**Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»им. Д.Ф. Устинова**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»)**

Факультет Е «Оружие и системы вооружения»

Кафедра Е4 «Высокоэнергетические устройства автоматических систем»

Дисциплина «Проектирование выстрелов»

Курсовой проект на тему:

Разработка конструкции патрона клб. 11,6 мм с пулей бронебойного действия для автоматического оружия

Выполнил:

студент гр. Е1М31

Тягин А.С.

Проверил:

Фанифатов А.О.

Санкт-Петербург

2018

## РЕФЕРАТ

Курсовой проект содержит расчётно – пояснительную записку на 31 листах, в том числе 8 рисунков, 4 таблицы, 3 приложения, 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 калибра 11,6 мм с пулей бронебойного действия.

В курсовом проекте определены: конструкция и размеры элементов пули и гильзы; баллистические и динамические характеристики пули; дальность прямого выстрела и импульс отдачи; подобран порох; 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, специализированная программа расчета конечного зазора “ZAZOR”; текстовый редакторы Microsoft Word.

Содержание

[Введение 4](#_Toc516688559)

[Техническое задание 5](#_Toc516688560)

[1.Разработка конструкции пули 6](#_Toc516688561)

[1.1.Составление эскиза, выбор материалов элементов пули 6](#_Toc516688562)

[1.2. Расчет баллистических и динамических характеристик пули 7](#_Toc516688563)

[1.3. Определение бронебойного действия пули 8](#_Toc516688564)

[1.4. Оценка возможности срыва пули с нарезов канала ствола 11](#_Toc516688565)

[1.5.Расчет пули на демонтаж по вылете из канала ствола 13](#_Toc516688566)

[2. Разработка конструкции гильзы 15](#_Toc516688567)

[2.1. Определение условий заряжания 15](#_Toc516688568)

[2.2. Проектирование гильзы 17](#_Toc516688569)

[2.3.Расчет конечного зазора между каморой и гильзой после выстрела 19](#_Toc516688570)

[2.4. Расчет гильзы на продольную прочность 20](#_Toc516688571)

[2.5.Расчет гильзы на поперечную прочность 25](#_Toc516688572)

[2.6.Расчет усилий защемления гильзы 29](#_Toc516688573)

[Выводы 31](#_Toc516688574)

[Список использованных источников 32](#_Toc516688575)

[Приложение 1](#_Toc516688576). 3Д модель пули

[Приложение 2](#_Toc516688577). Исходные данные для программы KLASASM

[Приложение 3](#_Toc516688578). Результаты программы KLASASM

# Введение

В работе спроектирован патрон к автоматическому оружию с пулей бронебойного действия.

Процесс проектирования разделен на два этапа: разработка конструкции пули и гильзы.

Первый этап – проектирование пули включающее в себя: определение конструкции пули, расчет динамических и баллистических характеристик, проверку обеспечения бронебойного действия, оценку 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 состоящие в определении объёма зарядной каморы и характеристик порохового заряда, 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, расчет усилия защемления, расчёт прочности корпуса на продольный и поперечный разрыв, составление чертежей элементов патрона.

# Техническое задание

Разработать конструкцию патрона калибра 11,6 мм с пулей бронебойного действия. Обеспечить пробитие брони толщиной S=24мм с коэффициентом жесткости K=1800 на дистанции X=250м при угле встречи α=150.

# 1.Разработка конструкции пули

## 1.1.Составление эскиза, выбор материалов элементов пули

Выбрана типовая конструктивная схема пули, представленная на рисунке 1.

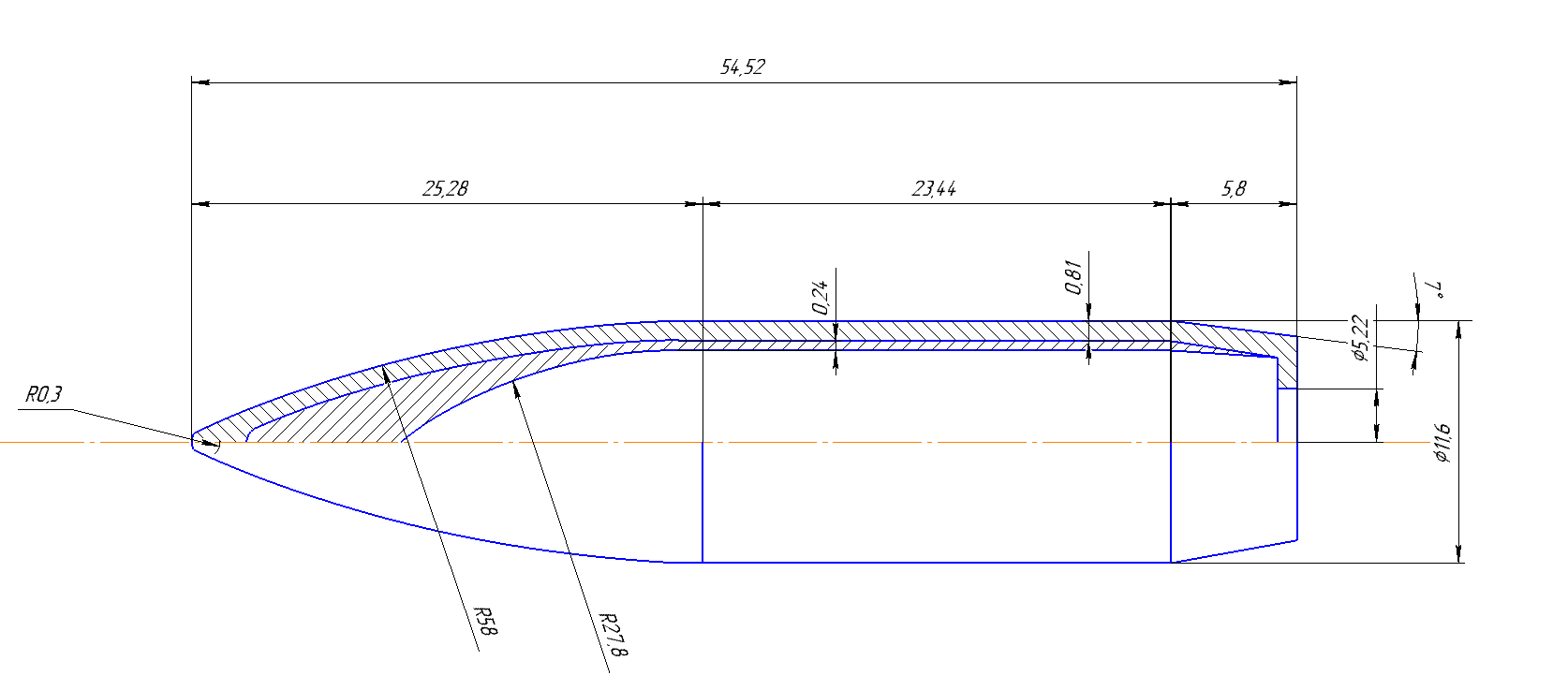


Рисунок 1 – Эскиз пули

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 | Значение |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  | 54,52 мм |
|  |  | 58 мм |

Продолжение таблицы 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  | 25,28 мм |
|  |  | 23,44 мм |
|  |  | 5,8 мм |
|  |  |  |
|  |  | 0,81 мм |
|  |  | 0,24 мм |
|  | (1.5…3.0) | 27,84 мм |
|  | не менее 0,3 мм | 0,3 мм |
|  | не менее 0,5 мм | 0,5 мм |
| d1 | (0.35…0.45)d | 5,22 мм |

Приняты следующие материалы элементов пули:

Материал оболочки – Сталь 10 ГОСТ 1050-88;

материал рубашки – Свинец С0 ГОСТ 3778-98;

материал сердечника – Сталь У10А ГОСТ 1435-99.

