

Э.К. Ларман

**Проектирование и расчет
орудийных стволов и
затворов**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 355/359
ББК 68
Э1

Э1 **Э.К. Ларман**
Проектирование и расчет оружейных стволов и затворов / Э.К. Ларман – М.:
Книга по Требованию, 2021. – 166 с.

ISBN 978-5-458-53472-7

ISBN 978-5-458-53472-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ПРЕДИСЛОВИЕ

В шестидесятых годах прошлого столетия наш русский артиллерист академик А. В. Гадолин первый обратил внимание на необходимость руководствоваться при проектировании орудийных стволов началами теории упругости. В своих трудах „Сопротивление стен орудий давлению пороховых газов при выстреле“ и „Теория орудий, скрепленных обручами“ Гадолин дал весьма простой вывод формулы Лямэ и других, более точных; он же первый установил теорию расчета скрепленных орудийных стволов.

Поэтому русские артиллеристы вправе с гордостью считать А. В. Гадолина основоположником современной теории сопротивления орудийных стволов. Огромное значение этих трудов весьма ярко обрисовано в предисловии Terssen'a к переводу статей Гадолина, помещенному в „*Révue de Technologie Militaire*“ за 1863 г., т. VIII. Эти работы, выясняющие значение скрепления и правила производства самого скрепления, дали возможность создавать стволы, обладающие высоким пределом упругого сопротивления, и открыли путь к дальнейшему повышению мощности и дальности артиллерийских орудий. Следующим капитальным трудом по проектированию орудийных стволов был труд проф. А. Бринк, изданный в 1901 г.

Среди современной литературы, как отечественной, так и иностранной, по вопросам проектирования орудийных стволов и затворов наиболее капитальным является труд проф. Артиллерийской ордена Ленина академии РККА, доктора технических наук дивинженера Н. Ф. Дроздова „Сопротивление артиллерийских орудий и их устройство“, состоящий из трех частей и за последнее время выдержавший два издания. В этом труде полностью даны теоретические основания теории расчета орудийных стволов по гипотезам максимальных деформаций и скольжения для различных способов устройства стенок орудийных стволов.

Вопросы живучести орудийных стволов также достаточно полно отражены в нашей артиллерийской литературе, среди которой нельзя не отметить труд проф. Артиллерийской ордена Ленина академии РККА военинженера 1-го ранга А. Ф. Головина, посвященный как теоретическим, так и экспериментальным исследованиям явления износа орудийных стволов.

Настоящий труд предназначается в качестве учебного пособия и не претендует на оригинальность. Излагаемый материал

мы стремились дать в определенной последовательности и простым языком, чтобы облегчить читателю усвоение рассматриваемых вопросов. При составлении книги мы, безусловно, использовали богатый материал из вышеперечисленных трудов, а также доступный материал из иностранной литературы.

В основу вывода расчетных формул для проектирования оружейных стволов нами положена гипотеза максимальных деформаций, так как эта гипотеза прочности в настоящий момент находит преимущественное применение в артиллерийской практике не только в артиллерии РККА, но и за границей. Однако в специальной главе мы сочли необходимым рассмотреть вопросы расчета стволов на прочность по гипотезе скольжения и энергии формоизменения и там же дать краткую сравнительную оценку этим гипотезам прочности применительно к условиям работы ствола во время выстрела.

Об автофретаже оружейных стволов в настоящей работе даны лишь общие понятия без каких-либо теоретических исследований.

В работе отражены также вопросы, связанные с устройством канала ствола и затворов.

Возможно, читатели найдут в работе ряд недостатков, указания на которые мы примем с благодарностью.

Пользуясь случаем, выражаю свою искреннюю благодарность профессору, доктору технических наук дивинженеру т. А. А. Благонравову и профессору, доктору технических наук дивинженеру Н. Ф. Дроздову за ценные указания и помощь, которые я получал от них как во время совместной работы в Артиллерийской ордена Ленина академии РККА, так и в процессе выполнения настоящей работы.

*Военинженер 1-го ранга
Э. К. ЛАРМАН*

МОСКВА, 1939 г.

