

Исходные данные:

Калибр орудия: $d := 0.023$ м

$$g := 9.807 \text{ м/с}^2$$

порох марки ВТ 5/5 Патрон 23x115 с бронебойно-зажигательной пулей

1) Сила пороха $f := 95000$ кгм/кг

2) Коволюм $\alpha := 0.00098$ м³/кг

3) Плотность пороха $\delta := 1600$ кг/м³

4) Характеристика $A := 7.5 \cdot 10^{-9}$ м³/сек*кг

5) Характеристика $\Theta := 0.2$

6) Вес заряда $\omega := 0.033$ кг

7) Габариты пороховой трубки $e_0 := \frac{0.0005}{2} = 2.5 \cdot 10^{-4}$ м $a := \frac{0.005}{2} = 0.003$ м

8) Характеристики формы пороха $\nu := 1 + \frac{e_0}{a} = 1.1$ м $\lambda := \frac{e_0}{a + e_0} = 0.091$ м $\mu := 0$ м

9) Плотность заряжания $\Delta := 800$ кг/м³

10) Площадь поперечного сечения канала $S := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 4.155 \cdot 10^{-4}$ м²

11) Полный путь снаряда в канале $L := 50 \cdot d \cdot 1.1 = 1.265$ м

12) Вес откатных частей $Q_0 := 7670 \cdot \pi \cdot \left(d^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right) \cdot L \cdot 1.2 = 14.512$ кг

13) Вес снаряда $q := 0.2$ кг

14) Коэффициент формы снаряда $i := 0.5$

15) Давление форсирования $P_0 := 4000000$ кг/м²

16) Коэффициент фиктивности $\varphi := 1.05 + \frac{1}{3} \cdot \frac{\omega}{q} = 1.105$

Внутренняя баллистика

Предварительные вычисления

$$\nu_1 := \nu \cdot (2 - \lambda + 0.5 \cdot \mu) - 1 = 1.1$$

$$R_\Delta := \frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta} = 6.25 \cdot 10^{-4}$$

$$\Psi_0 := \frac{R_\Delta}{\frac{f}{P_0} + R_\alpha} = 0.026$$

$$z_0 := \frac{1 - \sigma_0}{2 \cdot \lambda_1} = 0.024$$

$$\xi := \frac{\varphi \cdot q}{g \cdot S} = 54.239$$

$$V := \frac{\tau \cdot \sigma_0}{\lambda_1 \cdot \xi} = 6.731 \cdot 10^3$$

$$j := \frac{\omega}{S} = 79.427$$

$$l_\alpha := j \cdot R_\alpha = 0.028$$

$$K := l_\alpha \cdot \gamma = 0.34$$

$$\beta := \frac{\Psi_0}{\gamma} = 0.002$$

$$C := 1 + \frac{\Theta}{h} = 3.703$$

$$X_K := \frac{\lambda}{\sigma_0} \cdot (1 - z_0) = 0.089$$

$$\lambda_1 := 1 - \frac{1}{\nu_1} = 0.091$$

$$R_\alpha := \alpha - \frac{1}{\delta} = 3.55 \cdot 10^{-4}$$

$$\sigma_0 := \sqrt{1 - \frac{4 \cdot \lambda \cdot \Psi_0}{\nu_1}} = 0.996$$

$$i := \frac{Q_0 + q}{Q_0} = 1.014$$

$$\tau := \frac{e_0}{A} = 3.333 \cdot 10^4$$

$$\gamma := \frac{\nu_1 \cdot \sigma_0}{\lambda_1} = 12.048$$

$$l_\Delta := j \cdot R_\Delta = 0.05$$

$$l_0 := l_\Delta - l_\alpha \cdot \Psi_0 = 0.049$$

$$F := \frac{f \cdot j \cdot \gamma}{V} = 1.351 \cdot 10^4$$

$$h := \frac{2 \cdot F}{\xi \cdot V} = 0.074$$

$$D := \frac{i}{h + \Theta} = 3.7$$

Определении функции ε и ε_1

Разделим полный промежуток интегрирования X_K на 20 равных интервалов ΔX

$$\Delta X := \frac{X_K}{20} = 0.004$$

$$x_1 := 0$$

$$x_4 := x_3 + \Delta X = 0.013$$

$$x_7 := x_6 + \Delta X = 0.027$$

$$x_{10} := x_9 + \Delta X = 0.04$$

$$x_{13} := x_{12} + \Delta X = 0.053$$

$$x_{16} := x_{15} + 2 \Delta X = 0.071$$

$$x_2 := x_1 + \Delta X = 0.004$$

$$x_5 := x_4 + \Delta X = 0.018$$

$$x_8 := x_7 + \Delta X = 0.031$$

$$x_{11} := x_{10} + \Delta X = 0.045$$

$$x_{14} := x_{11} + 2 \Delta X = 0.053$$

$$x_{17} := x_{16} + 2 \Delta X = 0.08$$

$$x_3 := x_2 + \Delta X = 0.009$$

$$x_6 := x_5 + \Delta X = 0.022$$

$$x_9 := x_8 + \Delta X = 0.036$$

$$x_{12} := x_{11} + \Delta X = 0.049$$

$$x_{15} := x_{14} + 2 \Delta X = 0.062$$

$$x_{18} := x_{17} + 2 \Delta X = 0.089$$

Сначала находим численным интегрированием функцию:

$$y_1 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_1 \cdot \log(e)}{\beta + x_1 - C \cdot x_1^2} = 0$$

$$y_3 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_3 \cdot \log(e)}{\beta + x_3 - C \cdot x_3^2} = 9.849$$

$$y_5 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_5 \cdot \log(e)}{\beta + x_5 - C \cdot x_5^2} = 11.285$$

$$y_7 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_7 \cdot \log(e)}{\beta + x_7 - C \cdot x_7^2} = 12.127$$

$$y_9 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_9 \cdot \log(e)}{\beta + x_9 - C \cdot x_9^2} = 12.821$$

$$y_{11} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{11} \cdot \log(e)}{\beta + x_{11} - C \cdot x_{11}^2} = 13.476$$

$$y_{13} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{13} \cdot \log(e)}{\beta + x_{13} - C \cdot x_{13}^2} = 14.133$$

$$y_{15} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{15} \cdot \log(e)}{\beta + x_{15} - C \cdot x_{15}^2} = 14.814$$

$$y_{17} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{17} \cdot \log(e)}{\beta + x_{17} - C \cdot x_{17}^2} = 16.31$$

$$y_2 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_2 \cdot \log(e)}{\beta + x_2 - C \cdot x_2^2} = 8.117$$

$$y_4 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_4 \cdot \log(e)}{\beta + x_4 - C \cdot x_4^2} = 10.709$$

$$y_6 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_6 \cdot \log(e)}{\beta + x_6 - C \cdot x_6^2} = 11.737$$

$$y_8 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_8 \cdot \log(e)}{\beta + x_8 - C \cdot x_8^2} = 12.483$$

$$y_{10} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{10} \cdot \log(e)}{\beta + x_{10} - C \cdot x_{10}^2} = 13.15$$

$$y_{12} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{12} \cdot \log(e)}{\beta + x_{12} - C \cdot x_{12}^2} = 13.802$$

$$y_{14} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{14} \cdot \log(e)}{\beta + x_{14} - C \cdot x_{14}^2} = 14.133$$

$$y_{16} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{16} \cdot \log(e)}{\beta + x_{16} - C \cdot x_{16}^2} = 15.536$$

$$y_{18} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{18} \cdot \log(e)}{\beta + x_{18} - C \cdot x_{18}^2} = 17.149$$