## 1.2. Расчет баллистических и динамических характеристик пули

К динамическим и баллистическим характеристикам пули относятся: масса пули массу пули определили из программы КОМПАС-3D, 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 mп = 36,1 г.

Масса сердечника mсрд =19,19 г.

Масса рубашки заряда mруб = 6,9 г.

Масса оболочки mо = 10,03 г.

Положение центра масс xc = 33,81 мм.

Осевой моменты инерции JA = 560 .

Экваториальный моменты инерции JB = 6535 .

Отношение , что удовлетворяет условию (6-12).

Коэффициент формы определен по формуле (1):

(1)

и составляет:

03.

Баллистический коэффициент определен по формуле (2):

(2)

и составляет:

.

## 1.3. Определение бронебойного действия пули

Скорость встречи пули с преградой можно найти, используя основное баллистическое уравнение, представленное далее:

(3)

Техническим заданием установлено расстояние между оружием и преградой Х=250 м.

Начальную скорость выбираем, ориентируясь на аналогичный штатный образец. Пули близкие к калибру 11,6 мм в среднем имеют среднюю скорость 900 м/с.

Функция от начальной скорости по таблице, , тогда функция от скорости в момент встречи с преградой составляет на дистанции 250 метров:

Скорость, соответствующая такому значению функции: .

По условию толщина пробития задана мм, которая имеет коэффициент жесткости К = 1800.

Для определения возможности пробития данной брони, нужно выполнить условие .

Скорость предела сквозного пробития можно определить по формуле:

. (4)

Которая равна:

.

При толщине брони мм условие выполняется, значит броня будет пробита. Превышение составляет 15%.

Коэффициент массы определен по формуле:

(5)

и составляет:

.

Величина поперечной нагрузки определена по формуле:

(6)

и составляет:

.

Также для обеспечения устойчивого полета пули по заданной траектории следует рассчитать необходимую крутизну нарезов :

(7)

где

и составляет:

Коэффициент инерции пули рассчитывается по формуле:

(8)

и составляет

Относительное расстояние между центром масс и центром сопротивления z вычислен по формуле:

(10)

где h- расстояние от границы ведущей и оживальной частей пули до центра масс, h=8,3 мм;

и составляет:

.

Коэффициент гироскопической устойчивости определен по формуле:

(11)

где функция опрокидывающего аэродинамического момента, ускорение свободного падения, ,

и составляет:

*.*

Угол нарезов рассчитывается по формуле:

(12)

и составляет:

.

## 1.4. Оценка возможности срыва пули с нарезов канала ствола

При проектировании необходимо предотвратить срыв с канала ствола, обеспечив выполнение условия прочности:

,

где – допускаемое напряжение смятия для стальной оболочки; – напряжение, действующее со стороны ведущего устройства пули на боевую грань нареза, определяемое по формуле:

, (13)

где N – максимальная суммарная сила давления ведущего устройства на боевые грани нарезов; n – количество нарезов в канале ствола, n=8; – угол наклона нарезов, ; – глубина врезания ведущей части пули в нарезы канала ствола.

Допускаемое напряжение определено по формуле:

.

Указанные характеристики вычислены по следующим формулам:

; (14)

, (15)

где – глубина нареза, для стрелковых образцов оружия принимают:

– радиальный износ ствола:

;

– абсолютные температурные деформации при нагреве ствола и охлаждение пули соответственно:

(16)

(17)

где – коэффициент линейного расширения:

;

– температура нагретого ствола,

;

– температура охлаждения пули,

.

Абсолютные тепловые деформации составляют:

Тогда максимальная сила давления и глубина врезания ведущей части пули в нарезы ствола составляет:

При таких значениях :

Условие прочности принимает вид:

Выполнение этого условия свидетельствует о том, что срыва с нарезов канала ствола проектируемой пули не должно быть.

## 1.5.Расчет пули на демонтаж по вылете из канала ствола

Для оценки возможности демонтажа используют следующее условие прочности:

(18)

МПа,

где 0,75 – поправочный коэффициент; – тангенциальное растягивающее напряжение, возникающее в результате действий центробежных сил инерции, определяемое по формуле:

, (19)

где – центробежная сила массы ведущей части оболочки; – центробежная сила массы цилиндрической части свинцовой рубашки; – усилие сопротивления разрыву свинцовой рубашки; s – толщина оболочки, s=0,81 мм.; – допуск на разностенность оболочки,

Плотность оболочки г/см3.

Плотность рубашки г/см3.

Центробежная сила массы ведущей части оболочки определяется по формуле:

(20)

и составляет:

Центробежная сила массы цилиндрической части свинцовой рубашки определяется по формуле:

(21)

и составляет:

.

Усилие сопротивления разрыву свинцовой рубашки можно найти по формуле:

(22)

где – предел прочности материала свинец С0 рубашки, :

.

Тогда тангенциальное напряжение по формуле составляет:

При таком значении тангенциального растягивающего напряжения условие прочности выглядит следующим образом:

Выполнение условия прочности свидетельствует о том, что демонтажа пули при вылете из канала ствола не произойдет.

# 2. Разработка конструкции гильзы

## 2.1. Определение условий заряжания

Внутрибаллистические расчеты при проектировании патрона сводятся к определению конструктивных параметров патронника оружия и характеристик условий заряжания, при которых пуле калибра d и массы q к моменту вылета из канала ствола сообщается начальная скорость. При этом, принимается допущение, что дульная скорость равна начальной.

При решении задачи следует ориентироваться на характеристики существующих образцов оружия, близких по коэффициенту могущества , МДж/дм3, и дульной энергии E0 , МДж:

; (23)

. (24)

По принятому в соответствии с величиной коэффициенту использования заряда , характеризующему полноту сгорания пороха, определяют массу порохового заряда .

Объем зарядной каморы определяется по следующей формуле:

, (25)

где Δ – плотность заряжания пороха.

Марку пороха подбирают по удельному импульсу пороховых газов в конце горения по следующей формуле:

, (26)

где B – параметр заряжания; f – сила пороха.

По импульсу пороховых газов рассчитывают толщину горящего свода пороха по формуле:

,

где – коэффициент скорости горения пороха.

Дальнейшие расчёты проведены по формулам:

Определяем коэффициент могущества

Производим расчет дульной энергии:

По таблицам [1] определяем:

;

Δ = 0,69 ;

B = 2;

f = 95\*104 .

