствола. Колебание температуры от нормальной до высокой приводит к оплавлению поверхности, а микротрещины превращаются в сетку разгара;
- химическим. Они вызываются солями, входящими в состав нагара, которые впитывают влагу из воздуха и образуют раствор, вызывающий коррозию металла.

Требования к металлу, идущему на изготовление стволов:

- должен обладать высоким пределом упругости, так как чем больше предел упругости металла, тем легче вес ствола;
- должен обеспечивать высокую живучесть ствола, т. е. металл должен обладать хорошим сопротивлением к истиранию во время врезания пули в нарезы и при ее движении по каналу ствола;
- должен обладать хорошим сопротивлением к химическим и температурным воздействиям;
- должен быть дешев и находиться в достаточном количестве внутри государства, чтобы не испытывать затруднения в военное время.

Поскольку гладкие стволы начали находить применение и в личном оружии, будем рассматривать и их.

Для изготовления охотничьих стволов (пистолеты ТП-82 и «Вепрь-2») применяются специальные ствольные стали, обладающие высокой прочностью, упругостью, вязкостью, антикоррозийной стойкостью и нержавеющей сталью. В состав ствольных сталей входят железо, углерод, а также легирующие добавки: марганец, хром, никель, ванадий, молибден и др. Их характеристики приведены в табл. 6.2

Нержавеющие стали содержат значительный процент никеля и хрома (основных компонентов против ржавления). Это приводит к тому, что на некоторые сорта не действует даже азотная кислота. Недостатком этих сталей является то, что они трудно поддаются воронению и пайке.

Изготовление нарезных стволов

Нарезные стволы изготавливаются проталкиванием протяжки; проталкиванием профилирующей оправки и холодной ковкой.

Метод проталкивания протяжки состоит в том, что в обработанной сна-

ружи заготовке с просверленным отверстием проталкивается поворачивающаяся протяжка с головкой со вставленным режущим инструментом. В результате одного или нескольких проходов в канале нарезаются нарезы заданной глубины, профиля и шага.

Метод *продавливания профильной оправки* заключается в том, что через заготовку продавливается с поворотом профилированная оправка, имеющая форму необходимых нарезов.

Процесс *холоднойковки* заключается в следующем. В заготовке требуемой длины и диаметра подготавливается отверстие. Заготовку одевают на оп-

равку, которая имеет форму канала нарезного ствола. Во время обстукивания молотом она поворачивается в соответствии с заданным шагом нарезов.

Сщол, изготовленный холоднойковкой, имеет высокую прочность и кучность боя.

О применяемых металлах можно сказать следующее. Обычная углеродистая сталь имеет предел упругости до 5500 кг/см^2 , а специальные сорта стали — до $7000\text{—}8000 \text{ кг/см}^2$. Специальные сорта стали обеспечивают не только предел упругости, но также дают возможность повысить срок службы стволов.