Вспомогательная функция при интегрировании равна:

$$\begin{aligned}
 \Phi_1 &:= \Delta X \cdot y_1 = 0 & \Phi_2 &:= \Delta X \cdot y_2 = 0.036 & \Phi_3 &:= \Delta X \cdot y_3 = 0.044 \\
 \Phi_4 &:= \Delta X \cdot y_4 = 0.048 & \Phi_5 &:= \Delta X \cdot y_5 = 0.05 & \Phi_6 &:= \Delta X \cdot y_6 = 0.052 \\
 \Phi_7 &:= \Delta X \cdot y_7 = 0.054 & \Phi_8 &:= \Delta X \cdot y_8 = 0.056 & \Phi_9 &:= \Delta X \cdot y_9 = 0.057 \\
 \Phi_{10} &:= \Delta X \cdot y_{10} = 0.059 & \Phi_{11} &:= \Delta X \cdot y_{11} = 0.06 & \Phi_{12} &:= \Delta X \cdot y_{12} = 0.062 \\
 \Phi_{13} &:= \Delta X \cdot y_{13} = 0.063 & \Phi_{14} &:= 2 \Delta X \cdot y_{14} = 0.126 & \Phi_{15} &:= 2 \Delta X \cdot y_{15} = 0.132 \\
 \Phi_{16} &:= 2 \Delta X \cdot y_{16} = 0.138 & \Phi_{17} &:= 2 \Delta X \cdot y_{17} = 0.145 & \Phi_{18} &:= 2 \Delta X \cdot y_{18} = 0.153
 \end{aligned}$$

Колонка для $\Delta\Phi$

$$\Delta\Phi_1 := \Phi_2 - \Phi_1 = 0.036 \quad \Delta\Phi_2 := \Phi_3 - \Phi_2 = 0.008 \quad \Delta\Phi_3 := \Phi_4 - \Phi_3 = 0.004$$

Колонка для $\Delta^2\Phi$

$$\Delta^2\Phi_1 := \Delta\Phi_2 - \Delta\Phi_1 = -0.028 \quad \Delta^2\Phi_2 := \Delta\Phi_3 - \Delta\Phi_2 = -0.004$$

Колонка для $\Delta^3\Phi$

$$\Delta^3\Phi_1 := \Delta^2\Phi_2 - \Delta^2\Phi_1 = 0.025$$

Колонка для $\Delta\epsilon$

$$\Delta\epsilon_1 := \Phi_1 + \frac{1}{2} \cdot \Delta\Phi_1 - \frac{1}{12} \cdot \Delta^2\Phi_1 + \frac{1}{24} \cdot \Delta^3\Phi_1 = 0.021$$

Колонка для ϵ

$$\epsilon_1 := 0 + \Delta\epsilon_1 = 0.021$$

Таблица 2.1.

х	ε	Δε	Φ	ΔΦ	Δ ² Φ	Δ ³ Φ
0,0000	0,0000	0,0215	0,0000	0,0362	-0,0285	0,0246
0,0045	0,0215	0,0405	0,0362	0,0077	-0,0039	0,0026
0,0089	0,0620	0,0460	0,0439	0,0038	-0,0013	0,0007
0,0134	0,1079	0,0491	0,0477	0,0026	-0,0006	0,0003
0,0178	0,1570	0,0513	0,0503	0,0020	-0,0003	
0,0223	0,2083	0,0532	0,0523	0,0017	-0,0002	
0,0267	0,2615	0,0549	0,0541	0,0016	-0,0001	
0,0312	0,3164	0,0564	0,0556	0,0015	0,0000	
0,0357	0,3728	0,0579	0,0571	0,0015	0,0000	
0,0401	0,4306	0,0593	0,0586	0,0015	0,0000	
0,0446	0,4900	0,0608	0,0601	0,0015	0,0000	
0,0490	0,5508	0,0623	0,0615	0,0015	0,0000	
0,0535	0,6130		0,0630			
0,0535	0,6130	0,1290	0,1260	0,0061	0,0004	
0,0624	0,7420	0,1352	0,1321	0,0064	0,0005	
0,0713	0,8773	0,1419	0,1385	0,0069	0,0006	
0,0802	1,0192	0,1491	0,1454	0,0075		
0,0891	1,1683		0,1529			

Переходим к вычислению функции ε_1 согласно соотношению:

$$\begin{aligned}y_1 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_1) \cdot 10^{-\varepsilon_1} = -0.34 \\y_3 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_3) \cdot 10^{-\varepsilon_3} = -0.289 \\y_5 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_5) \cdot 10^{-\varepsilon_5} = -0.228 \\y_7 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_7) \cdot 10^{-\varepsilon_7} = -0.176 \\y_9 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_9) \cdot 10^{-\varepsilon_9} = -0.134 \\y_{11} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{11}) \cdot 10^{-\varepsilon_{11}} = -0.1 \\y_{13} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{13}) \cdot 10^{-\varepsilon_{13}} = -0.074 \\y_{15} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{15}) \cdot 10^{-\varepsilon_{15}} = -0.054 \\y_{17} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{17}) \cdot 10^{-\varepsilon_{17}} = -0.027\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_2 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_2) \cdot 10^{-\varepsilon_2} = -0.32 \\y_4 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_4) \cdot 10^{-\varepsilon_4} = -0.258 \\y_6 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_6) \cdot 10^{-\varepsilon_6} = -0.201 \\y_8 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_8) \cdot 10^{-\varepsilon_8} = -0.154 \\y_{10} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{10}) \cdot 10^{-\varepsilon_{10}} = -0.116 \\y_{12} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{12}) \cdot 10^{-\varepsilon_{12}} = -0.086 \\y_{14} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{14}) \cdot 10^{-\varepsilon_{14}} = -0.074 \\y_{16} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{16}) \cdot 10^{-\varepsilon_{16}} = -0.039 \\y_{18} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{18}) \cdot 10^{-\varepsilon_{18}} = -0.019\end{aligned}$$

