Балтийский государственный технический университет

«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Факультет «Оружие и системы вооружения»

Кафедра «Высокоэнергетические устройства автоматических систем»



Дисциплина:«Проектирование выстрелов»

Курсовая работа на тему:

«Разработка конструкции патрона клб. 8,61 мм с пулей бронебойного действия»

Выполнил:

Лихошерстных И.

Группа: Е4М21

Проверил:

Данилин Г.А.

Сдано:

г. Санкт-Петербург

2017 г.

**Реферат**

Курсовой проект содержит расчётно – пояснительную записку на 23 листах, в том числе 10 рисунков, 3 таблицы, а так же графическую часть, выполненную на 4 листах формата А1.

Ключевые слова: ПУЛЯ, ГИЛЬЗА, НАДЕЖНОСТЬ, ПРОЧНОСТЬ, СРЫВ, ДЕМОНТАЖ.

Цель курсового проекта: разработка конструкции патрона клб. 8,61 мм с бронебойной пулей в свинцовой рубашке.

В курсовом проекте определены: конструкция и размеры элементов пули и гильзы; баллистические и динамические характеристики пули; дальность прямого выстрела и импульс отдачи; произведен расчет эффективности заданного действия пули, а также выполнена оценка надежности функционирования пули и гильзы.

В ходе работы выполнения курсового проекта использовались программные пакеты: КОМПАС 3D v.16, PTC Mathcad Prime 3.1, DOSBox 0,74, специализированная программа расчета конечного зазора “ZAZOR”; текстовый редакторы Microsoft Word и Notepad++.

**Содержание**

[Введение 4](#_Toc454467723)

[Техническое задание 5](#_Toc454467724)

[1 Разработка конструкции пули 6](#_Toc454467725)

[1.1 Составление эскиза, выбор материалов элементов пули 6](#_Toc454467726)

[1.2 Расчет баллистических и динамических характеристик пули 7](#_Toc454467727)

[1.3 Расчет бронебойного действия](#_Toc454467728) 9

[1.4 Определение дальности прямого выстрела и импульса отдачи 10](#_Toc454467729)

[1.5 Оценка надежности функционирования пули 11](#_Toc454467730)

[2 Разработка конструкции гильзы 13](#_Toc454467731)

[2.2 Составление эскиза гильзы](#_Toc454467733) 13

[2.3 Расчет конечного зазора между гильзой и каморой после выстрела 1](#_Toc454467734)4

[2.4 Расчет гильзы на поперечную прочность 1](#_Toc454467735)5

[2.5 Расчет гильзы на продольную прочность](#_Toc454467736) 18

[Заключение 2](#_Toc454467737)2

[Список литературы 2](#_Toc454467738)3

# **Введение**

В данной работе спроектирован патрон к снайперской винтовке с пулей бронебойного действия.

Процесс проектирования разделен на два этапа: проектирование пули и проектирование гильзы.

Первый этап – разработка конструкции пули, включающий в себя: составление конструкции пули, расчет динамических и баллистических характеристик, проверку обеспечения заданного действия пули по цели, определение дальности прямого выстрела, расчет импульса отдачи, оценка возможности срыва пули с нарезов канала ствола и расчет на возможный демонтаж пули по вылете из канала ствола.

Основанием для выбора конструктивной схемы пули являются техническое задание и анализ существующих образцов пуль аналогичного действия.

Второй этап – проектирование гильзы, состоящий в определении объёма зарядной каморы и характеристик порохового заряда, составлением эскиза, задании закона распределения механических свойств и температуры стенок вдоль корпуса гильзы в момент достижения максимального давления и к моменту экстракции, установлении закономерности распределения конечного зазора, расчёте прочности корпуса на продольный и поперечный разрыв.

# **Техническое задание**

Разработать конструкцию патрона в системе LAPUA, клб. 8.61 мм.

Вариант 5.

Исходные данные:

Пуля: бронебойного действия;

Материал сердечника: Сталь ВК15;

Материал рубашки: Свинец ;

Материал оболочки: Томпак Л90;

Материал гильзы: 18ЮА;

Вид оружия: Снайперская винтовка;

Начальная скорость: м/с;

Максимальное давление пороховых газов: МПа;

Толщина брони: 20 мм.