Определяем массу порохового заряда:

Объем зарядной каморы равен:

Удельный импульс пороховых газов составляет:

.

Скорость горения составляет:

Толщина горящего свода составила:

Данное значение соответствует пороху ВУфл обр. 1943 г.

## 

## 2.2. Проектирование гильзы

Выбрана стандартная конструкция гильзы, без выступающего фланца, изображенная на рисунке 2.

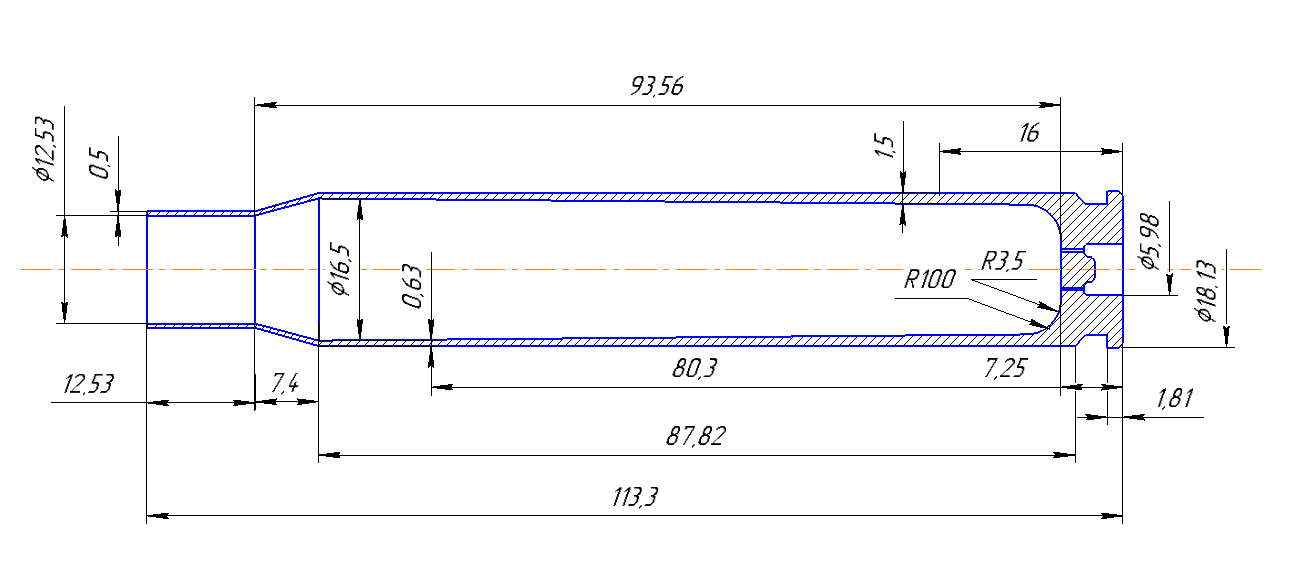


Рисунок 2 – Эскиз гильзы.

Соотношение размеров элементов гильзы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Соотношение размеров элементов гильзы.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Геометрический параметр гильзы | Расчетные соотношения | Значения, мм |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  | 12,53 |
| ψ |  | 1,317 |
|  |  | 93,56 |
|  |  | 16,5 |
|  |  | 7,4 |
|  |  | 1231,5 |
|  |  | 87,82 |
|  |  | 12,53 |
|  |  | 0,5 |
|  |  | 0,63 |
|  |  | 1,5 |

Продолжение таблицы 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  | 12,53 |
|  |  | 16,5 |
|  |  | 18,13 |
|  |  | 7,25 |
|  |  | 1,81 |
|  |  | 1,09 |
|  |  | 2,17 |
|  |  | 5,98 |
| R | 30…120 | 100 |
| r | 1,5…3,5 | 3,5 |

## 

## 2.3.Расчет конечного зазора между каморой и гильзой после выстрела

Для расчета величины конечного зазора использовали специализированную программу кафедры Е4: KLSASM.

Файл исходных данных для расчета в программе KLSASM и результирующий файл представлены в приложении.

Заданы следующие исходные данные:

Tpmax – в 3-х сечениях (7 мм - 70°С, 40 мм - 105°С, 87 мм - 180°С), Тэкс – в 3-х сечениях (7 мм - 105°С, 40 мм - 160°С, 87 мм - 270°С), σ0,2 – в 4-х сечениях (12 мм – 67 МПа, 40 мм – 55 МПа, 55 мм – 53 МПа, 85 мм – 45 МПа), рmax = 300МПа, fтр = 0.08.

График распределения конечного зазора по длине гильзы представлен на рисунке 3.

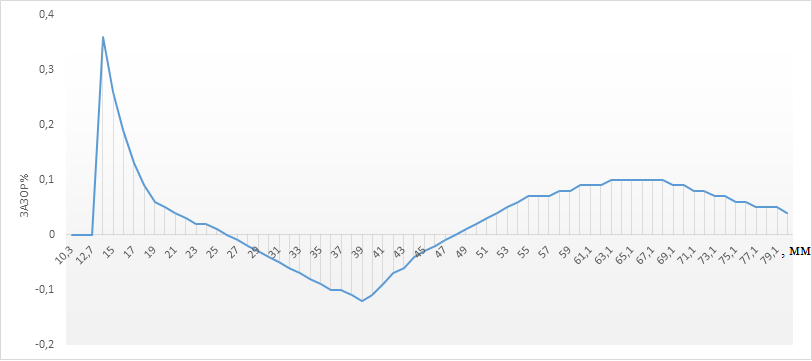


Рисунок 3 – Распределение конечного зазора по длине гильзы

Анализируя график, можно сделать вывод, что защемление гильзы после выстрела принимает приемлемое значение при заданных механических свойствах, геометрии каморы и самой гильзы. Защемление гильзы происходит в нижней части корпуса на расстоянии 26 до 47 от дна гильзы. Максимальное значение защемления происходит на расстоянии от дна 39 мм, усилие защемление равно 87 кгс.

## 2.4. Расчет гильзы на продольную прочность

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

Тангенциальную деформацию вычисляют как сумму средней остаточной и упругой составляющих:

(27)

Упругую составляющую рассчитывают для всего поперечного сечения по формуле:

(28)

где – предел упругости,

;

– модуль Юнга материала гильзы,

;

– толщина гильзы в нижнем расчетном сечении,

;

– допуск на толщину,

Рассматриваемое поперечное сечение представляют в виде половинной развертки от 0 до π, разделенным на участки шагом π/6, представленное на рисунке 4.