Вспомогательная функция Φ здесь равна

$$\begin{aligned}\Phi_1 &:= \Delta X \cdot y_1 = -0.002 & \Phi_2 &:= \Delta X \cdot y_2 = -0.001 & \Phi_3 &:= \Delta X \cdot y_3 = -0.001 \\ \Phi_4 &:= \Delta X \cdot y_4 = -0.001 & \Phi_5 &:= \Delta X \cdot y_5 = -0.001 & \Phi_6 &:= \Delta X \cdot y_6 = -8.955 \cdot 10^{-4} \\ \Phi_7 &:= \Delta X \cdot y_7 = -7.849 \cdot 10^{-4} & \Phi_8 &:= \Delta X \cdot y_8 = -6.852 \cdot 10^{-4} & \Phi_9 &:= \Delta X \cdot y_9 = -5.961 \cdot 10^{-4} \\ \Phi_{10} &:= \Delta X \cdot y_{10} = -5.167 \cdot 10^{-4} & \Phi_{11} &:= \Delta X \cdot y_{11} = -4.463 \cdot 10^{-4} & \Phi_{12} &:= \Delta X \cdot y_{12} = -3.842 \cdot 10^{-4} \\ \Phi_{13} &:= \Delta X \cdot y_{13} = -3.296 \cdot 10^{-4} & \Phi_{14} &:= 2 \Delta X \cdot y_{14} = -6.593 \cdot 10^{-4} & \Phi_{15} &:= 2 \Delta X \cdot y_{15} = -4.801 \cdot 10^{-4} \\ \Phi_{16} &:= 2 \Delta X \cdot y_{16} = -3.444 \cdot 10^{-4} & \Phi_{17} &:= 2 \Delta X \cdot y_{17} = -2.433 \cdot 10^{-4} & \Phi_{18} &:= 2 \Delta X \cdot y_{18} = -1.689 \cdot 10^{-4}\end{aligned}$$

Значения функции заданные в таблице 2.2., составлены аналогично таблице 2.1

Для $x_1 := 0 \Rightarrow \varepsilon_{1,0} := l_0 = 0.049$

Таблица 2.2.

x	ε_1	$\Delta \varepsilon_1$	Φ	$\Delta \Phi$	$\Delta^2 \Phi$
0	0,048911	-0,00148	-0,00151	0,00009	0,00005
0,004457	0,047435	-0,00136	-0,00143	0,00014	0,00000
0,008914	0,046076	-0,00122	-0,00129	0,00014	-0,00001
0,013372	0,044857	-0,00108	-0,00115	0,00013	-0,00001
0,017829	0,043775	-0,00096	-0,00102	0,00012	-0,00001
0,022286	0,042819	-0,00084	-0,0009	0,00011	-0,00001
0,026743	0,04198	-0,00073	-0,00078	0,00010	-0,00001
0,031201	0,041246	-0,00064	-0,00069	0,00009	-0,00001
0,035658	0,040606	-0,00056	-0,0006	0,00008	-0,00001
0,040115	0,040051	-0,00048	-0,00052	0,00007	-0,00001
0,044572	0,03957	-0,00041	-0,00045	0,00006	-0,00001
0,049029	0,039155	-0,00036	-0,00038	0,00005	
0,053487	0,038798		-0,00033		
0,053487	0,038798	-0,00057	-0,00066	0,00018	-0,00004
0,062401	0,038232	-0,00041	-0,00048	0,00014	-0,00003
0,071316	0,037823	-0,00029	-0,00034	0,00010	-0,00003
0,08023	0,037531	-0,00021	-0,00024	0,00007	
0,089145	0,037325		-0,00017		

Для определения P , l и v в первом периоде применяем уравнение

$$\begin{aligned}l_{x.1} &:= l_0 - K \cdot x_1 \cdot (1 - x_1) = 0.049 \\l_{x.3} &:= l_0 - K \cdot x_3 \cdot (1 - x_3) = 0.046 \\l_{x.5} &:= l_0 - K \cdot x_5 \cdot (1 - x_5) = 0.043 \\l_{x.7} &:= l_0 - K \cdot x_7 \cdot (1 - x_7) = 0.04 \\l_{x.9} &:= l_0 - K \cdot x_9 \cdot (1 - x_9) = 0.037 \\l_{x.11} &:= l_0 - K \cdot x_{11} \cdot (1 - x_{11}) = 0.034 \\l_{x.13} &:= l_0 - K \cdot x_{13} \cdot (1 - x_{13}) = 0.032 \\l_{x.15} &:= l_0 - K \cdot x_{15} \cdot (1 - x_{15}) = 0.029 \\l_{x.17} &:= l_0 - K \cdot x_{17} \cdot (1 - x_{17}) = 0.024\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l_{x.2} &:= l_0 - K \cdot x_2 \cdot (1 - x_2) = 0.047 \\l_{x.4} &:= l_0 - K \cdot x_4 \cdot (1 - x_4) = 0.044 \\l_{x.6} &:= l_0 - K \cdot x_6 \cdot (1 - x_6) = 0.042 \\l_{x.8} &:= l_0 - K \cdot x_8 \cdot (1 - x_8) = 0.039 \\l_{x.10} &:= l_0 - K \cdot x_{10} \cdot (1 - x_{10}) = 0.036 \\l_{x.12} &:= l_0 - K \cdot x_{12} \cdot (1 - x_{12}) = 0.033 \\l_{x.14} &:= l_0 - K \cdot x_{14} \cdot (1 - x_{14}) = 0.032 \\l_{x.16} &:= l_0 - K \cdot x_{16} \cdot (1 - x_{16}) = 0.026 \\l_{x.18} &:= l_0 - K \cdot x_{18} \cdot (1 - x_{18}) = 0.021\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l_1 &:= 10^{\varepsilon_1} \cdot \varepsilon_{1.1} - l_{x.1} = 0 & l_2 &:= 10^{\varepsilon_2} \cdot \varepsilon_{1.2} - l_{x.2} = 0.002 & l_3 &:= 10^{\varepsilon_3} \cdot \varepsilon_{1.3} - l_{x.3} = 0.007 \\l_4 &:= 10^{\varepsilon_4} \cdot \varepsilon_{1.4} - l_{x.4} = 0.013 & l_5 &:= 10^{\varepsilon_5} \cdot \varepsilon_{1.5} - l_{x.5} = 0.02 & l_6 &:= 10^{\varepsilon_6} \cdot \varepsilon_{1.6} - l_{x.6} = 0.028 \\l_7 &:= 10^{\varepsilon_7} \cdot \varepsilon_{1.7} - l_{x.7} = 0.037 & l_8 &:= 10^{\varepsilon_8} \cdot \varepsilon_{1.8} - l_{x.8} = 0.047 & l_9 &:= 10^{\varepsilon_9} \cdot \varepsilon_{1.9} - l_{x.9} = 0.059 \\l_{10} &:= 10^{\varepsilon_{10}} \cdot \varepsilon_{1.10} - l_{x.10} = 0.072 & l_{11} &:= 10^{\varepsilon_{11}} \cdot \varepsilon_{1.11} - l_{x.11} = 0.088 & l_{12} &:= 10^{\varepsilon_{12}} \cdot \varepsilon_{1.12} - l_{x.12} = 0.106 \\l_{13} &:= 10^{\varepsilon_{13}} \cdot \varepsilon_{1.13} - l_{x.13} = 0.127 & l_{14} &:= 10^{\varepsilon_{14}} \cdot \varepsilon_{1.14} - l_{x.14} = 0.127 & l_{15} &:= 10^{\varepsilon_{15}} \cdot \varepsilon_{1.15} - l_{x.15} = 0.182 \\l_{16} &:= 10^{\varepsilon_{16}} \cdot \varepsilon_{1.16} - l_{x.16} = 0.259 & l_{17} &:= 10^{\varepsilon_{17}} \cdot \varepsilon_{1.17} - l_{x.17} = 0.368 & l_{18} &:= 10^{\varepsilon_{18}} \cdot \varepsilon_{1.18} - l_{x.18} = 0.529\end{aligned}$$