# **Разработка конструкции пули**

## **Составление эскиза, выбор материалов элементов пули**

Практикой проектирования и боевого применения патронов стрелкового оружия отработаны и приняты основные соотношения наружного очертания пуль. Расчетные соотношения для определения размеров приведены в таблице 1. Большинство геометрических параметров выражены в калибрах *d*.

Таблица 1 – Соотношение размеров элементов пуль

|  |  |
| --- | --- |
| Геометрический параметр пули | Расчетные соотношения |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  | не менее 0,3 мм |
|  | не менее 0,5 мм |

В соответствии с данными таблицы 1 были получены следующие значения:

Общая длина пули *L* = 37,25 мм;

Радиус закругления оживальной части *R* = 65 мм;

Длина оживальной части *h1* = 21,81 мм;

Длина цилиндрической части *h2* = 9,44 мм;

Длина конической части *h3* = 6 мм;

Угол конической части *α* = 12°;

Толщина оболочки *S* = 0,7 мм;

Допуск на толщину оболочки ;

Радиус закругления оболочки наружный *r* = 0,6 мм;

Радиус закругления оболочки внутренний r1 = 0,5 мм.

Приняты следующие материалы элементов пули: материал оболочки – Л90; материал сердечника – ВК15.

Эскиз пули с полученными размерами представлен на рисунке 1.

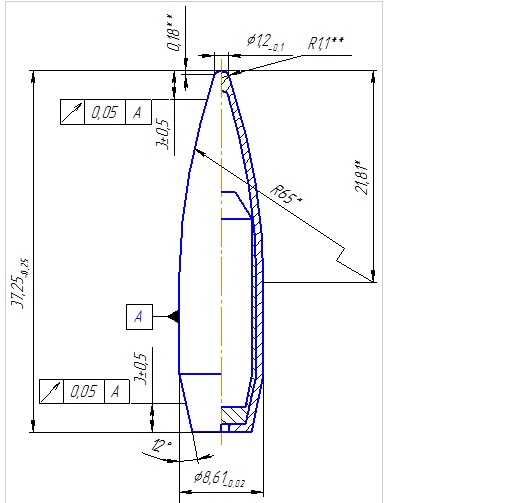


Рисунок 1 – Эскиз пули с полученными размерами

## **Расчет баллистических и динамических характеристик пули**

К динамически и баллистическим характеристикам пули относятся: масса пули , положение центра массы пули относительно её хвостового основания , осевой и экваториальный моменты инерции, коэффициент массы , поперечная нагрузка , баллистический коэффициент *c*, коэффициент формы *i*, коэффициент гироскопической устойчивости .

Масса пули , положение центра масс , осевой и экваториальный моменты инерции и их отношение были рассчитаны с помощью программы Компас-3D (см. приложение 1):

Расчет коэффициента массы:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |
|  |  |

Расчет поперечной нагрузки:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |
|  |  |

Расчет коэффициента формы:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |
|  |  |
|  | (4) |

Расчет баллистического коэффициента:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |
|  |  |

Коэффициент гироскопической устойчивости определен по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

где – расстояние между центром массы и центром сопротивления воздуха; – коэффициент инерции; – аэродинамическая функция опрокидывающего момента; – крутизна нарезов.

Расстояние между центром массы и центром сопротивления воздуха рассчитано по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

где – расстояние от границы ведущей и оживальной части пули до центра массы:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |
|  |  |
|  |  |

Аэродинамическая функция опрокидывающего момента рассчитана по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

где – табличное значение функции для пули длиной 4,5 калибра для начальной скорости [2, с. 92].

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Расчет коэффициента инерции:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |
|  |  |

Расчет крутизны нарезов:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |

где a = 0,70 – параметр стрелкового оружия.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Соответственно угол нарезов равен:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (12) |
|  |  |
|  |  |

## **Расчет бронебойного действия**

В соответствии с техническим заданием, необходимо обеспечить пробитие брони 2П толщиной 20 мм на дистанции 600 м.

