

Исходные данные:

- Калибр орудия: $d := 0.0145$ м $g := 9.807$ м/с²
порох марки ВТ 6/6 Патрон 14,5х114 с бронебойно-зажигательной пулей «Б-32»
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 $\omega := 0.0278$ кг
7) Габариты пороховой трубки $e_0 := \frac{0.0006}{2} = 3 \cdot 10^{-4}$ м $a := \frac{0.006}{2} = 0.003$ 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 $S := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 1.651 \cdot 10^{-4}$ м²
11) Полный путь снаряда в канале $L := 50 \cdot d \cdot 1.1 = 0.798$ м
12) Вес откатных частей $Q_0 := 7670 \cdot \pi \cdot \left(d^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right) \cdot L \cdot 1.2 = 3.636$ кг
13) Вес снаряда $q := 0.06$ кг
14) Коэффициент формы снаряда $i := 0.5$
15) Давление форсирования $P_0 := 4000000$ кг/м²
16) Коэффициент фиктивности $\varphi := 1.05 + \frac{1}{3} \cdot \frac{\omega}{q} = 1.204$

Внутренняя баллистика

Предварительные вычисления

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

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

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

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

$$\xi := \frac{\varphi \cdot q}{g \cdot S} = 44.625$$

$$V := \frac{\tau \cdot \sigma_0}{\lambda_1 \cdot \xi} = 9.818 \cdot 10^3$$

$$j := \frac{\omega}{S} = 168.352$$

$$l_\alpha := j \cdot R_\alpha = 0.06$$

$$K := l_\alpha \cdot \gamma = 0.72$$

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

$$C := 1 + \frac{\Theta}{h} = 3.232$$

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

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

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

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

$$i := \frac{Q_0 + q}{Q_0} = 1.017$$

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

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

$$l_\Delta := j \cdot R_\Delta = 0.105$$

$$l_0 := l_\Delta - l_\alpha \cdot \Psi_0 = 0.104$$

$$F := \frac{f \cdot j \cdot \gamma}{V} = 1.963 \cdot 10^4$$

$$h := \frac{2 \cdot F}{\xi \cdot V} = 0.09$$

$$D := \frac{i}{h + \Theta} = 3.51$$

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:

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

$$y_3 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_3 \cdot \log(e)}{\beta + x_3 - C \cdot x_3^2} = 8.127$$

$$y_5 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_5 \cdot \log(e)}{\beta + x_5 - C \cdot x_5^2} = 9.27$$

$$y_7 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_7 \cdot \log(e)}{\beta + x_7 - C \cdot x_7^2} = 9.913$$

$$y_9 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_9 \cdot \log(e)}{\beta + x_9 - C \cdot x_9^2} = 10.427$$

$$y_{11} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{11} \cdot \log(e)}{\beta + x_{11} - C \cdot x_{11}^2} = 10.898$$

$$y_{13} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{13} \cdot \log(e)}{\beta + x_{13} - C \cdot x_{13}^2} = 11.361$$

$$y_{15} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{15} \cdot \log(e)}{\beta + x_{15} - C \cdot x_{15}^2} = 11.833$$

$$y_{17} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{17} \cdot \log(e)}{\beta + x_{17} - C \cdot x_{17}^2} = 12.839$$

$$y_2 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_2 \cdot \log(e)}{\beta + x_2 - C \cdot x_2^2} = 6.711$$

$$y_4 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_4 \cdot \log(e)}{\beta + x_4 - C \cdot x_4^2} = 8.816$$

$$y_6 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_6 \cdot \log(e)}{\beta + x_6 - C \cdot x_6^2} = 9.618$$

$$y_8 := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_8 \cdot \log(e)}{\beta + x_8 - C \cdot x_8^2} = 10.179$$

$$y_{10} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{10} \cdot \log(e)}{\beta + x_{10} - C \cdot x_{10}^2} = 10.665$$

$$y_{12} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{12} \cdot \log(e)}{\beta + x_{12} - C \cdot x_{12}^2} = 11.129$$

$$y_{14} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{14} \cdot \log(e)}{\beta + x_{14} - C \cdot x_{14}^2} = 11.361$$

$$y_{16} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{16} \cdot \log(e)}{\beta + x_{16} - C \cdot x_{16}^2} = 12.323$$

$$y_{18} := \frac{2 \cdot C \cdot D \cdot x_{18} \cdot \log(e)}{\beta + x_{18} - C \cdot x_{18}^2} = 13.389$$