$$P_1 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_1 - C \cdot x_1^2}{l_{x.1} + l_1} \cdot \frac{1}{10000} = 400$$

$$P_2 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_2 - C \cdot x_2^2}{l_{x.2} + l_2} \cdot \frac{1}{10000} = 1.192 \cdot 10^3$$

$$P_3 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_3 - C \cdot x_3^2}{l_{x.3} + l_3} \cdot \frac{1}{10000} = 1.843 \cdot 10^3$$

$$P_4 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_4 - C \cdot x_4^2}{l_{x.4} + l_4} \cdot \frac{1}{10000} = 2.349 \cdot 10^3$$

$$P_5 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_5 - C \cdot x_5^2}{l_{x.5} + l_5} \cdot \frac{1}{10000} = 2.721 \cdot 10^3$$

$$P_6 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_6 - C \cdot x_6^2}{l_{x.6} + l_6} \cdot \frac{1}{10000} = 2.97 \cdot 10^3$$

$$P_7 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_7 - C \cdot x_7^2}{l_{x.7} + l_7} \cdot \frac{1}{10000} = 3.113 \cdot 10^3$$

$$P_8 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_8 - C \cdot x_8^2}{l_{x.8} + l_8} \cdot \frac{1}{10000} = 3.165 \cdot 10^3$$

$$P_9 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_9 - C \cdot x_9^2}{l_{x.9} + l_9} \cdot \frac{1}{10000} = 3.141 \cdot 10^3$$

$$P_{10} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{10} - C \cdot x_{10}^2}{l_{x.10} + l_{10}} \cdot \frac{1}{10000} = 3.057 \cdot 10^3$$

$$P_{11} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{11} - C \cdot x_{11}^2}{l_{x.11} + l_{11}} \cdot \frac{1}{10000} = 2.927 \cdot 10^3$$

$$P_{12} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{12} - C \cdot x_{12}^2}{l_{x.12} + l_{12}} \cdot \frac{1}{10000} = 2.762 \cdot 10^3$$

$$P_{13} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{13} - C \cdot x_{13}^2}{l_{x.13} + l_{13}} \cdot \frac{1}{10000} = 2.573 \cdot 10^3$$

$$P_{14} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{14} - C \cdot x_{14}^2}{l_{x.14} + l_{14}} \cdot \frac{1}{10000} = 2.573 \cdot 10^3$$

$$P_{15} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{15} - C \cdot x_{15}^2}{l_{x.15} + l_{15}} \cdot \frac{1}{10000} = 2.159 \cdot 10^3$$

$$P_{16} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{16} - C \cdot x_{16}^2}{l_{x.16} + l_{16}} \cdot \frac{1}{10000} = 1.742 \cdot 10^3$$

$$P_{17} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{17} - C \cdot x_{17}^2}{l_{x.17} + l_{17}} \cdot \frac{1}{10000} = 1.357 \cdot 10^3$$

$$P_{18} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{18} - C \cdot x_{18}^2}{l_{x.18} + l_{18}} \cdot \frac{1}{10000} = 1.023 \cdot 10^3$$

$$v_1 := V \cdot x_1 = 0$$

$$v_2 := V \cdot x_2 = 30.002$$

$$v_3 := V \cdot x_3 = 60.005$$

$$v_4 := V \cdot x_4 = 90.007$$

$$v_5 := V \cdot x_5 = 120.01$$

$$v_6 := V \cdot x_6 = 150.012$$

$$v_7 := V \cdot x_7 = 180.015$$

$$v_8 := V \cdot x_8 = 210.017$$

$$v_9 := V \cdot x_9 = 240.019$$

$$v_{10} := V \cdot x_{10} = 270.022$$

$$v_{11} := V \cdot x_{11} = 300.024$$

$$v_{12} := V \cdot x_{12} = 330.027$$

$$v_{13} := V \cdot x_{13} = 360.029$$

$$v_{14} := V \cdot x_{14} = 360.029$$

$$v_{15} := V \cdot x_{15} = 420.034$$

$$v_{16} := V \cdot x_{16} = 480.039$$

$$v_{17} := V \cdot x_{17} = 540.044$$

$$v_{18} := V \cdot x_{18} = 600.048$$

Результаты вычислений заносим в таблицу 2.3.

$$x := \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad v := \begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

Таблица 2.3.

x	l_x	l	p	v
0	0,048911	0	400	0
0,004457	0,047403	0,002437	1192,112	30,00242
0,008914	0,045909	0,007232	1842,806	60,00484
0,013372	0,044429	0,013081	2349,263	90,00725
0,017829	0,042962	0,019873	2720,501	120,0097
0,022286	0,041509	0,027667	2969,915	150,0121
0,026743	0,040069	0,036588	3112,676	180,0145
0,031201	0,038642	0,046814	3164,597	210,0169
0,035658	0,037229	0,058567	3141,26	240,0193
0,040115	0,03583	0,072126	3057,468	270,0218
0,044572	0,034444	0,087831	2926,875	300,0242
0,049029	0,033071	0,106101	2761,748	330,0266
0,053487	0,031713	0,127446	2572,874	360,029
0,062401	0,029035	0,182042	2159,196	420,0339
0,071316	0,026412	0,258694	1742,048	480,0387
0,08023	0,023842	0,368389	1356,92	540,0435
0,089145	0,021327	0,528578	1022,787	600,0484

Второй период

где $l_{1,K} := l_{\Delta} - l_{\alpha} = 0.021$

$$n := \frac{\Theta}{2} \cdot \frac{\varphi \cdot q}{g \cdot \omega \cdot f} = 7.188 \cdot 10^{-7}$$

из предыдущего $l_K := l_{18} = 0.529$

$$v_K := v_{18} = 600.048$$

Промежуток $L - l_K = 0.736$ разделим на четыре части $\Delta l := \frac{L - l_K}{4} = 0.184$

Определим v и D для соотв. путей снаряда в l

$$l_1 := l_K = 0.529$$

$$l_2 := l_K + \Delta l = 0.713$$

$$l_3 := l_2 + \Delta l = 0.897$$

$$l_4 := l_3 + \Delta l = 1.081$$

$$l_5 := l_4 + \Delta l = 1.265$$

$$l := \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \\ l_4 \\ l_5 \end{bmatrix}$$