Предел сквозного пробития рассчитан по следующей формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (13) |

где – коэффициент твёрдости; – диаметр сердечника,  *–* масса сердечника; – толщина брони; – угол между нормалью к поверхности брони и вектором скорости пули.

Скорость пули на дистанции x=600 м определяется исходя из основного баллистического уравнения:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (14) |

где – значение функции при начальной скорости , найденное с помощью таблицы основных функций [2, прил. 1].

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Для пробития брони должно выполнятся условие:   |  |  | | --- | --- | |  | (15) | |  |

Условие (14) выполняется, так как скорость пули на заданной дистанции больше наименьшей скорости, при которой происходит сквозное пробитие брони.

.

## **Определение дальности прямого выстрела и импульса отдачи**

Дальность прямого выстрела для пуль малого калибра определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (16) |

Так как в формуле неизвестно, необходимо задать начальное значение для решения методом последовательных приближений: . Устанавливаем погрешность определения дальности прямого выстрела

По основному баллистическому уравнению (15) определяем скорость в первом приближении:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Производим сравнение:

Поскольку разность больше погрешности, продолжаем расчет:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Производим сравнение:

Неравенство выполнено. Следовательно дальность прямого выстрела:

Расчет импульса отдачи:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (17) |
|  |  |

## **Оценка надежности функционирования пули**

Возможность срыва пули с нарезов канала ствола оценивают по величине напряжений действующих со стороны ведущего устройства пули на боевую грань нареза:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (18) |

где *N* –максимальная суммарная сила давления ведущего устройства на боевые грани нарезов; – глубина нареза, равная – количество нарезов; – радиальный износ ствола, предельно допустимый износ ствола равен ; – температурная деформация ствола и боеприпаса. Так как используемое оружие – снайперская винтовка, имеет низкую скорострельность, то температурные деформации исключены.

Максимальная суммарная сила давления ведущего устройства на боевые грани нарезов вычисляется по формуле, справедливой для нарезов постоянной крутизны:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (19) |

где – максимальное давление пороховых газов.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Предел прочности для материала Л90 составляет Допускаемое напряжение на срез принимается равным Следовательно, условие прочности выполняется и невозможность срыва пули с нарезов канала ствола обеспечена.

При расчете пули на демонтаж по вылете пули из канала ствола используется условие продольной прочности оболочки: , где – тангенциальное растягивающее напряжение, действующее в стенке ведущей части оболочки.

Тангенциальное напряжение определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (20) |

где – центробежная сила цилиндрической части оболочки;  
 – центробежная сила цилиндрической части рубашки; – усилие сопротивления разрыву рубашки; – толщина оболочки; – допуск на толщину оболочки.

Расчет центробежной силы цилиндрической части рубашки:

(21)

где – плотность свинцовой рубашки; – толщина рубашки; – допуск на толщину рубашки.

Расчет усилия сопротивлению разрыву рубашки:

(22)

где - – предел прочности свинца.

Расчет центробежной силы цилиндрической части оболочки:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (23) |

где – плотность материала оболочки Л90.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Допустимое напряжение разрыву

Условие прочности оболочки также выполняется .

# **Разработка конструкции гильзы**

## **Составление эскиза гильзы**

Гильза изготавливается из стали 18ЮА с не выступающим фланцем.

Эскиз гильзы представлен на рисунке 2.

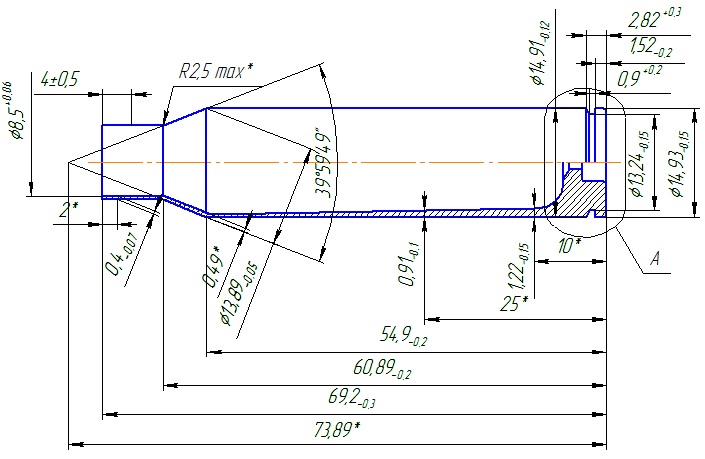


Рисунок 2 – Эскиз гильзы

## **Расчет конечного зазора между гильзой и каморой после выстрела**

Для определения величины конечного зазора применяется программа «ZAZOR».