Вспомогательная функция при интегрировании равна:

$$\begin{aligned}
 \Phi_1 &:= \Delta X \cdot y_1 = 0 & \Phi_2 &:= \Delta X \cdot y_2 = 0.03 & \Phi_3 &:= \Delta X \cdot y_3 = 0.036 \\
 \Phi_4 &:= \Delta X \cdot y_4 = 0.039 & \Phi_5 &:= \Delta X \cdot y_5 = 0.041 & \Phi_6 &:= \Delta X \cdot y_6 = 0.043 \\
 \Phi_7 &:= \Delta X \cdot y_7 = 0.044 & \Phi_8 &:= \Delta X \cdot y_8 = 0.045 & \Phi_9 &:= \Delta X \cdot y_9 = 0.046 \\
 \Phi_{10} &:= \Delta X \cdot y_{10} = 0.048 & \Phi_{11} &:= \Delta X \cdot y_{11} = 0.049 & \Phi_{12} &:= \Delta X \cdot y_{12} = 0.05 \\
 \Phi_{13} &:= \Delta X \cdot y_{13} = 0.051 & \Phi_{14} &:= 2 \Delta X \cdot y_{14} = 0.101 & \Phi_{15} &:= 2 \Delta X \cdot y_{15} = 0.105 \\
 \Phi_{16} &:= 2 \Delta X \cdot y_{16} = 0.11 & \Phi_{17} &:= 2 \Delta X \cdot y_{17} = 0.114 & \Phi_{18} &:= 2 \Delta X \cdot y_{18} = 0.119
 \end{aligned}$$

Колонка для $\Delta\Phi$

$$\Delta\Phi_1 := \Phi_2 - \Phi_1 = 0.03 \quad \Delta\Phi_2 := \Phi_3 - \Phi_2 = 0.006 \quad \Delta\Phi_3 := \Phi_4 - \Phi_3 = 0.003$$

Колонка для $\Delta^2\Phi$

$$\Delta^2\Phi_1 := \Delta\Phi_2 - \Delta\Phi_1 = -0.024 \quad \Delta^2\Phi_2 := \Delta\Phi_3 - \Delta\Phi_2 = -0.003$$

Колонка для $\Delta^3\Phi$

$$\Delta^3\Phi_1 := \Delta^2\Phi_2 - \Delta^2\Phi_1 = 0.02$$

Колонка для $\Delta\epsilon$

$$\Delta\epsilon_1 := \Phi_1 + \frac{1}{2} \cdot \Delta\Phi_1 - \frac{1}{12} \cdot \Delta^2\Phi_1 + \frac{1}{24} \cdot \Delta^3\Phi_1 = 0.018$$

Колонка для ϵ

$$\epsilon_1 := 0 + \Delta\epsilon_1 = 0.018$$

Таблица 2.1.

х	ε	Δε	Φ	ΔΦ	Δ ² Φ	Δ ³ Φ
0,0000	0,0000	0,0178	0,0000	0,0299	-0,0236	0,0204
0,0045	0,0178	0,0334	0,0299	0,0063	-0,0032	0,0022
0,0089	0,0512	0,0379	0,0362	0,0031	-0,0011	0,0006
0,0134	0,0891	0,0404	0,0393	0,0020	-0,0005	0,0002
0,0178	0,1294	0,0421	0,0413	0,0016	-0,0002	
0,0223	0,1715	0,0435	0,0429	0,0013	-0,0001	
0,0267	0,2151	0,0448	0,0442	0,0012	-0,0001	
0,0312	0,2599	0,0459	0,0454	0,0011	0,0000	
0,0357	0,3058	0,0470	0,0465	0,0011	0,0000	
0,0401	0,3528	0,0481	0,0475	0,0010	0,0000	
0,0446	0,4009	0,0491	0,0486	0,0010	0,0000	
0,0490	0,4499	0,0501	0,0496	0,0010	0,0000	
0,0535	0,5001		0,0506			
0,0535	0,5001	0,1034	0,1013	0,0042	0,0002	
0,0624	0,6034	0,1076	0,1055	0,0044	0,0002	
0,0713	0,7111	0,1121	0,1099	0,0046	0,0003	
0,0802	0,8232	0,1169	0,1145	0,0049		
0,0891	0,9401		0,1194			