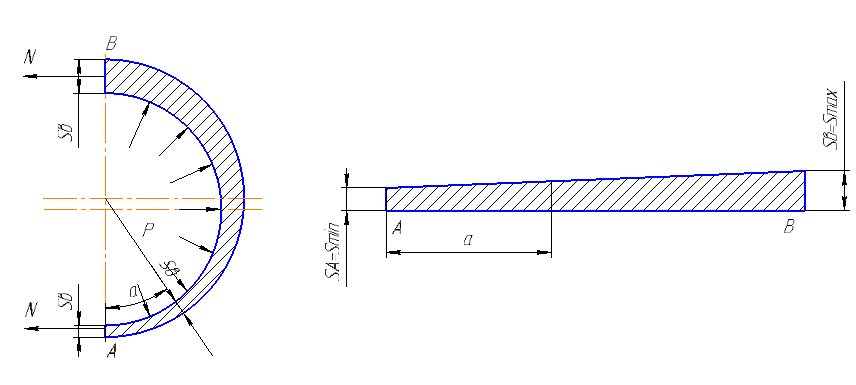


Рисунок 4 – Поперечное сечение, представленное в виде половинной развертки

В граничных точках каждого участка рассчитывают величину тангенциальной остаточной деформации по формуле:

(29)

где:

, (30)

(31)

, (32)

, (33)

, (34)

, (35)

где В – показатель упрочняемости материала гильзы, который принимают по графику (по рис. 21[1]) . Значение также находят по графику на (по рис. 18[1]) в зависимости от величины в расчетном сечении 20 (=0.027). Значение в свою очередь зависит от , определяемое по рис 19 [1]Значение определяется исходя и значений, полученных в результате расчета конечного зазора в специализированной программе кафедры Е4: MAINGER1, в сечении 20, соответствующем толщине в нижней части корпуса.

В двух сечениях (верхнем – у ската и нижнем – в придонном участке) рассчитывают суммарную тангенциальную деформацию по формуле (33), результаты расчета представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов тангенциальной деформации в нижнем расчетном сечении

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Угол | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 |
| c | 0.037 | | | | | | |
| b | 0.132 | | | | | | |
| a | 0.117 | | | | | | |
|  | 1.111 | | | | | | |

Продолжение таблицы 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0.002 | | | | | | |
|  | 1.0 | 0.993 | 0.973 | 0.947 | 0.923 | 0.906 | 0.9 |
|  | 0.025 | 0.024 | 0.022 | 0.019 | 0.016 | 0.015 | 0.014 |
|  | 0.027 | 0.026 | 0.024 | 0.021 | 0.019 | 0.017 | 0.017 |

Определена средняя тангенциальная деформация поперечного сечения исходя из равенства площадей, ограниченных осями координат и функцией , представленных на рисунке 5. Средняя деформация составляет

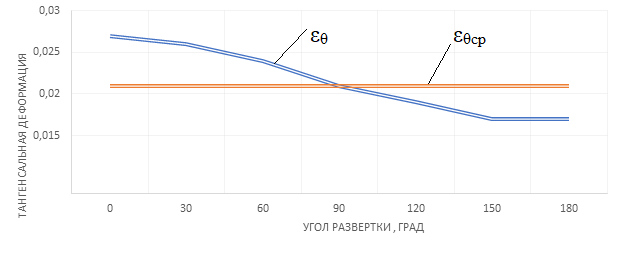


Рисунок 5 – Распределение поперечной деформации по углу развертки в нижнем сечении

Считают, что продольная прочность обеспечена, если выполняются условия:

(36)

Продольная прочность обеспечена не полностью, так как выполняются только одно из условий выбора начального зазора, где с учетом коэффициента затухания влияния дна на деформацию корпуса k=1.2:

– условие выполняется;

– условие выполняется.

Сечение 60 мм.

;

– допуск на толщину,

B=1,99;

=0.047;

;

.

Таблица 4 – Результаты расчетов тангенциальной деформации в нижнем расчетном сечении

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Угол | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 |
| c | 0.046 | | | | | | |
| b | 0.175 | | | | | | |
| a | 0.166 | | | | | | |
|  | 1.111 | | | | | | |
|  | 0.002 | | | | | | |
|  | 1 | 0,993 | 0,973 | 0,947 | 0,923 | 0,906 | 0,9 |
|  | 0,044 | 0,043 | 0,039 | 0,034 | 0,03 | 0,027 | 0,026 |
|  | 0,047 | 0,045 | 0,041 | 0,037 | 0,032 | 0,03 | 0,029 |

Определена средняя тангенциальная деформация поперечного сечения исходя из равенства площадей, ограниченных осями координат и функцией , представленных на рисунке 5. Средняя деформация составляет .

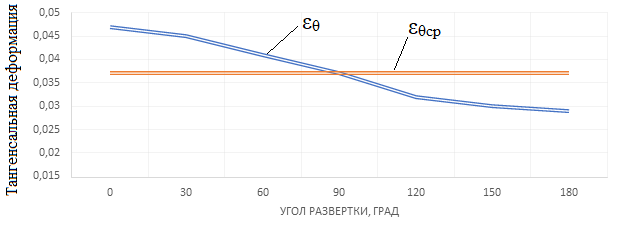


Рисунок 5 – Распределение поперечной деформации по углу развертки для верхнего сечения

Считают, что продольная прочность обеспечена, если выполняются условия:

Продольная прочность обеспечена не полностью, так как выполняются только одно из условий выбора начального зазора, где с учетом коэффициента затухания влияния дна на деформацию корпуса k=1.2:

– условие выполняется;

– условие выполняется.

Продольные трещины не должны образовываться.

## 2.5.Расчет гильзы на поперечную прочность

Под воздействием пороховых газов нижняя часть корпуса гильзы при выстреле испытывает значительную деформацию в осевом направлении вследствие выбора осевого зазора и упругой осадки узла запирания. Расчет проводится в нижнем сечении, на моментном участке, где осевая деформация положительна, ориентировочная протяженность расчетного участка вычисляется по формуле:

, (37)

где – диаметр каморы гильзы в месте сопряжении R и r, – толщина стенки гильзы в этом сечении,

Общую деформацию определяют как сумму остаточной и упругой составляющих:

.

Величину находят в расчетных сечениях по формулам:

, (38)

где =0.015;

, (39)

где – нормальные напряжения.

, (40)

. (41)

Упругую поставляющую рассчитывают для каждого расчетного сечения по обобщенному закону Гука:

, (42)

где –коэффициент Пуассона, , МПа.

Напряжения принимаются равными тем, которые получены при расчете конечного зазора.

Результаты расчёта осевой деформации приведены в таблице 5, распределение деформации на моментном участке представлено на рисунке 6.