Исходные данные для расчета распределения конечного зазора в длине гильзы и усилия защемления:

* геометрические параметры гильзы ();
* значения толщины стенки *S* и наружного диаметра *D* в характерных сечениях;
* параметры, характеризующие свойства материала гильзы () и материала ствола ;
* геометрические параметры патронника ();
* параметры температурного состояния гильзы ();

В результате были получены:

* распределение по длине гильзы величин ;
* усилие защемления .

Графики зависимости предела прочности и параметра температурного состояния гильзы от длины L, по сечениям, представлены на рисунке 3.

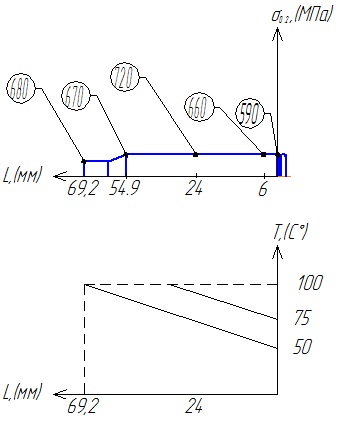


Рисунок 2 – Графики зависимости предела прочности и параметра температурного состояния гильзы от длины

График распределения конечного зазора вдоль корпуса гильзы представлен на рисунке 4.

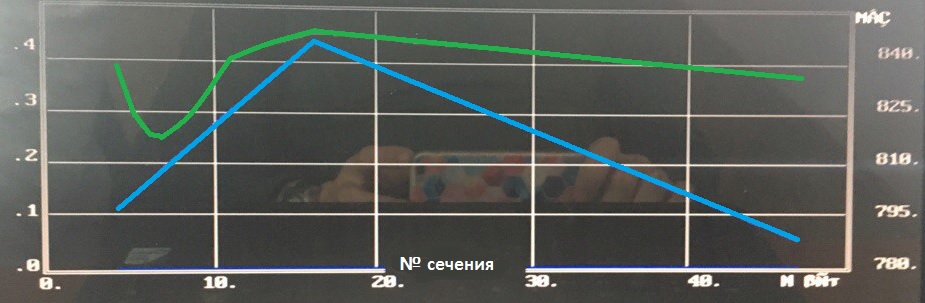
**

Рисунок 4 – Распределение конечного зазора по длине гильзы

## **Расчет гильзы на поперечную прочность**

Проверку прочности корпуса гильзы на возможность поперечного разрыва проводят для моментного участка, где осевая деформация положительна. Величину моментного участка можно приблизительно оценить по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (24) |

где – диаметр дна каморы гильзы в месте сопряжения ; – толщина стенки гильзы в этом сечении.

|  |
| --- |
|  |

Для расчета было выбрано сечение #4 в зоне сопряжения радиусов   
*R-r,* где по результатам расчета Используя зависимость для стали 18ЮА [2, с. 368], было найдено значение (рисунок 5). Также было найдено значение устойчивой деформации материала по графику зависимости (рисунок 6) [1, с. 50].