Переходим к вычислению функции ε_1 согласно соотношению:

$$\begin{aligned} y_1 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_1) \cdot 10^{-\varepsilon_1} = -0.72 & y_2 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_2) \cdot 10^{-\varepsilon_2} = -0.685 \\ y_3 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_3) \cdot 10^{-\varepsilon_3} = -0.629 & y_4 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_4) \cdot 10^{-\varepsilon_4} = -0.571 \\ y_5 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_5) \cdot 10^{-\varepsilon_5} = -0.515 & y_6 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_6) \cdot 10^{-\varepsilon_6} = -0.463 \\ y_7 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_7) \cdot 10^{-\varepsilon_7} = -0.415 & y_8 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_8) \cdot 10^{-\varepsilon_8} = -0.371 \\ y_9 &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_9) \cdot 10^{-\varepsilon_9} = -0.331 & y_{10} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{10}) \cdot 10^{-\varepsilon_{10}} = -0.294 \\ y_{11} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{11}) \cdot 10^{-\varepsilon_{11}} = -0.261 & y_{12} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{12}) \cdot 10^{-\varepsilon_{12}} = -0.23 \\ y_{13} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{13}) \cdot 10^{-\varepsilon_{13}} = -0.203 & y_{14} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{14}) \cdot 10^{-\varepsilon_{14}} = -0.203 \\ y_{15} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{15}) \cdot 10^{-\varepsilon_{15}} = -0.157 & y_{16} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{16}) \cdot 10^{-\varepsilon_{16}} = -0.12 \\ y_{17} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{17}) \cdot 10^{-\varepsilon_{17}} = -0.091 & y_{18} &:= -K \cdot (1 - 2 \cdot x_{18}) \cdot 10^{-\varepsilon_{18}} = -0.068 \end{aligned}$$

Вспомогательная функция Φ здесь равна

$$\begin{aligned} \Phi_1 &:= \Delta X \cdot y_1 = -0.003 & \Phi_2 &:= \Delta X \cdot y_2 = -0.003 & \Phi_3 &:= \Delta X \cdot y_3 = -0.003 \\ \Phi_4 &:= \Delta X \cdot y_4 = -0.003 & \Phi_5 &:= \Delta X \cdot y_5 = -0.002 & \Phi_6 &:= \Delta X \cdot y_6 = -0.002 \\ \Phi_7 &:= \Delta X \cdot y_7 = -0.002 & \Phi_8 &:= \Delta X \cdot y_8 = -0.002 & \Phi_9 &:= \Delta X \cdot y_9 = -0.001 \\ \Phi_{10} &:= \Delta X \cdot y_{10} = -0.001 & \Phi_{11} &:= \Delta X \cdot y_{11} = -0.001 & \Phi_{12} &:= \Delta X \cdot y_{12} = -0.001 \\ \Phi_{13} &:= \Delta X \cdot y_{13} = -9.062 \cdot 10^{-4} & \Phi_{14} &:= 2 \Delta X \cdot y_{14} = -0.002 & \Phi_{15} &:= 2 \Delta X \cdot y_{15} = -0.001 \\ \Phi_{16} &:= 2 \Delta X \cdot y_{16} = -0.001 & \Phi_{17} &:= 2 \Delta X \cdot y_{17} = -8.096 \cdot 10^{-4} & \Phi_{18} &:= 2 \Delta X \cdot y_{18} = -6.054 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

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

Для $x_1 := 0 \Rightarrow \varepsilon_{1,0} := l_0 = 0.104$

Таблица 2.2.