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ,
принятые по курсу „Проектирование орудийных стволов“

Обозначение	Наименование	Примечание
E	Модуль упругости (модуль Юнга)	ОСТ 2582
G	Модуль сдвига	
σ_b	Временное сопротивление	
σ_e	Предел упругости	
σ_p	Предел пропорциональности	
σ_s	Предел текучести	
R_z	Допускаемое напряжение на простое растяжение	
R_d	Допускаемое напряжение на простое сжатие	
R_b	Допускаемое напряжение на изгиб	
R_s	Допускаемое напряжение на сдвиг	
I_{net}	Момент инерции поперечного сечения ствола за вычетом сечения канала ствола	
μ	Коэффициент Пуассона (отношение поперечной относительной деформации к продольной)	
p	Давление	
p_1	Давление пороховых газов в канале ствола в рассматриваемом сечении	
n	Коэффициент запаса прочности	
P_1	Предел прочного сопротивления ствола в рассматриваемом сечении	
	$P_1 = np_1$	
P_i'	Давления, произведенные скреплением между скрепляющими слоями	
P_i''	Давления дополнительные, возникающие между слоями в результате действия давления P_1 в канале ствола	
p_i''	Давления дополнительные, возникающие между слоями в скрепленном стволе в результате действия в канале давления p_1	
p_i	Действительные, или равнодействующие, давления между слоями: $P_i = P_i' + P_i''$	
d	Калибр орудия	
r_1	Полукалибр $r_1 = \frac{d}{2}$	
r_i	Радиусы трубы и скрепляющих оболочек	

Обозначение	Наименование	Примечание
σ	Радиус, на котором имеется зазор (наружный радиус лейнера или свободной трубы)	ОСТ 2582
σ_y	Нормальные напряжения	
σ_{x_i}	Радиальные напряжения в стенке трубы	
σ'_{x_i}	Радиальные напряжения между слоями, произведенные скреплением	
σ''_{x_i}	Радиальные напряжения дополнительные, возникающие между слоями в результате действия в канале ствола давления P_1	
	Радиальные напряжения действительные:	
	$\sigma_{x_i} = \sigma'_{x_i} + \sigma''_{x_i}$	
σ_y	Тангенциальные напряжения или напряжения в направлении касательной	ОСТ 2582
σ'_{y_i}	Тангенциальные напряжения между слоями, произведенные скреплением	
σ''_{y_i}	Тангенциальные напряжения, дополнительные между слоями, вызванные в результате действия в канале ствола давления P_1	
σ_{y_i}	Тангенциальные напряжения действительные между слоями:	
	$\sigma_{y_i} = \sigma'_{y_i} + \sigma''_{y_i}$	
ϵ_z	Осевые напряжения	ОСТ 2582
ϵ	Относительные деформации	
ϵ_x	Относительные радиальные деформации	
ϵ'_{x_i}	Относительные радиальные деформации, вызванные скреплением	
	Относительные радиальные деформации дополнительные, возникающие в результате действия в канале ствола давления P_1	
	Относительные радиальные деформации действительные:	
	$\epsilon_{x_i} = \epsilon'_{x_i} + \epsilon''_{x_i}$	
ϵ_y	Относительные тангенциальные деформации	ОСТ 2582
ϵ'_{y_i}	Относительные тангенциальные деформации, вызванные скреплением	
ϵ''_{y_i}	Относительные тангенциальные деформации дополнительные, возникающие в результате действия в канале ствола давления P_1	
ϵ_{y_i}	Относительные тангенциальные деформации действительные:	
	$\epsilon_{y_i} = \epsilon'_{y_i} + \epsilon''_{y_i}$	
ϵ_z	Относительные осевые деформации	ОСТ 2582
q	Абсолютное натяжение при надевании слоев	
T_1	Тангенциальное напряжение сжатия на внутренней поверхности канала ствола	

Обозначение	Наименование	Примечание
Δ_i	Толщина слоя	
γ_i	Относительное натяжение	
	$\gamma_i = \frac{q_i}{2r_i}$	
Q_c	Вес ствола	
x_c	Расстояние от казенного среза до центра тяжести, отсчитываемое в направлении оси канала ствола	
y_c	Расстояние от оси канала ствола до центра тяжести	
α_c	Коэффициент использования металла ствола:	
	$\alpha_c = \frac{E_0}{Q_c}$	
	Примечания. Индекс „i“—порядковый номер радиусов. В стволе, состоящем из n слоев, он может меняться от 1 до $n + 1$	

— — — — —

ВВЕДЕНИЕ

Ствол всякого огнестрельного оружия, в том числе и артиллерийского орудия, должен обеспечить надлежащие баллистические данные артиллерийской системы, полученные, исходя из тактико-технического задания, на основании решения задачи внутренней баллистики. Для того чтобы ствол удовлетворял требованиям баллистики, необходимо, чтобы снаряд определенного веса выбрасывался из него с определенной начальной скоростью и имел необходимое вращательное движение, обеспечивающее устойчивость его в полете. Крутизна нарезки у дула, объем зарядной каморы и длина пути снаряда по каналу являются отправными данными при проектировании ствола. Соответственно кривой давления проектируется такое устройство стенок ствола, которое обеспечивает его прочность во всех отношениях.