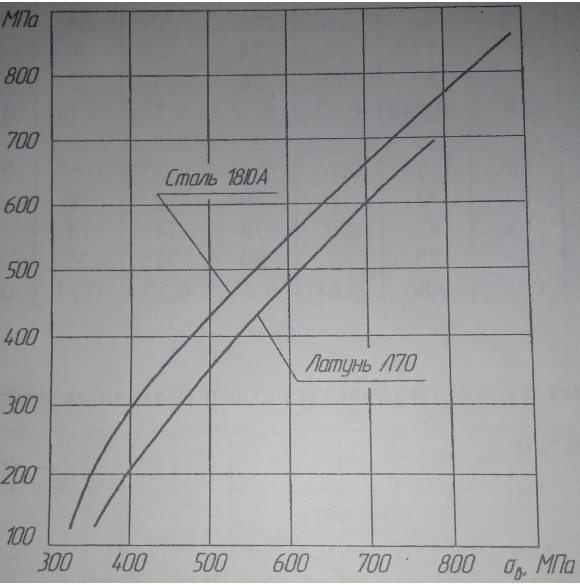


Рисунок 5 - График зависимости

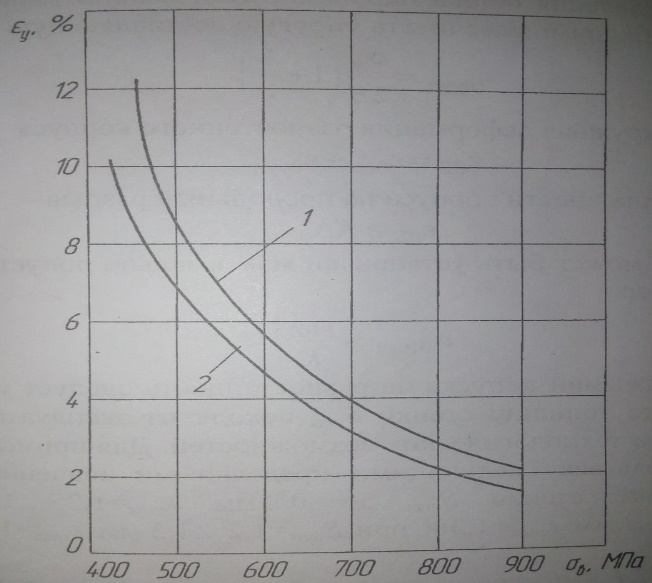


Рисунок 6 - График зависимости :

1- латунь, 2- сталь 18ЮА

Расчет будет выполнен для 7 сечений, так как шаг определяющий количество расчетных сечений корпуса гильзы .

Общую деформацию определяют как сумму пластической и упругой составляющих: . Величину находят в расчетных сечениях по формулам:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (25) |

где – начальный зазор, равный 0,015; – характеристика вида напряженного состояния найденная по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (26) |

где – нормальные напряжения.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (27) |

где найдена по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (28) |

Упругая составляющая рассчитана для каждого расчётного сечения по обобщенному закону Гука:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (29) |

где – коэффициент Пуассона.

Величины напряжений принимаются равными тем, которые получены при расчете конечного зазора (приложение 1).

Результат расчёта осевой деформации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчёта осевой деформации гильзы.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | z |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 11,4 | -80,3 | 510,5 | 826,4 | 0,01259 | 0,30 | 0,003 | 0,016 | 0,008 |
| 5 | 12,4 | -153,1 | 530,1 | 729,0 | 0,01619 | 0,55 | 0,007 | 0,023 | 0,015 |
| 6 | 13,5 | -194,9 | 533,7 | 670,2 | 0,01795 | 0,68 | 0,009 | 0,027 | 0,019 |
| 7 | 14,6 | -213,0 | 522,1 | 655,1 | 0,01791 | 0,69 | 0,009 | 0,027 | 0,019 |
| 8 | 15,7 | -215,5 | 497,2 | 671,6 | 0,01651 | 0,60 | 0,008 | 0,024 | 0,016 |
| 9 | 16,7 | -209,0 | 462,1 | 702,6 | 0,01425 | 0,47 | 0,006 | 0,02 | 0,012 |
| 10 | 17,8 | -197,6 | 420,5 | 736,0 | 0,01156 | 0,32 | 0,004 | 0,015 | 0,007 |

Графики изменения осевой скорректированной деформации при которой представлены на рисунке 7.

Рисунок 7 – Графики распределения осевой и скорректированной деформации

По графику численным методом определена абсолютная деформация удлинения этого участка гильзы:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (30) |

Условие поперечной прочности выполняется при допустимой величине упругой деформации узла запирания

|  |
| --- |
|  |

## **Расчет гильзы на продольную прочность**

Образование продольных трещин на корпусе наиболее вероятно в начальный период функционирования гильзы при значительной разностенности корпуса, небольшом запасе пластичности материала корпуса, завышенном начальном зазоре .