Таблица 5 – Деформации в зависимости протяженности моментного участка

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № сечения |  |  |  |  |  |  | ν |
| 5 | -91,7 | 581,3 | 701,8 | 0,004 | 0,009 | 0,013 | 0,696 |
| 10 | -185,4 | 580,3 | 468,7 | 0,005 | 0,024 | 0,029 | 0,709 |
| 15 | -181,4 | 567,5 | 435,1 | 0,005 | 0,027 | 0,032 | 0,646 |
| 20 | -185,8 | 548,9 | 385,5 | 0,005 | 0,033 | 0,038 | 0,555 |
| 25 | -193,7 | 524,7 | 332 | 0,005 | 0,041 | 0,046 | 0,464 |
| 35 | -203,2 | 438,6 | 374,6 | 0,004 | 0,021 | 0,024 | 0,801 |
| 40 | -206 | 379,5 | 416,4 | 0,003 | 0,012 | 0,016 | 0,882 |
| 42 | -207,1 | 353,6 | 428,6 | 0,003 | 0,01 | 0,013 | 0,764 |
| 45 | -208,8 | 312,1 | 442,9 | 0,002 | 0,007 | 0,01 | 0,599 |
| 47 | -210,8 | 282,5 | 445,2 | 0,002 | 0,006 | 0,008 | 0,504 |

Рисунок 6 – Распределение осевой деформации на моментном участке

Максимальная деформация , а предельная устойчивая деформация на моментном участке составляет . Для определения упругой осадки узла запирания необходимо сместить полученный график опустить до величины . Тогда скорректированный график будет выглядеть следующим образом (рис. 7):

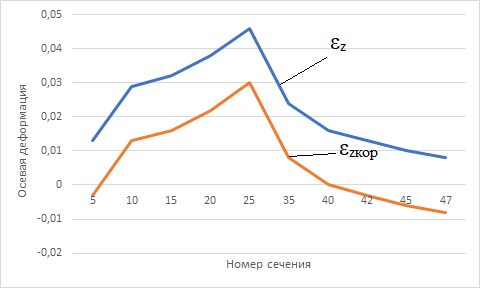


Рисунок 7 – Распределение осевой деформации на моментном участке

Средняя осевая деформация составляет: . Абсолютная упругая осадка узла запирания составляет:

(43)

Абсолютную упругую осадку узла запирания можно определить графически, по рисунку 6 – как площадь под кривой.

Допустимая величина упругой осадки узла запирания составляет:

Исходя из такого значения, можно сделать вывод о том, что допустимая величина упругой осадки узла запирания, гарантирующая невозможность появления поперечных трещин составляет 0.103 мм.

## 

## 2.6.Расчет усилий защемления гильзы

Расчет усилий защемления гильзы базируется на анализе графика распределения конечного зазора по длине гильзы. Защемленные участки корпуса, т.е. участки с натягом – отрицательным конечным зазором разбиваются на n расчетных поясов, в пределах которых реакция каморы и сила трения принимаются средними значениями. Полное усилие защемление определяется по формуле:

, (44)

где - длина расчетного пояса; fтр – коэффициент трения между гильзой и каморой; pk – реакция каморы (к моменту экстракции);

, (45)

где |Δ1| - абсолютное значение натяга в среднем сечении каждого пояса; m = 2Si/Dki – относительная толщина стенки гильзы в среднем сечении пояса.

При расчете характеристик процесса экстракции необходимо знать зависимость усилий защемления от смещения гильзы в патроннике, т.е. зависимость R=R(x). Усилие R вследствие конусности корпуса и постепенного извлечения гильзы за пределы каморы будет падать до нуля.

Смещение XR=0 отвечающее полному снятию натяга, определяется по формуле:

, (46)

где |Δ1|max – максимальный натяга между гильзой и каморой к началу экстракции; β – угол конусности корпуса гильзы.

Для построения графика зависимости R=R(x), исходя из величины XR=0, задаются обычно двумя –тремя промежуточными расчетными смещения XR=0>Xi>0, по которым определяются соответсветствующие им новые (уменьшенные ) значения натяга. В таблице 7 приведены полученные значения.

Таблица 7 – Результаты расчетов усилия защемления.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Pk ,Н\*м2 | XR ,мм | m | Rзащ ,кН |
| 3,36\*168 | 0,335 | 0,112 | 0,09614 |
| 1,332\*106 | 0,133 | 0,111 | 00,4058 |
| 1,09\*105 | 0,011 | 0,109 | 0,003582 |

График зависимости усилия защемления от смещения представлен на рисунке 8.

Рисунок 8 – График зависимости усилия защемления от смещения.

# выводы

В ходе работы спроектирован патрон калибром 11,6 мм бронебойного действия. При проектировании рассчитаны баллистические и динамические характеристики пули и гильзы.

Проведена проверка обеспечения заданного действия: в результате которой установлено, что броня 24 мм на расстоянии 250м будет пробита, что удовлетворяет техническому заданию с запасом 15%.

Спроектированная гильза оценена на возможность защемления в каморе после выстрела. По результатам расчетов с помощью специализированных программ кафедры можно сделать выводы о том, что гильза, с точки зрения защемления в каморе, спроектирована корректно, потому что практически по всей длине образуется положительный зазор, защемление происходит менее чем на 20% от ее длины. Это свидетельствует о том, что экстракция гильз при одиночных выстрелах будет проходить в штатном режиме.

Проведены прочностные расчеты гильзы и пули (демонтаж по вылету и срыв с нарезов канала ствола). По результатам можно сделать вывод о невозможности разрушения гильзы или пули в момент выстрела и полета пули.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Данилин, Г.А. Разработка конструкции патрона: Пособие по курсовому и дипломному проектированию. Данилин Г.А., Афанасьев А.С., Титов. А.В. – Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2008. – С. 63.
2. Данилин, Г.А. 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. – С. 368 с.

# Приложение 1

## C:\DISK D\курсач\графики\приложение 1.png3Д модель пули

# Приложение 2

## Исходные данные для программы KLASASM

7 3 0 0 0 0 0 M 0 MKP0 0 0 0 0 0 0

7.25 9.96 3. TDN,DBD,R3

000 0000 0000 0000 R1,HR1,R2,ALKD ╧OCT

113. 13.43 0.46 H (M-1)

87.8 13.53 0.51 H (M-1)

80.1 16.50 0.72 H (M-1)

39. 0 1.10 H (M-1)

23. 0 1.35 H (M-1)

15. 1.50

6. 21.85 H (M-1)

10000. 0.3 0.000019 EG

4

12. 0 67. 0 0

40. 0 55. 0 0

55. 0 53. 0 0

85. 0 45. 0 1.15

21000. 2.5

106. 12.52

91.41 13.89

87.62 16.73

7. 18.125

3

7. 70. 105.

40. 105. 160.

87. 180. 270.

1.

28. 0.08 0.75

2 96 1

# Приложение 3

## Результаты программы KLASASM

ЗAДAHO 7 CEЧEHИЙ PACЧETHЫЙ УЧACTOK HAЧИHAETCЯ C 3 CEЧEHИЯ

TOЛЩИHA ДHA- 7.250 MM ДИAMETP ПЛOCKOГO ДHA- 9.960 MM PAДИУC CKPУГЛEHИЯ У ДHA - 3.000 MM

PAЗMEPЫ ДETAЛИ ЗAДAHЫ B 7TOЧKAX

PACCTOЯHИE MM HAPУЖHИЙ ДИAMETP MM TOЛЩИHA CTEHKИ MM

113.0000 13.4300 .4600

87.8000 13.5300 .5100

80.1000 16.5000 .7200

39.0000 .0000 1.1000

23.0000 .0000 1.3500

15.0000 .0000 1.5000

6.0000 21.8500 .0000

MOДУЛЬ УПPУГOCTИ ДETAЛИ - .1000E+05KOЭФФИЦИEHT ПУACCO HA- .300 KOЭФИЦИEHT ЛИHEЙHOГO PACШИPEHИЯ- .1900E-04

ПPEДEЛ TEKУЧECTИ ЗAДAH B 4 TOЧKAX KV- 1.15

PACCTOЯHИE OT TOPЦA ПPEДEЛ TEKУЧECTИ

12.000 67.000

40.000 55.000

55.000 53.000

85.000 45.000

ЗAДAHЫ ПOCTOЯHHЫE ДЛЯ KAMOPЫ: MДУЛЬ ЮHГA: .210E+05OTHOШEHИE HAPУЖHOГO ДИAMETPA K BHУTPEHHEMУ: 2.50 CДBИГ .00

PAЗMEPЫ KAMOPЫ : ДИAMETPЫ (BEPXHЯЯ CTPOKA) ; PACCTOЯHИЯ OT CPEЗA KAMOPЫ (HИЖHЯЯ CTPOKA)