x	ε_1	$\Delta \varepsilon_1$	Φ	$\Delta \Phi$	$\Delta^2 \Phi$
0	0,103671	-0,00314	-0,00321	0,00016	0,00010
0,004457	0,100531	-0,00293	-0,00305	0,00025	0,00001
0,008914	0,097603	-0,00267	-0,0028	0,00026	-0,00001
0,013372	0,094931	-0,00242	-0,00254	0,00025	-0,00002
0,017829	0,092511	-0,00218	-0,0023	0,00023	-0,00002
0,022286	0,090331	-0,00196	-0,00207	0,00021	-0,00002
0,026743	0,088374	-0,00175	-0,00185	0,00020	-0,00002
0,031201	0,086623	-0,00156	-0,00165	0,00018	-0,00002
0,035658	0,08506	-0,00139	-0,00147	0,00016	-0,00002
0,040115	0,083669	-0,00123	-0,00131	0,00015	-0,00001
0,044572	0,082435	-0,00109	-0,00116	0,00013	-0,00001
0,049029	0,081341	-0,00097	-0,00103	0,00012	
0,053487	0,080375		-0,00091		
0,053487	0,080375	-0,0016	-0,00181	0,00041	-0,00008
0,062401	0,078775	-0,00123	-0,0014	0,00033	-0,00007
0,071316	0,077546	-0,00094	-0,00107	0,00026	-0,00006
0,08023	0,076611	-0,00071	-0,00081	0,00020	
0,089145	0,075903		-0,00061		