Условием, обеспечивающим невозможность образования продольных трещин, является достаточный запас пластичности материала гильзы и способность его к упругопластической деформации без разрушения при выборе начального зазора.

Тангенциальную деформацию вычисляют как сумму средней остаточной и упругой составляющих :

|  |  |
| --- | --- |
|  | (31) |

Упругую составляющую рассчитывают для всего поперечного сечения по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (32) |

где – модуль Юнга материала гильзы (сталь 18ЮА);  
 – толщина гильзы в нижнем расчетном сечении; – допуск на толщину гильзы.

Для расчета было выбрано сечение #4*,* в зоне сопряжения радиусов   
*R-r,* где по результатам расчета Используя зависимость для стали 18ЮА [2, с. 368], было найдено значение (рисунок 5). Также было найдено значение устойчивой деформации материала по графику зависимости (рисунок 6) [1, с. 47].

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Для расчета остаточной деформации рассматриваемое поперечное сечение представляют в виде половинной развертки от 0 до , разделенной на участки шагом , представленной на рисунке 8.

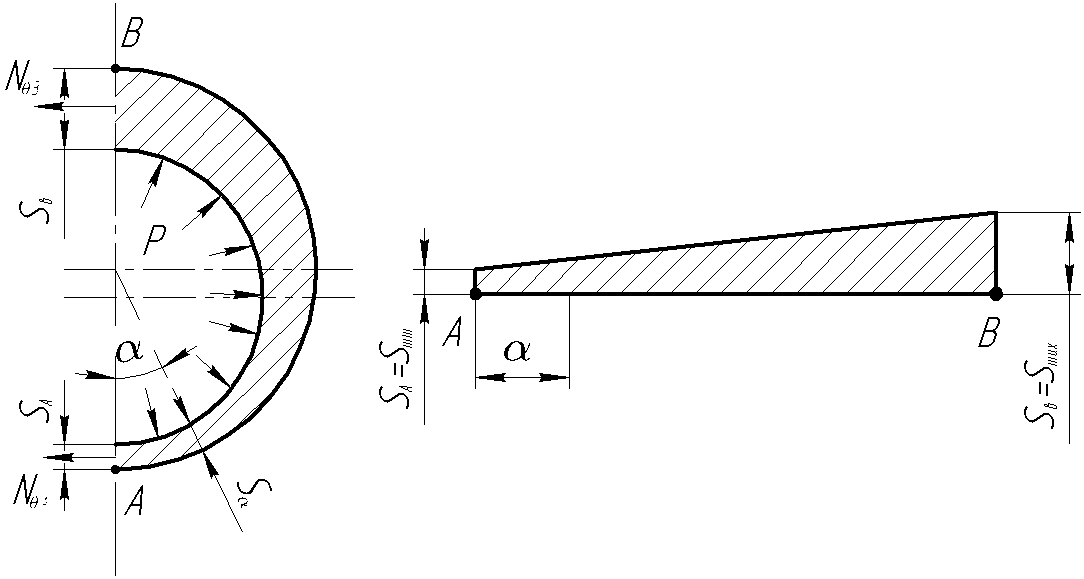


Рисунок 8 – Расчетная модель при определении продольной прочности гильзы

В граничных точках каждого участка рассчитывается величина тангенциальной остаточной деформации по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (33) |

где

|  |  |
| --- | --- |
|  | (34) |
|  | (35) |
|  | (36) |

Показатель упрочняемости материала гильзы принимается 1,7, исходя из графика (рисунок 9) [1, с. 53]