Для второго периода

$$v := \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - (1 - n \cdot v_K^2) \cdot \left(\frac{l_{1,K} + l_K}{l_{1,K} + l} \right)^{\frac{\theta}{i}}} = \begin{bmatrix} 600.048 \\ 645.871 \\ 677.652 \\ 701.578 \\ 720.548 \end{bmatrix}$$

$$P := f \cdot j \cdot \frac{1 - n \cdot v^2}{l_{1,K} + l} \cdot \frac{1}{10000} = \begin{bmatrix} 1.017 \cdot 10^3 \\ 719.629 \\ 550.497 \\ 442.32 \\ 367.644 \end{bmatrix}$$

Результаты вычислений заносим в таблицу 2.4

Таблица 2.4.

l	u	P
0,528578	600,0484	1016,803
0,712684	645,8705	719,6285
0,896789	677,6519	550,4973
1,080895	701,5779	442,32
1,265	720,548	367,6444

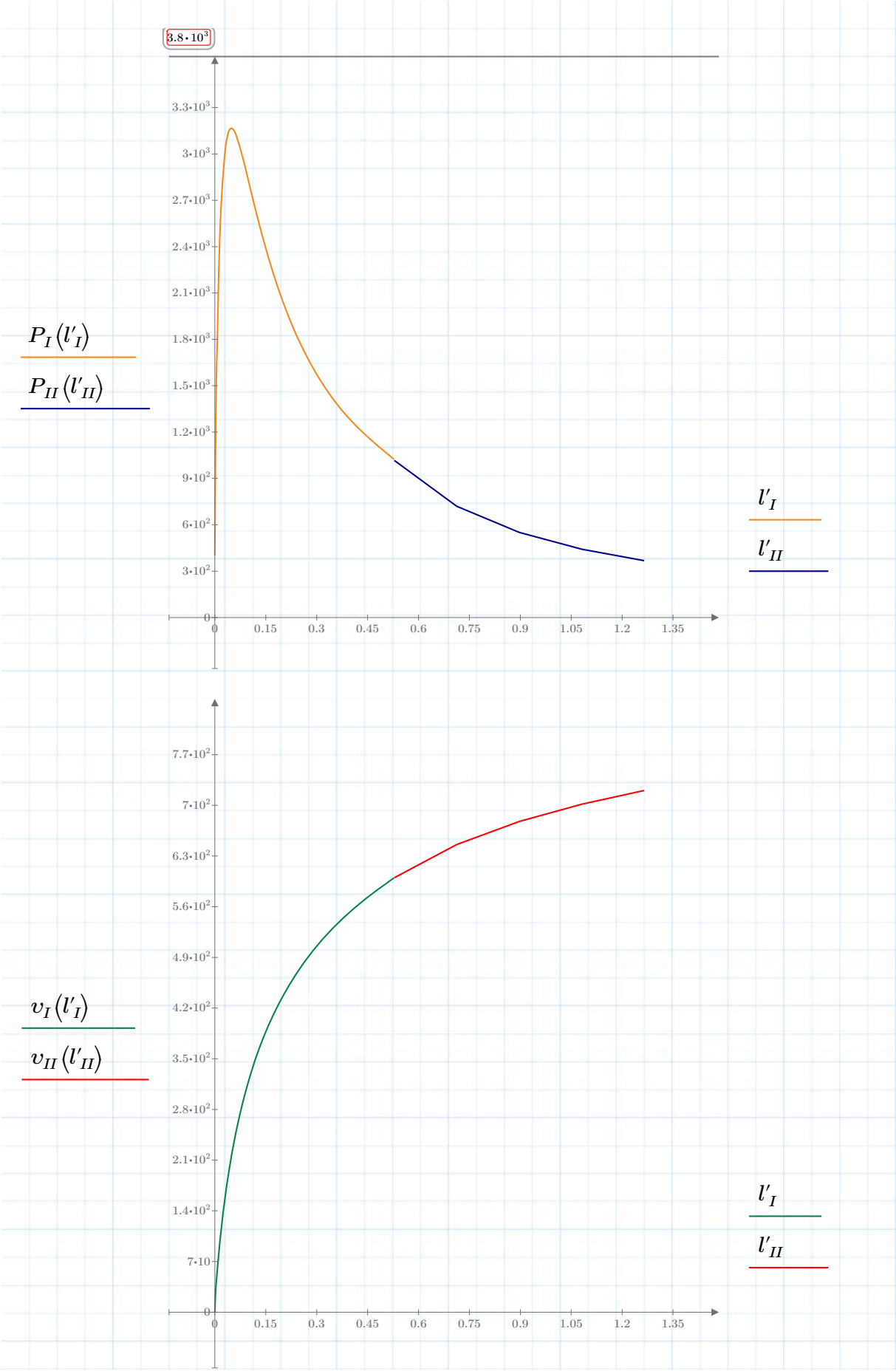
Интерполяция данных:

$q_1 := \text{cspline}(l_I, P_I)$
 $P_I(l'_I) := \text{interp}(q_1, l_I, P_I, l'_I)$
 $l'_I := l_{I,1}, 0.001 \dots l_{I,17}$

$q_2 := \text{cspline}(l_I, v_I)$
 $v_I(l'_I) := \text{interp}(q_2, l_I, v_I, l'_I)$
 $l'_I := l_{I,1}, 0.001 \dots l_{I,17}$

$w_1 := \text{cspline}(l_{II}, P_{II})$
 $P_{II}(l'_{II}) := \text{interp}(w_1, l_{II}, P_{II}, l'_{II})$
 $l'_{II} := l_{II}$

$w_2 := \text{cspline}(l_{II}, v_{II})$
 $v_{II}(l'_{II}) := \text{interp}(w_2, l_{II}, v_{II}, l'_{II})$
 $l'_{II} := l_{II}$



Внешняя баллистика

Расчет для разных углов:

Внешняя баллистика изучает движение снаряда после прекращения действия на него пороховых газов.

Траекторией называется кривая линия, описываемая центром тяжести снаряда в полете.

Снаряд, при полете в воздухе, подвергается действию двух сил: силы тяжести и силы сопротивления воздуха. Сила тяжести заставляет снаряд постепенно понижаться, а сила сопротивления воздуха непрерывно замедляет движение снаряда и стремится опрокинуть его. В результате действия этих сил скорость полета снаряда постепенно уменьшается, а его траектория представляет собой по форме, неравномерно изогнутую кривую.

Для решение задачи внешней баллистики составляется система дифференциальных уравнений второго порядка. И на основе решение этой системы составляются графики: траектория пули от угла θ , зависимость скорости от пути пули.