На фиг. 1 схематически представлен продольный разрез ствола артиллерийского орудия. Ствол представляет собой металлическую трубу, закрытую с одного конца затвором. Внутренняя полость его, называемая каналом, может быть разделена на следующие части: *A* — нарезная часть, *B* — соединительный конус и *C* — камора, или патронник. В стволах стрелкового оружия соединительный конус носит название пульного входа. В артиллерийских орудиях с раздельным заряжением в поверхность соединительного конуса упирается ведущий поясok снаряда. В орудиях с патронным заряжением последний несколько не доходит до поверхности конуса.

Та часть ствола, в которой помещается затвор, называется казенной частью, а передний открытый конец ствола — дулом. В стрелковом оружии ствол при помощи винтовой нарезки иногда соединяется со ствольной коробкой, в которой помещается затвор. В этом случае навинтованный конец ствола носит название пенька ствола.

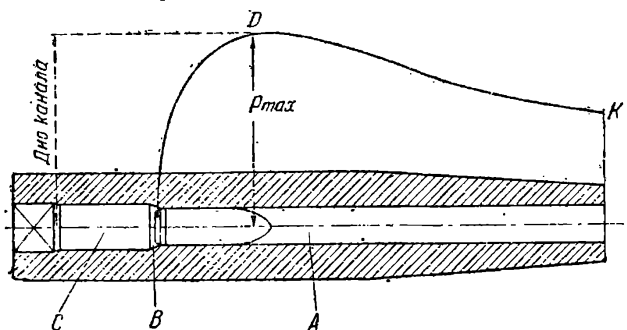
На фиг. 1 кривая *BDC* показывает характер изменения давления пороховых газов при движении снаряда по каналу ствола. Очевидно, что все сечения ствола, расположенные за ординатой, представляющей максимальное давление p_m по направлению к дулу, во время выстрела будут подвергнуты давлениям тем меньшим, чем дальше они отстоят от места максимального да-

ления. Сечения же ствола от ординаты p_m к казенному срезу будут подвергнуты давлению p_m . Исходя из этого, толщина стенок ствола в дульной части делается тоньше, чем в казенной.

До середины XIX в. орудийные стволы заряжались с дула.

В Англии зарядание с дула тяжелых морских пушек применялось вплоть до 1880 г. Вначале стволы имели гладкий канал, а позднее нарезной — для стрельбы продолговатыми снарядами с выступами.

Переход к способу зарядания с казны стал возможен только тогда, когда технически была разрешена надежная obturation затворов от прорыва пороховых газов. Вначале эта проблема была разрешена при помощи применения obturiрующих колец Бредуэлла, а в дальнейшем с применением пластического obtуратора Банжа и патронной гильзы.



Фиг. 1.

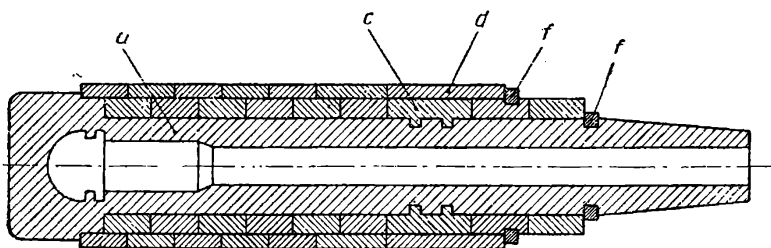
В старинных орудиях в качестве материала применялось сварочное железо, а затем колокольная бронза. В то время технологией вопрос глубокого сверления еще не был разработан, а поэтому железные стволы получались путем сварки продольно уложенных вокруг сердечника полос, стянутых поперечными кольцами. Бронзовые стволы получались отливкой из колокольной бронзы с высоким содержанием олова и свинца. Недостатком такой бронзы как материала для орудийных стволов были низкие механические свойства: предел упругости и сопротивление разрыву, а поэтому для повышения прочности ствола казенная часть его стягивалась железными кольцами.

С изобретением в конце XIX столетия бездымного пороха мощность артиллерийских орудий сильно повысилась. Это выдвинуло более повышенные требования как к самой конструкции ствола, так и к материалам, идущим на его изготовление. Первые опыты применения стали для изготовления орудийных стволов относятся к шестидесятым годам XIX столетия, а в девяностых годах начали применять никелевую и хромоникелевую стали, обладающие особенно благоприятным сочетанием свойств прочности и вязкости.