DK0 DK1 DK2 DK4

12.520 13.890 16.730 18.125

HK0 HK1 HK2 HK4

106.000 91.410 87.620 7.000

TEMПEPATУPЫ ЗAДAHЫ B 3 TOЧKAX

KOOPДИHATA T ПPИ PMAX T ПPИ ЭKCTPAKЦИИ

7.00 70.00 105.00

40.00 105.00 160.00

87.00 180.00 270.00

ДETAЛЬ УПИPAETCЯ B KAMOPУ CKATOM , PACCTOЯHИE MEЖДУ TOPЦAMИ -4.5MM

BCEГO PACЧETHЫX TOЧEK 70 PACCTOЯHИE ДO CEЧEHИЯ COПPЯЖEHИЯ 10.30MM

MAXCИMAЛЬHOE ДABЛEHИE 28.00 K-T TPEHИЯ .08 KOЭФФИЦИEHT AKSS- .75

. .

. .

. .

. .

. .

. TAБЛИЦA . .

. .

. PAЗMEPЫ,TEMПEPATУPA И ПPEДEЛ TEKУЧECTИ B PACЧETHЫX CEЧEHИЯX ДЛЯ: .

. ─ETA╦▄ 116 ╦AT╙H▄ ─E╚CTB╙▐┘╚╔ BAP╚AHT BEPXH╚╔ ╧PE─E╦ TEK╙╫ECT╚ HOM

. .

. -------------------------------------------------------------------- .

. I N I Z I H I DH I DB I DC I TP I TE I S02 I .

. I I I I I I I I % I I .

. I I MM I MM I MM I MM . I MM . I ГPAД. I ГPAД. I MПA I .

. -------------------------------------------------------------------- .

. I 1 I 10.3 I 1.59 I 21.54 I 18.36 I 19.95 I 73.5 I 110.5 I 763.3 I .

. I 2 I 11.5 I 1.57 I 21.45 I 18.32 I 19.89 I 74.7 I 112.5 I 757.6 I .

. I 3 I 12.7 I 1.54 I 21.37 I 18.28 I 19.83 I 76.0 I 114.4 I 751.9 I .

. I 4 I 13.8 I 1.52 I 21.28 I 18.24 I 19.76 I 77.2 I 116.4 I 746.3 I .

. I 5 I 15.0 I 1.50 I 21.20 I 18.20 I 19.70 I 78.5 I 118.3 I 740.6 I .

. I 6 I 16.0 I 1.48 I 21.13 I 18.17 I 19.65 I 79.5 I 120.0 I 735.8 I .

. I 7 I 17.0 I 1.46 I 21.06 I 18.13 I 19.59 I 80.6 I 121.7 I 730.9 I .

. I 8 I 18.0 I 1.44 I 20.98 I 18.10 I 19.54 I 81.7 I 123.3 I 726.1 I .

. I 9 I 19.0 I 1.42 I 20.91 I 18.06 I 19.49 I 82.7 I 125.0 I 721.3 I .

. I 10 I 20.0 I 1.41 I 20.84 I 18.03 I 19.43 I 83.8 I 126.7 I 716.5 I .

. I 11 I 21.0 I 1.39 I 20.77 I 17.99 I 19.38 I 84.8 I 128.3 I 711.6 I .

. I 12 I 22.0 I 1.37 I 20.69 I 17.96 I 19.33 I 85.9 I 130.0 I 706.8 I .

. I 13 I 23.0 I 1.35 I 20.62 I 17.92 I 19.27 I 87.0 I 131.7 I 702.0 I .

. I 14 I 24.0 I 1.33 I 20.55 I 17.88 I 19.22 I 88.0 I 133.3 I 697.1 I .

. I 15 I 25.0 I 1.32 I 20.48 I 17.84 I 19.16 I 89.1 I 135.0 I 692.3 I .

. I 16 I 26.0 I 1.30 I 20.41 I 17.80 I 19.10 I 90.2 I 136.7 I 687.5 I .

. I 17 I 27.0 I 1.29 I 20.33 I 17.76 I 19.05 I 91.2 I 138.3 I 682.6 I .

. I 18 I 28.0 I 1.27 I 20.26 I 17.72 I 18.99 I 92.3 I 140.0 I 677.8 I .

. I 19 I 29.0 I 1.26 I 20.19 I 17.68 I 18.93 I 93.3 I 141.7 I 673.0 I .

. I 20 I 30.0 I 1.24 I 20.12 I 17.64 I 18.88 I 94.4 I 143.3 I 668.1 I .

. I 21 I 31.0 I 1.23 I 20.05 I 17.60 I 18.82 I 95.5 I 145.0 I 663.3 I .

. I 22 I 32.0 I 1.21 I 19.97 I 17.55 I 18.76 I 96.5 I 146.7 I 658.5 I .

. I 23 I 33.0 I 1.19 I 19.90 I 17.51 I 18.71 I 97.6 I 148.3 I 653.7 I .

. I 24 I 34.0 I 1.18 I 19.83 I 17.47 I 18.65 I 98.6 I 150.0 I 648.8 I .

. I 25 I 35.0 I 1.16 I 19.76 I 17.43 I 18.59 I 99.7 I 151.7 I 644.0 I .

. I 26 I 36.0 I 1.15 I 19.68 I 17.39 I 18.54 I 100.8 I 153.3 I 639.2 I .

. I 27 I 37.0 I 1.13 I 19.61 I 17.35 I 18.48 I 101.8 I 155.0 I 634.3 I .

. I 28 I 38.0 I 1.12 I 19.54 I 17.31 I 18.42 I 102.9 I 156.7 I 629.5 I .

. I 29 I 39.0 I 1.10 I 19.47 I 17.27 I 18.37 I 103.9 I 158.3 I 624.7 I .

. I 30 I 40.0 I 1.09 I 19.40 I 17.21 I 18.30 I 105.0 I 160.0 I 619.8 I .

. I 31 I 41.0 I 1.08 I 19.32 I 17.16 I 18.24 I 106.6 I 162.4 I 618.3 I .

. I 32 I 42.0 I 1.07 I 19.25 I 17.11 I 18.18 I 108.2 I 164.7 I 616.8 I .

. I 33 I 43.0 I 1.06 I 19.18 I 17.05 I 18.11 I 109.8 I 167.0 I 615.3 I .