Дифференциальные уравнения:

$$X'' = -E \cdot X'$$

$$Y'' = -E \cdot Y' - g$$

Вспомогательные коэффициенты:

$$c := \frac{1000}{q} \cdot i \cdot d^2 = 2.681 \quad \text{баллистический коэффициент}$$

$$V = \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}$$

$$xt' = v_0 \cdot \cos(\Theta)$$

$$yt' = v_0 \cdot \sin(\Theta) \quad \text{в первый момент времени } t=0$$

$$E = C \cdot H(y) \cdot G(V)$$

$H(y)$ обычно берётся по формуле Эверлинга :

$$H(y) = 10^{-0.000046 \cdot y}$$

$G(V)$ обычно определяется по универсальной формуле Сياتчи:

$$G(V) = \frac{F(V)}{V} = \frac{1}{V} \cdot \left(0.202 \cdot V - 48.05 + \sqrt{(0.1648 \cdot V - 47.95)^2 + 9.6} + 0.0442 \cdot V \cdot \frac{(V - 300)}{371 + \left(\frac{V}{200}\right)^{10}} \right)$$

где $F(V)$ функция силы сопротивления воздуха

$$\Theta := 0^\circ$$

$$x''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot x'(t)$$

$$y''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot y'(t) - g$$

$$x(0) = 0 \quad y(0) = 1.5 \quad x'(0) = v_0 \cdot \cos(\Theta) \quad y'(0) = v_0 \cdot \sin(\Theta)$$

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} := \text{odesolve} \left(\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix}, 20 \right)$$

$$\Theta := 5^\circ$$

$$x''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot x'(t)$$

$$y''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot y'(t) - g$$

$$x(0) = 0 \quad y(0) = 1.5 \quad x'(0) = v_0 \cdot \cos(\Theta) \quad y'(0) = v_0 \cdot \sin(\Theta)$$

$$\begin{bmatrix} x_5 \\ y_5 \end{bmatrix} := \text{odesolve} \left(\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix}, 20 \right)$$

$$\Theta := 10^\circ$$

$$x''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot x'(t)$$

$$y''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot y'(t) - g$$

$$x(0) = 0$$

$$y(0) = 1.5$$

$$x'(0) = v_0 \cdot \cos(\Theta)$$

$$y'(0) = v_0 \cdot \sin(\Theta)$$

$$\begin{bmatrix} x_{10} \\ y_{10} \end{bmatrix} := \text{odesolve} \left(\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix}, 20 \right)$$

$$\Theta := 15^\circ$$

$$x''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot x'(t)$$

$$y''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot y'(t) - g$$

$$x(0) = 0$$

$$y(0) = 1.5$$

$$x'(0) = v_0 \cdot \cos(\Theta)$$

$$y'(0) = v_0 \cdot \sin(\Theta)$$

$$\begin{bmatrix} x_{15} \\ y_{15} \end{bmatrix} := \text{odesolve} \left(\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix}, 20 \right)$$

$$\Theta := 20^\circ$$

$$x''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot x'(t)$$

$$y''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot y'(t) - g$$

$$x(0) = 0$$

$$y(0) = 1.5$$

$$x'(0) = v_0 \cdot \cos(\Theta)$$

$$y'(0) = v_0 \cdot \sin(\Theta)$$

$$\begin{bmatrix} x_{20} \\ y_{20} \end{bmatrix} := \text{odesolve} \left(\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix}, 20 \right)$$

$$\Theta 1 := 60^\circ$$

$$x''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot x'(t)$$

$$y''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot y'(t) - 9.81$$

$$x(0) = 0$$

$$y(0) = 1.5$$

$$x'(0) = v_0 \cdot \cos(\Theta 1)$$

$$y'(0) = v_0 \cdot \sin(\Theta 1)$$

$$\begin{bmatrix} x_{60} \\ y_{60} \end{bmatrix} := \text{odesolve} \left(\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix}, 120 \right)$$