Стволы современных артиллерийских орудий изготавливаются преимущественно из легированных сталей с высокими механическими свойствами. Эти стали позволяют делать орудийные стволы, обладающие не только прочностью, но и определенной живучестью.

По характеру устройства стенок стволы современных орудий можно подразделить на нескрепленные (простая труба) и искусственно скрепленные.

Простые нескрепленные стволы находят применение в стрелковом оружии, минометах и маломощных артиллерийских орудиях, преимущественно мелкокалиберных. Нескрепленный ствол (моноблок) изготавливается из одной заготовки и не имеет в стенках каких-либо внутренних напряжений, созданных искусственно, за исключением тех, которые могли возникнуть при его термической обработке.



Фиг. 2.

На фиг. 1 схематически показан продольный разрез подобного рода ствола.

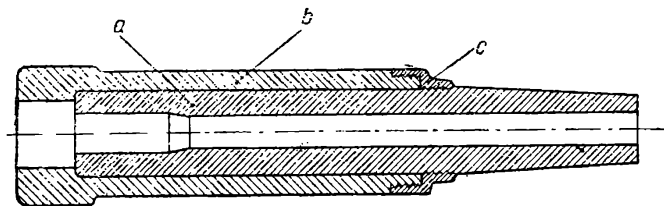
Скрепленным стволом называется такой, в стенках которого еще до выстрела искусственно созданы напряжения, повышающие его прочность. Искусственно скрепленные стволы в основном состоят из нескольких простых цилиндров различной длины, надетых друг на друга с натяжением, в результате чего внутренняя труба еще до выстрела оказывается сжатой, а скрепляющие цилиндры несколько растянутыми.

Наиболее старым способом скрепления является способ скрепления кольцами.

Этот способ (фиг. 2) заключается в том, что на трубу *a* с натяжениями надевают один или несколько рядов колец таким образом, чтобы стыки нижнего слоя колец перекрывались кольцами верхнего. Для устранения возможности смещения скрепляющих колец вдоль трубы они укрепляются разрезным кольцом *c* и упорным кольцом *f*. На разрезное кольцо обыкновенно надевается перекрывающее кольцо *d*. Недостатками этого способа скрепления является то, что, во-первых, скрепляющие кольца не участвуют в сопротивлении поперечному разрыву, так как затвор помещается во внутренней трубе, и, во-вторых,

кольца не препятствуют прогибу ствола от его собственного веса. Вследствие этих двух обстоятельств способ скрепления кольцами никогда в чистом виде не применялся.

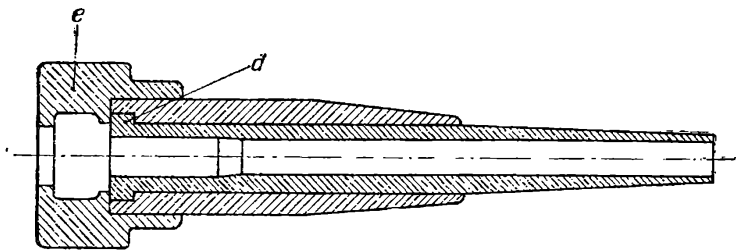
Самый распространенный способ скрепления стволов заключается в том, что ствол делается из нескольких слоев, которые надеваются, подобно кольцам, один на другой с известным натяжением. Вследствие этого каждый слой обжимает с наружной



Фиг. 3.

поверхности лежащий под ним слой. В этих стволах внутренний слой называется трубой, а прочие — скрепляющими [оболочками или цилиндрами].

Наружный слой называется кожухом. В полевой артиллерии чаще всего встречаются стволы двух- или трехслойные. В морской



Фиг. 4.

и береговой артиллерии у скрепленных стволов число скрепляющих слоев доходит до шести.

На фиг. 3 представлен продольный разрез двухслойного ствола. На внутреннюю трубу *a* с натяжением надет кожух *b*. Для предотвращения вылезания трубы из кожуха труба соединена с ним навинтным кольцом *c*. Затвор помещается в кожухе, и поэтому труба в поперечном сопротивлении отрыву казенной части не участвует.

На фиг. 4 показана другая конструкция ствола. В этой конструкции вылезание трубы в направлении к дулу задерживает кольцевой уступ *d*, а вылезание назад предотвращается упором части торца трубы в навинтной казенник *e*. Наличие отдельного навинтного казенника имеет еще то преимущество, что в