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

$$l_{x.1} := l_0 - K \cdot x_1 \cdot (1 - x_1) = 0.104$$

$$l_{x.3} := l_0 - K \cdot x_3 \cdot (1 - x_3) = 0.097$$

$$l_{x.5} := l_0 - K \cdot x_5 \cdot (1 - x_5) = 0.091$$

$$l_{x.7} := l_0 - K \cdot x_7 \cdot (1 - x_7) = 0.085$$

$$l_{x.9} := l_0 - K \cdot x_9 \cdot (1 - x_9) = 0.079$$

$$l_{x.11} := l_0 - K \cdot x_{11} \cdot (1 - x_{11}) = 0.073$$

$$l_{x.13} := l_0 - K \cdot x_{13} \cdot (1 - x_{13}) = 0.067$$

$$l_{x.15} := l_0 - K \cdot x_{15} \cdot (1 - x_{15}) = 0.062$$

$$l_{x.17} := l_0 - K \cdot x_{17} \cdot (1 - x_{17}) = 0.051$$

$$l_{x.2} := l_0 - K \cdot x_2 \cdot (1 - x_2) = 0.1$$

$$l_{x.4} := l_0 - K \cdot x_4 \cdot (1 - x_4) = 0.094$$

$$l_{x.6} := l_0 - K \cdot x_6 \cdot (1 - x_6) = 0.088$$

$$l_{x.8} := l_0 - K \cdot x_8 \cdot (1 - x_8) = 0.082$$

$$l_{x.10} := l_0 - K \cdot x_{10} \cdot (1 - x_{10}) = 0.076$$

$$l_{x.12} := l_0 - K \cdot x_{12} \cdot (1 - x_{12}) = 0.07$$

$$l_{x.14} := l_0 - K \cdot x_{14} \cdot (1 - x_{14}) = 0.067$$

$$l_{x.16} := l_0 - K \cdot x_{16} \cdot (1 - x_{16}) = 0.056$$

$$l_{x.18} := l_0 - K \cdot x_{18} \cdot (1 - x_{18}) = 0.045$$

$$l_1 := 10^{\varepsilon_1} \cdot \varepsilon_{1.1} - l_{x.1} = 0$$

$$l_4 := 10^{\varepsilon_4} \cdot \varepsilon_{1.4} - l_{x.4} = 0.022$$

$$l_7 := 10^{\varepsilon_7} \cdot \varepsilon_{1.7} - l_{x.7} = 0.06$$

$$l_{10} := 10^{\varepsilon_{10}} \cdot \varepsilon_{1.10} - l_{x.10} = 0.113$$

$$l_{13} := 10^{\varepsilon_{13}} \cdot \varepsilon_{1.13} - l_{x.13} = 0.187$$

$$l_{16} := 10^{\varepsilon_{16}} \cdot \varepsilon_{1.16} - l_{x.16} = 0.343$$

$$l_2 := 10^{\varepsilon_2} \cdot \varepsilon_{1.2} - l_{x.2} = 0.004$$

$$l_5 := 10^{\varepsilon_5} \cdot \varepsilon_{1.5} - l_{x.5} = 0.034$$

$$l_8 := 10^{\varepsilon_8} \cdot \varepsilon_{1.8} - l_{x.8} = 0.076$$

$$l_{11} := 10^{\varepsilon_{11}} \cdot \varepsilon_{1.11} - l_{x.11} = 0.134$$

$$l_{14} := 10^{\varepsilon_{14}} \cdot \varepsilon_{1.14} - l_{x.14} = 0.187$$

$$l_{17} := 10^{\varepsilon_{17}} \cdot \varepsilon_{1.17} - l_{x.17} = 0.459$$

$$l_3 := 10^{\varepsilon_3} \cdot \varepsilon_{1.3} - l_{x.3} = 0.013$$

$$l_6 := 10^{\varepsilon_6} \cdot \varepsilon_{1.6} - l_{x.6} = 0.046$$

$$l_9 := 10^{\varepsilon_9} \cdot \varepsilon_{1.9} - l_{x.9} = 0.093$$

$$l_{12} := 10^{\varepsilon_{12}} \cdot \varepsilon_{1.12} - l_{x.12} = 0.159$$

$$l_{15} := 10^{\varepsilon_{15}} \cdot \varepsilon_{1.15} - l_{x.15} = 0.255$$

$$l_{18} := 10^{\varepsilon_{18}} \cdot \varepsilon_{1.18} - l_{x.18} = 0.616$$

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

$$P_3 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_3 - C \cdot x_3^2}{l_{x.3} + l_3} \cdot \frac{1}{10000} = 1.897 \cdot 10^3$$

$$P_5 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_5 - C \cdot x_5^2}{l_{x.5} + l_5} \cdot \frac{1}{10000} = 2.93 \cdot 10^3$$

$$P_7 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_7 - C \cdot x_7^2}{l_{x.7} + l_7} \cdot \frac{1}{10000} = 3.532 \cdot 10^3$$

$$P_9 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_9 - C \cdot x_9^2}{l_{x.9} + l_9} \cdot \frac{1}{10000} = 3.776 \cdot 10^3$$

$$P_{11} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{11} - C \cdot x_{11}^2}{l_{x.11} + l_{11}} \cdot \frac{1}{10000} = 3.743 \cdot 10^3$$

$$P_{13} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{13} - C \cdot x_{13}^2}{l_{x.13} + l_{13}} \cdot \frac{1}{10000} = 3.517 \cdot 10^3$$

$$P_{15} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{15} - C \cdot x_{15}^2}{l_{x.15} + l_{15}} \cdot \frac{1}{10000} = 3.168 \cdot 10^3$$

$$P_{17} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{17} - C \cdot x_{17}^2}{l_{x.17} + l_{17}} \cdot \frac{1}{10000} = 2.327 \cdot 10^3$$

$$P_2 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_2 - C \cdot x_2^2}{l_{x.2} + l_2} \cdot \frac{1}{10000} = 1.204 \cdot 10^3$$

$$P_4 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_4 - C \cdot x_4^2}{l_{x.4} + l_4} \cdot \frac{1}{10000} = 2.471 \cdot 10^3$$

$$P_6 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_6 - C \cdot x_6^2}{l_{x.6} + l_6} \cdot \frac{1}{10000} = 3.281 \cdot 10^3$$

$$P_8 := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_8 - C \cdot x_8^2}{l_{x.8} + l_8} \cdot \frac{1}{10000} = 3.694 \cdot 10^3$$

$$P_{10} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{10} - C \cdot x_{10}^2}{l_{x.10} + l_{10}} \cdot \frac{1}{10000} = 3.789 \cdot 10^3$$

$$P_{12} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{12} - C \cdot x_{12}^2}{l_{x.12} + l_{12}} \cdot \frac{1}{10000} = 3.649 \cdot 10^3$$

$$P_{14} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{14} - C \cdot x_{14}^2}{l_{x.14} + l_{14}} \cdot \frac{1}{10000} = 3.517 \cdot 10^3$$

$$P_{16} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{16} - C \cdot x_{16}^2}{l_{x.16} + l_{16}} \cdot \frac{1}{10000} = 2.756 \cdot 10^3$$

$$P_{18} := V \cdot F \cdot \frac{\beta + x_{18} - C \cdot x_{18}^2}{l_{x.18} + l_{18}} \cdot \frac{1}{10000} = 1.912 \cdot 10^3$$