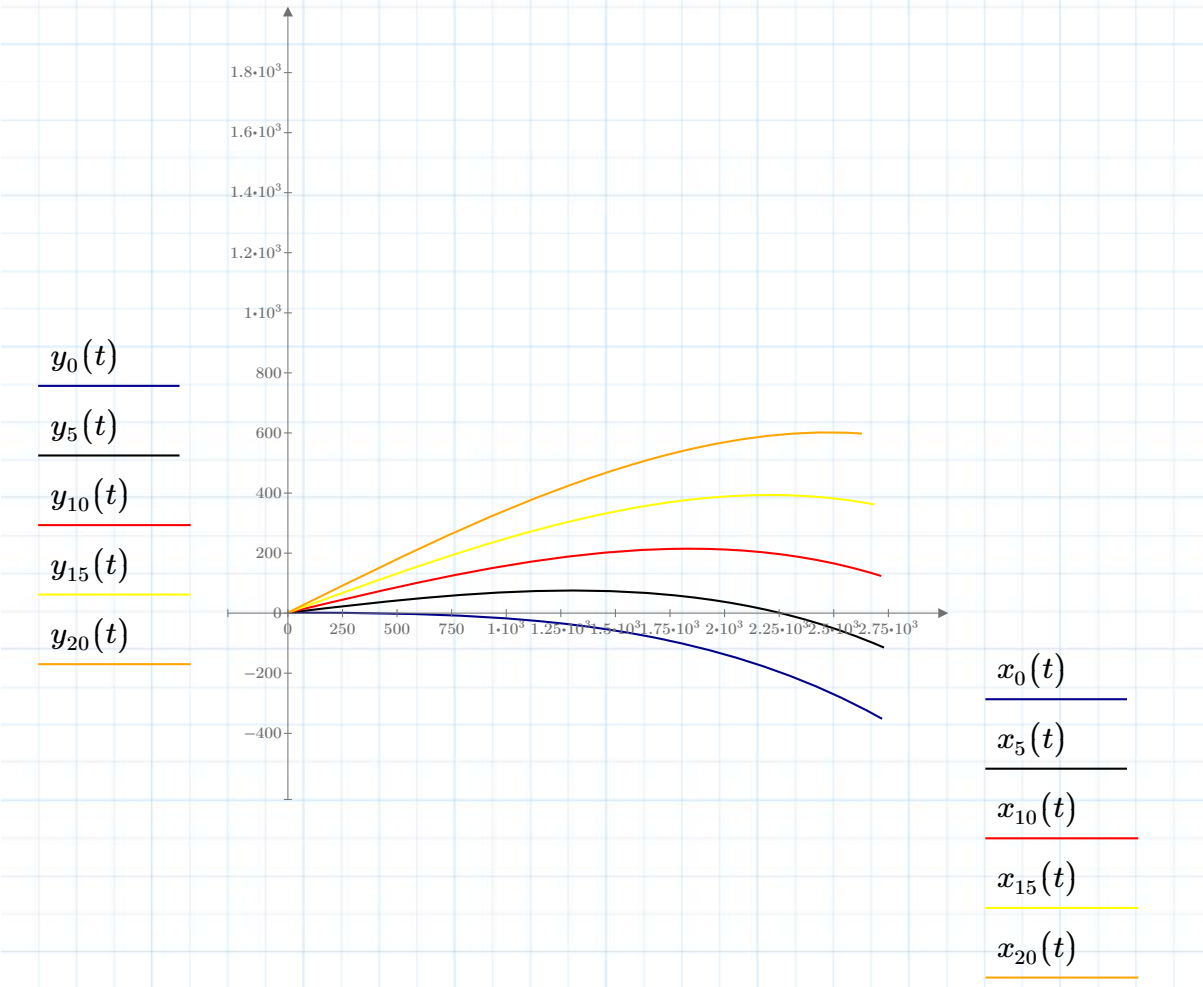
$$\Theta 1 := 70^{\circ}$$

$$x''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot x'(t)$$

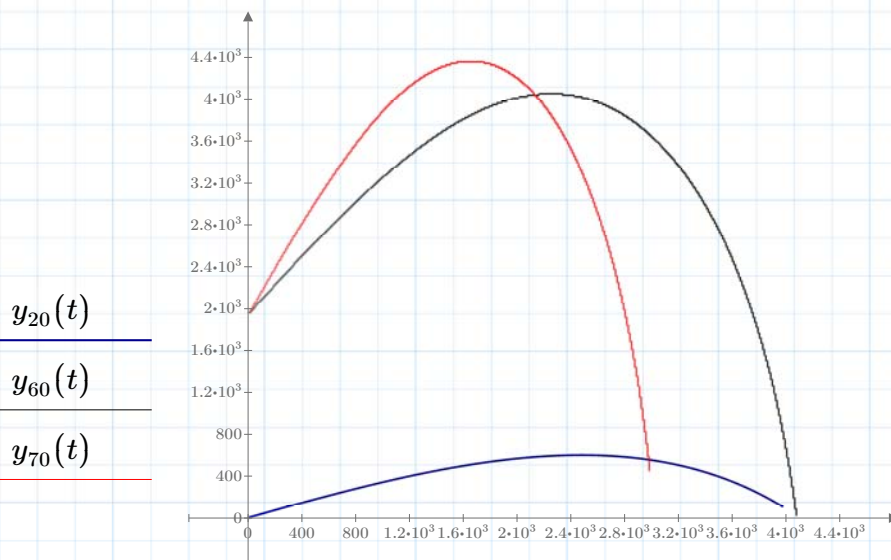
$$y''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 300\right)}{371 + \left(\frac{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}{200}\right)^{10}} \right) \cdot y'(t) - 9.81$$

$$x(0) = 0 \quad y(0) = 1.5 \quad x'(0) = v_0 \cdot \cos(\Theta 1) \quad y'(0) = v_0 \cdot \sin(\Theta 1)$$

$$\begin{bmatrix} x_{70} \\ y_{70} \end{bmatrix} := \text{odesolve} \left(\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix}, 120 \right)$$



$t := 0, 0.001 \dots 60$



$$V(t) = \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}$$

$$v_0(t) := \sqrt{x_0'(t)^2 + y_0'(t)^2}$$

$$v_{15}(t) := \sqrt{x_{15}'(t)^2 + y_{15}'(t)^2}$$

$$v_{60}(t) := \sqrt{x_{60}'(t)^2 + y_{60}'(t)^2}$$

$$v_5(t) := \sqrt{x_5'(t)^2 + y_5'(t)^2}$$

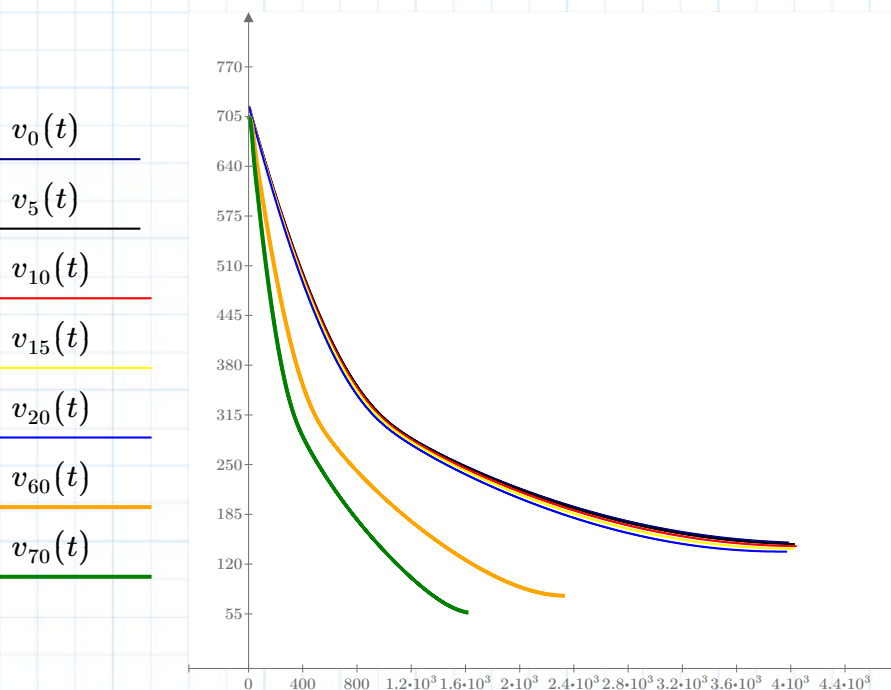
$$v_{20}(t) := \sqrt{x_{20}'(t)^2 + y_{20}'(t)^2}$$

$$v_{70}(t) := \sqrt{x_{70}'(t)^2 + y_{70}'(t)^2}$$

$$v_{10}(t) := \sqrt{\frac{x_{60}(t)}{x_{70}(t)} + y_{10}'(t)^2}$$

$t := 0, 0.001 \dots 20$

Графики построены для некоторых значений углов θ (число в индексе). Углы 60 и 70 взяты для визуализации контраста зависимостей.



Расчет противопульной защиты Panhard VBL

STANAG 4569 - 1 класс

Зашита от пули 7.62 на дистанции 30м

т.к. стандарт нато полное гавно, предположим, что конструкторы
заложили защиту от пули 23 на дистанции 1000м

Деталь №1

$q_1 := \begin{bmatrix} 0^\circ \\ \vdots \end{bmatrix}$ курсовой угол (по горизонтали)

$\beta := 35^\circ$ конструкционный угол

$q_2 := \begin{bmatrix} 0^\circ \\ \vdots \end{bmatrix}$ курсовой угол (по вертикали)

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

$\varphi := 0^\circ$ угол прецессии

$a_1 := \cos(q_1) \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\varphi) = \begin{bmatrix} 0.819 \\ \vdots \end{bmatrix}$

$a_2 := \cos(q_2) \cdot \cos(\varphi) = \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \end{bmatrix}$

$a_3 := \cos(q_1) \cdot \cos(q_2)^T \cdot \cos(\varphi) = \begin{bmatrix} 1 & 0.966 & 0.866 & 0.707 & 0.5 & 0.259 & 6.123 \cdot 10^{-17} \\ \vdots & & & & & & \end{bmatrix}$

$\alpha_1 := \arccos(a_1) \cdot \frac{180}{\pi} = \begin{bmatrix} 35 \\ \vdots \end{bmatrix}$