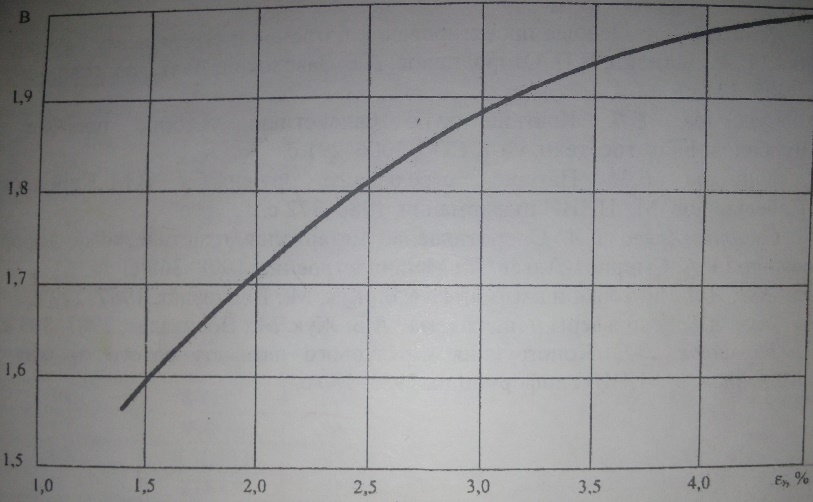


Рисунок 9 – Зависимость коэффициента *В* от устойчивой деформации

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  | (37) |

где

|  |  |
| --- | --- |
|  | (38) |
|  |  |

В сечении рассчитывается суммарная тангенциальная деформация по формуле 32.

После этого определяется средняя тангенциальная деформация поперечного сечения исходя из равенства площадей, ограниченных осями координат и эпюрами величин .

Продольная прочность обеспечена, если выполняются условия:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (39) |
|  | (40) |

Результаты расчета гильзы на продольную прочность представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета гильзы на продольную прочность.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 0 | 1 | 0,019 |  | 0,018 | 0,02 |
| 30 | 0,991 | 0,018 |
| 60 | 0,966 | 0,016 |
| 90 | 0,934 | 0,013 |
| 120 | 0,905 | 0,011 |
| 150 | 0,884 | 0,009 |
| 180 | 0,877 | 0,009 |

График распределения деформации в расчетном сечении представлен на рисунке 10.

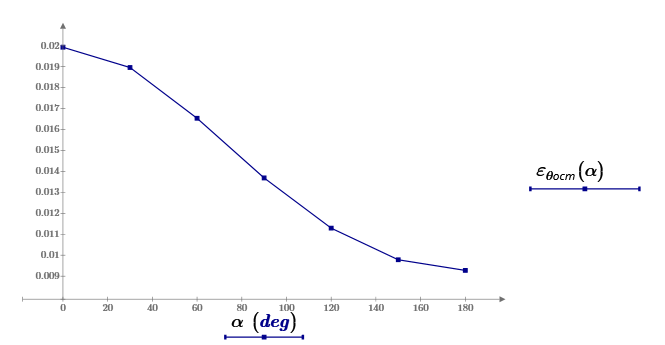


Рисунок 10 – График распределения деформации в расчетном сечении

Проверка условий:

Все условия прочности выполняются. Образование трещин в продольном сечении гильзы исключено.

# **Заключение**

В ходе работы спроектирован патрон с пулей бронебойного действия согласно техническому заданию. Была разработана конструктивная схема, составлены эскизы, рассчитаны динамические и баллистические характеристики:

Произведены необходимые прочностные расчеты пули и гильзы для проверки надежности функционирования при выстреле.

По результатам расчетов:

Пуля способна пробить броню П2 толщиной 2мм на заданном расстоянии 600м. Сбалансирована для ствола с крутизной нарезов и углом . Срыва с нарезов канала ствола и демонтажа по вылете не происходит. Это высокоточное оружие и дальность прямого выстрела , для среднего калибра значительна. Так как особенностью конструкции является тяжелая пуля, содержащая свинцовую рубашку, винтовка имеет значительный импульс отдачи , что показывает её неудобство к использованию.

При заданных механических характеристиках материала гильзы, , условия прочности, при которых не происходит образование:

1. Поперечных трещин – выполняется, при допустимой величине упругой деформации узла запирания ;

2. Продольных трещин – выполняется.

# **Список литературы**

1. Разработка конструкции патрона: Пособие по курсовому и дипломному проектированию. Данилин Г.А., Афанасьев А.С., Титов. А.В. – Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2004. 63 с.
2. Основы проектирования патронов к стрелковому оружию: учебник. 2-е изд., испр. Данилин Г.А., В.П. Огородников, А.Б. Заволокин – Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2010. 368 с.