. I 34 I 44.0 I 1.05 I 19.11 I 17.00 I 18.05 I 111.4 I 169.4 I 613.8 I .

. I 35 I 45.0 I 1.04 I 19.03 I 16.94 I 17.99 I 113.0 I 171.7 I 612.3 I .

. I 36 I 46.0 I 1.04 I 18.96 I 16.89 I 17.93 I 114.6 I 174.1 I 610.8 I .

. I 37 I 47.0 I 1.03 I 18.89 I 16.84 I 17.86 I 116.2 I 176.4 I 609.3 I .

. I 38 I 48.0 I 1.02 I 18.82 I 16.78 I 17.80 I 117.8 I 178.8 I 607.8 I .

. I 39 I 49.0 I 1.01 I 18.74 I 16.73 I 17.74 I 119.4 I 181.1 I 606.3 I .

. I 40 I 50.0 I 1.00 I 18.67 I 16.68 I 17.67 I 121.0 I 183.5 I 604.8 I .

. I 41 I 51.0 I .99 I 18.60 I 16.62 I 17.61 I 122.6 I 185.8 I 603.3 I .

. I 42 I 52.0 I .98 I 18.53 I 16.57 I 17.55 I 124.2 I 188.2 I 601.8 I .

. I 43 I 53.0 I .97 I 18.45 I 16.51 I 17.48 I 125.8 I 190.5 I 600.3 I .

. I 44 I 54.0 I .96 I 18.38 I 16.46 I 17.42 I 127.4 I 192.9 I 598.8 I .

. I 45 I 55.0 I .95 I 18.31 I 16.41 I 17.36 I 129.0 I 195.2 I 597.2 I .

. I 46 I 56.0 I .94 I 18.24 I 16.35 I 17.29 I 130.6 I 197.5 I 594.2 I .

. I 47 I 57.0 I .93 I 18.16 I 16.30 I 17.23 I 132.2 I 199.9 I 591.2 I .

. I 48 I 58.0 I .92 I 18.09 I 16.24 I 17.17 I 133.8 I 202.2 I 588.2 I .

. I 49 I 59.0 I .91 I 18.02 I 16.19 I 17.11 I 135.4 I 204.6 I 585.1 I .

. I 50 I 60.1 I .91 I 17.95 I 16.14 I 17.04 I 137.0 I 206.9 I 582.1 I .

. I 51 I 61.1 I .90 I 17.88 I 16.08 I 16.98 I 138.6 I 209.3 I 579.1 I .

. I 52 I 62.1 I .89 I 17.80 I 16.03 I 16.92 I 140.2 I 211.6 I 576.1 I .

. I 53 I 63.1 I .88 I 17.73 I 15.98 I 16.85 I 141.8 I 214.0 I 573.1 I .

. I 54 I 64.1 I .87 I 17.66 I 15.92 I 16.79 I 143.4 I 216.3 I 570.1 I .

. I 55 I 65.1 I .86 I 17.59 I 15.87 I 16.73 I 145.0 I 218.7 I 567.1 I .

. I 56 I 66.1 I .85 I 17.51 I 15.81 I 16.66 I 146.6 I 221.0 I 564.1 I .

. I 57 I 67.1 I .84 I 17.44 I 15.76 I 16.60 I 148.2 I 223.4 I 561.0 I .

. I 58 I 68.1 I .83 I 17.37 I 15.71 I 16.54 I 149.8 I 225.7 I 558.0 I .

. I 59 I 69.1 I .82 I 17.30 I 15.65 I 16.47 I 151.4 I 228.0 I 555.0 I .

. I 60 I 70.1 I .81 I 17.22 I 15.60 I 16.41 I 153.0 I 230.4 I 552.0 I .

. I 61 I 71.1 I .80 I 17.15 I 15.54 I 16.35 I 154.6 I 232.7 I 549.0 I .

. I 62 I 72.1 I .79 I 17.08 I 15.49 I 16.28 I 156.2 I 235.1 I 546.0 I .

. I 63 I 73.1 I .78 I 17.01 I 15.44 I 16.22 I 157.8 I 237.4 I 543.0 I .

. I 64 I 74.1 I .78 I 16.93 I 15.38 I 16.16 I 159.4 I 239.8 I 540.0 I .

. I 65 I 75.1 I .77 I 16.86 I 15.33 I 16.10 I 161.0 I 242.1 I 536.9 I .

. I 66 I 76.1 I .76 I 16.79 I 15.28 I 16.03 I 162.6 I 244.5 I 533.9 I .

. I 67 I 77.1 I .75 I 16.72 I 15.22 I 15.97 I 164.2 I 246.8 I 530.9 I .

. I 68 I 78.1 I .74 I 16.64 I 15.17 I 15.91 I 165.8 I 249.2 I 527.9 I .

. I 69 I 79.1 I .73 I 16.57 I 15.11 I 15.84 I 167.4 I 251.5 I 524.9 I .

. I 70 I 80.1 I .72 I 16.50 I 15.06 I 15.78 I 169.0 I 253.9 I 521.9 I .

. -------------------------------------------------------------------- .

. .

. .

. .

. .

. .

. .

. .

. .

. .

. .

. .

. .

. .

. .

. .

. TAБЛИЦA . .

. .

. HAПPЯЖEHИЯ,ДEФOPMAЦИИ И УCИЛИE ЗAЩEMЛEHИЯ ПOCЛE ИCПЫTAHИЯ УДAPOM

. ─ETA╦▄ 116 ╦AT╙H▄ ─E╚CTB╙▐┘╚╔ BAP╚AHT BEPXH╚╔ ╧PE─E╦ TEK╙╫ECT╚ HOM

. .

. -------------------------------------------------------------------- .

. I N I SR I SZ I SN I ETG I EUG I EK I D1 I R I .

. I I I I I I I I I I .

. I I MПA I MПA I MПA I % I % I % I % I KH. I .

. -------------------------------------------------------------------- .

. I 1 I 191.8 I 544.9 I1067.7 I .00 I .00 I .00 I .00 I .87 I .

. I 2 I 140.1 I 554.3 I1014.5 I .00 I .00 I .00 I .00 I .87 I .

. I 3 I 56.7 I 564.0 I 920.6 I .00 I .00 I .00 I .00 I .87 I .

. I 4 I -25.7 I 575.0 I 809.8 I -.07 I .66 I .23 I .36 I .87 I .

. I 5 I -91.7 I 581.3 I 701.8 I -.08 I .57 I .23 I .26 I .87 I .

. I 6 I -131.9 I 583.8 I 622.5 I -.08 I .50 I .23 I .19 I .87 I .

. I 7 I -158.6 I 584.3 I 559.8 I -.08 I .44 I .23 I .13 I .87 I .

. I 8 I -174.4 I 583.6 I 514.9 I -.08 I .40 I .23 I .09 I .87 I .

. I 9 I -182.4 I 582.1 I 485.9 I -.08 I .37 I .23 I .06 I .87 I .

. I 10 I -185.4 I 580.3 I 468.7 I -.08 I .36 I .23 I .05 I .87 I .