$\alpha_2 := \arccos(a_2) \cdot \frac{180}{\pi} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \end{bmatrix}$

cos(α)						
1,000	0,966	0,866	0,707	0,500	0,259	0,000
0,966	0,933	0,837	0,683	0,483	0,250	0,000
0,866	0,837	0,750	0,612	0,433	0,224	0,000
0,707	0,683	0,612	0,500	0,354	0,183	0,000
0,500	0,483	0,433	0,354	0,250	0,129	0,000
0,259	0,250	0,224	0,183	0,129	0,067	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
α						
-	15,0	30,0	45,0	60,0	75,0	90,0
15,0	21,1	33,2	46,9	61,1	75,5	90,0
30,0	33,2	41,4	52,2	64,3	77,0	90,0
45,0	46,9	52,2	60,0	69,3	79,5	90,0
60,0	61,1	64,3	69,3	75,5	82,6	90,0
75,0	75,5	77,0	79,5	82,6	86,2	90,0
90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0

$$x_0(0.145024) = 100$$

$$v_c := v_0(0.145024) = 659.97 \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.23 \quad \text{калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K} \right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}} \right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.208 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{толщина брони в дециметрах}$$

$$b_2 := \left(\frac{v_c}{K} \right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}} \right) \cdot (a_2)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.275 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{толщина брони в дециметрах}$$

cos(α)						
1,000	0,966	0,866	0,707	0,500	0,259	0,000
0,966	0,933	0,837	0,683	0,483	0,250	0,000
0,866	0,837	0,750	0,612	0,433	0,224	0,000
0,707	0,683	0,612	0,500	0,354	0,183	0,000
0,500	0,483	0,433	0,354	0,250	0,129	0,000
0,259	0,250	0,224	0,183	0,129	0,067	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
b						
0,275	0,262	0,225	0,169	0,104	0,041	0,000
0,262	0,249	0,214	0,161	0,099	0,039	0,000
0,225	0,214	0,184	0,138	0,085	0,034	0,000
0,169	0,161	0,138	0,104	0,064	0,025	0,000
0,104	0,099	0,085	0,064	0,039	0,016	0,000
0,041	0,039	0,034	0,025	0,016	0,006	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Пусть
 $b := 0.15$ толщина брони в дециметрах

$$\text{Тогда} \quad v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}} \right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 525.453 \\ 543.593 \\ 604.912 \\ 737.719 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$v_c \leq v_0(0.00001) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Машина пробивается!
на углах 90, 75 и 60 градусов

Деталь №2

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

$\beta := 20^\circ$ конструкционный угол

$$a_1 := \cos(q_1) \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\varphi) = \begin{bmatrix} 0.94 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \alpha_1 := \arccos(a_1) \cdot \frac{180}{\pi} = \begin{bmatrix} 20 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$x_0(0.145024) = 100 \quad \text{м}$$

$$v_c := v_0(0.145024) = 659.97 \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.23 \quad \text{калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.252 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

$$b := 0.15 \quad \text{толщина брони в дециметрах}$$

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 459.37 \\ 475.229 \\ 528.837 \\ 644.941 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$v_c \leq v_0(0.00001) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Машина пробивается!
на углах 90, 75, 60 и 45 градусов

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_2^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 432.231 \\ 447.153 \\ 497.593 \\ 606.838 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$v_c \leq v_0(0.00001) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Машина пробивается!
на углах 90, 75, 60 и 45 градусов

Деталь №3

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

$\beta := 15^\circ$ конструкционный угол

$$a_1 := \cos(q_1) \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\varphi) = \begin{bmatrix} 0.966 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \alpha_1 := \arccos(a_1) \cdot \frac{180}{\pi} = \begin{bmatrix} 15 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$x_0(0.145024) = 100 \quad \text{м}$$

$$v_c := v_0(0.145024) = 659.97 \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.23 \quad \text{калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.262 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

$b := 0.15$ толщина брони в дециметрах

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 447.153 \\ 462.59 \\ 514.772 \\ 627.788 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$v_c \leq v_0(0.00001) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Машина пробивается!
на углах 90, 75, 60 и 45 градусов

Деталь №4

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

$\beta := 78^\circ$ конструкционный угол

$$a_1 := \cos(q_1) \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\varphi) = \begin{bmatrix} 0.208 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \alpha_1 := \arccos(a_1) \cdot \frac{180}{\pi} = \begin{bmatrix} 78 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$x_0(0.145024) = 100 \quad \text{м}$$

$$v_c := v_0(0.145024) = 659.97 \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.23 \quad \text{калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.03 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

$$b := 0.15 \quad \text{толщина брони в дециметрах}$$

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 2.012 \cdot 10^3 \\ 2.081 \cdot 10^3 \\ 2.316 \cdot 10^3 \\ 2.824 \cdot 10^3 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$v_c \leq v_0(0.00001) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Машина не пробивается!

Деталь №5

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

$\beta := 25^\circ$ конструкционный угол

$$a_1 := \cos(q_1) \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\varphi) = \begin{bmatrix} 0.906 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \alpha_1 := \arccos(a_1) \cdot \frac{180}{\pi} = \begin{bmatrix} 25 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$x_0(0.145024) = 100 \quad \text{м}$$

$$v_c := v_0(0.145024) = 659.97 \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.23 \quad \text{калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.239 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

$$b := 0.15 \quad \text{толщина брони в дециметрах}$$

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 475.93 \\ 492.361 \\ 547.901 \\ 668.191 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$v_c \leq v_0(0.00001) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Машина пробивается!
на углах 90, 75, 60 и 45 градусов

Деталь №6

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

$\beta := 45^\circ$ конструкционный угол

$$a_1 := \cos(q_1) \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\varphi) = \begin{bmatrix} 0.707 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \alpha_1 := \arccos(a_1) \cdot \frac{180}{\pi} = \begin{bmatrix} 45 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$x_0(0.145024) = 100 \quad \text{м}$$

$$v_c := v_0(0.145024) = 659.97 \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.23 \quad \text{калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.169 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

$$b := 0.15 \quad \text{толщина брони в дециметрах}$$

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 606.838 \\ 627.788 \\ 698.605 \\ 851.982 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$v_c \leq v_0(0.00001) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Машина пробивается!
на углах 90, 75 и 60 градусов

Деталь №7

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

$\beta := 0^\circ$ конструкционный угол

$$a_1 := \cos(q_1) \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\varphi) = \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$\alpha_1 := \arccos(a_1) \cdot \frac{180}{\pi} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

$$x_0(0.145024) = 100 \text{ м}$$

$$v_c := v_0(0.145024) = 659.97 \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.23 \text{ калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.275 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{ толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

$$b := 0.15 \text{ толщина брони в дециметрах}$$

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 432.231 \\ 447.153 \\ 497.593 \\ 606.838 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

скорость встречи снаряда с броней в м/с

$$v_c \leq v_0(0.00001) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Машина пробивается!
на углах 90, 75, 60 и 45 градусов