. I 11 I -185.6 I 578.3 I 458.6 I -.08 I .35 I .23 I .04 I .87 I .

. I 12 I -184.5 I 576.2 I 451.8 I -.08 I .34 I .23 I .03 I .87 I .

. I 13 I -183.2 I 574.1 I 445.5 I -.08 I .33 I .23 I .02 I .87 I .

. I 14 I -182.0 I 570.8 I 441.1 I -.09 I .33 I .23 I .02 I .87 I .

. I 15 I -181.4 I 567.5 I 435.1 I -.09 I .33 I .23 I .01 I .87 I .

. I 16 I -181.5 I 564.1 I 427.4 I -.09 I .32 I .23 I .00 I .87 I .

. I 17 I -182.0 I 560.5 I 418.2 I -.09 I .31 I .23 I -.01 I .86 I .

. I 18 I -183.0 I 556.9 I 407.9 I -.09 I .30 I .23 I -.02 I .85 I .

. I 19 I -184.3 I 553.0 I 396.9 I -.09 I .29 I .23 I -.03 I .84 I .

. I 20 I -185.8 I 548.9 I 385.5 I -.09 I .28 I .23 I -.04 I .81 I .

. I 21 I -187.4 I 544.5 I 374.1 I -.09 I .27 I .23 I -.05 I .78 I .

. I 22 I -189.0 I 540.0 I 362.8 I -.10 I .26 I .23 I -.06 I .74 I .

. I 23 I -190.6 I 535.1 I 351.9 I -.10 I .25 I .23 I -.07 I .69 I .

. I 24 I -192.1 I 530.0 I 341.6 I -.10 I .25 I .23 I -.08 I .64 I .

. I 25 I -193.7 I 524.7 I 332.0 I -.10 I .24 I .23 I -.09 I .58 I .

. I 26 I -195.2 I 519.0 I 323.2 I -.10 I .23 I .23 I -.10 I .52 I .

. I 27 I -196.6 I 513.1 I 315.2 I -.10 I .22 I .23 I -.10 I .45 I .

. I 28 I -198.1 I 506.8 I 308.1 I -.10 I .22 I .23 I -.11 I .38 I .

. I 29 I -199.5 I 500.2 I 302.0 I -.10 I .22 I .23 I -.12 I .30 I .

. I 30 I -200.5 I 490.6 I 306.4 I -.10 I .22 I .23 I -.11 I .23 I .

. I 31 I -201.0 I 480.7 I 323.6 I -.11 I .24 I .23 I -.09 I .17 I .

. I 32 I -201.6 I 470.6 I 338.6 I -.11 I .26 I .23 I -.07 I .12 I .

. I 33 I -202.1 I 460.2 I 351.8 I -.11 I .28 I .23 I -.06 I .08 I .

. I 34 I -202.7 I 449.5 I 363.7 I -.11 I .30 I .23 I -.04 I .05 I .

. I 35 I -203.2 I 438.6 I 374.6 I -.11 I .31 I .23 I -.03 I .02 I .

. I 36 I -203.8 I 427.4 I 384.4 I -.11 I .32 I .23 I -.02 I .01 I .

. I 37 I -204.3 I 415.9 I 393.5 I -.11 I .34 I .23 I -.01 I .00 I .

. I 38 I -204.9 I 404.0 I 401.8 I -.12 I .35 I .23 I .00 I .00 I .

. I 39 I -205.5 I 391.9 I 409.4 I -.12 I .36 I .23 I .01 I .00 I .

. I 40 I -206.0 I 379.5 I 416.4 I -.12 I .37 I .23 I .02 I .00 I .

. I 41 I -206.6 I 366.7 I 422.8 I -.12 I .38 I .23 I .03 I .00 I .

. I 42 I -207.1 I 353.6 I 428.6 I -.12 I .39 I .23 I .04 I .00 I .

. I 43 I -207.7 I 340.1 I 434.0 I -.12 I .40 I .23 I .05 I .00 I .

. I 44 I -208.3 I 326.3 I 438.7 I -.12 I .41 I .23 I .06 I .00 I .

. I 45 I -208.8 I 312.1 I 442.9 I -.13 I .42 I .23 I .07 I .00 I .

. I 46 I -209.6 I 297.5 I 444.2 I -.13 I .43 I .23 I .07 I .00 I .

. I 47 I -210.3 I 282.5 I 445.2 I -.13 I .43 I .23 I .07 I .00 I .

. I 48 I -211.0 I 267.1 I 445.7 I -.13 I .44 I .23 I .08 I .00 I .

. I 49 I -211.8 I 251.2 I 445.9 I -.13 I .44 I .23 I .08 I .00 I .

. I 50 I -212.5 I 234.9 I 445.7 I -.13 I .45 I .23 I .09 I .00 I .

. I 51 I -213.2 I 218.1 I 445.0 I -.13 I .45 I .23 I .09 I .00 I .

. I 52 I -213.9 I 200.8 I 443.9 I -.14 I .46 I .23 I .09 I .00 I .

. I 53 I -214.7 I 183.1 I 442.2 I -.14 I .46 I .23 I .10 I .00 I .

. I 54 I -215.4 I 164.8 I 440.1 I -.14 I .46 I .23 I .10 I .00 I .

. I 55 I -216.1 I 146.0 I 437.4 I -.14 I .47 I .23 I .10 I .00 I .

. I 56 I -216.8 I 126.6 I 434.2 I -.14 I .47 I .23 I .10 I .00 I .

. I 57 I -217.5 I 106.7 I 430.3 I -.14 I .47 I .23 I .10 I .00 I .

. I 58 I -218.3 I 103.9 I 426.1 I -.14 I .47 I .23 I .10 I .00 I .

. I 59 I -219.0 I 101.5 I 421.9 I -.15 I .47 I .23 I .09 I .00 I .

. I 60 I -219.7 I 99.0 I 417.7 I -.15 I .46 I .23 I .09 I .00 I .

. I 61 I -220.4 I 96.6 I 413.5 I -.15 I .46 I .23 I .08 I .00 I .

. I 62 I -221.1 I 94.1 I 409.3 I -.15 I .46 I .23 I .08 I .00 I .

. I 63 I -221.8 I 91.7 I 405.1 I -.15 I .45 I .23 I .07 I .00 I .

. I 64 I -222.5 I 89.2 I 401.0 I -.15 I .45 I .23 I .07 I .00 I .

. I 65 I -223.2 I 86.8 I 396.8 I -.15 I .45 I .23 I .06 I .00 I .

. I 66 I -223.9 I 84.3 I 392.6 I -.16 I .44 I .23 I .06 I .00 I .

. I 67 I -224.6 I 81.9 I 388.4 I -.16 I .44 I .23 I .05 I .00 I .

. I 68 I -225.3 I 79.4 I 384.2 I -.16 I .44 I .23 I .05 I .00 I .

. I 69 I -226.0 I 77.0 I 380.0 I -.16 I .43 I .23 I .05 I .00 I .

. I 70 I -226.7 I 74.6 I 375.9 I -.16 I .43 I .23 I .04 I .00 I .

. -------------------------------------------------------------------- .