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

$$v_4 := V \cdot x_4 = 131.278$$

$$v_7 := V \cdot x_7 = 262.557$$

$$v_{10} := V \cdot x_{10} = 393.835$$

$$v_{13} := V \cdot x_{13} = 525.114$$

$$v_{16} := V \cdot x_{16} = 700.152$$

$$v_2 := V \cdot x_2 = 43.759$$

$$v_5 := V \cdot x_5 = 175.038$$

$$v_8 := V \cdot x_8 = 306.316$$

$$v_{11} := V \cdot x_{11} = 437.595$$

$$v_{14} := V \cdot x_{14} = 525.114$$

$$v_{17} := V \cdot x_{17} = 787.671$$

$$v_3 := V \cdot x_3 = 87.519$$

$$v_6 := V \cdot x_6 = 218.797$$

$$v_9 := V \cdot x_9 = 350.076$$

$$v_{12} := V \cdot x_{12} = 481.354$$

$$v_{15} := V \cdot x_{15} = 612.633$$

$$v_{18} := V \cdot x_{18} = 875.189$$

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	0,103671	0	400	0
0,004457	0,100475	0,004255	1204,209	43,75947
0,008914	0,097309	0,012506	1896,742	87,51895
0,013372	0,094171	0,02237	2471,156	131,2784
0,017829	0,091062	0,033568	2930,414	175,0379
0,022286	0,087981	0,046103	3281,273	218,7974
0,026743	0,084929	0,060083	3532,409	262,5568
0,031201	0,081905	0,075672	3693,685	306,3163
0,035658	0,078911	0,093083	3775,532	350,0758
0,040115	0,075944	0,112577	3788,54	393,8353
0,044572	0,073007	0,134466	3743,134	437,5947
0,049029	0,070098	0,159122	3649,326	481,3542
0,053487	0,067217	0,186987	3516,562	525,1137
0,062401	0,061542	0,254556	3167,87	612,6326
0,071316	0,055982	0,342711	2756,236	700,1516
0,08023	0,050536	0,459379	2326,908	787,6705
0,089145	0,045204	0,616057	1911,894	875,1895

Второй период

где $l_{1,K} := l_{\Delta} - l_{\alpha} = 0.045$

$$n := \frac{\Theta}{2} \cdot \frac{\varphi \cdot q}{g \cdot \omega \cdot f} = 2.79 \cdot 10^{-7}$$

из предыдущего $l_K := l_{18} = 0.616$

$$v_K := v_{18} = 875.189$$

Промежуток $L - l_K = 0.181$ разделим на четыре части $\Delta l := \frac{L - l_K}{4} = 0.045$

Определим v и D для соотв. путей снаряда в l

$$l_1 := l_K = 0.616$$

$$l_2 := l_K + \Delta l = 0.661$$

$$l_3 := l_2 + \Delta l = 0.707$$

$$l_4 := l_3 + \Delta l = 0.752$$

$$l_5 := l_4 + \Delta l = 0.798$$

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

Для второго периода

$$v := \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - (1 - n \cdot v_K^2) \cdot \left(\frac{l_{1,K} + l_K}{l_{1,K} + l} \right)^{\frac{\theta}{i}}} = \begin{bmatrix} 875.189 \\ 895.819 \\ 914.506 \\ 931.555 \\ 947.204 \end{bmatrix}$$

$$P := f \cdot j \cdot \frac{1 - n \cdot v^2}{l_{1,K} + l} \cdot \frac{1}{10000} = \begin{bmatrix} 1.901 \cdot 10^3 \\ 1.756 \cdot 10^3 \\ 1.63 \cdot 10^3 \\ 1.52 \cdot 10^3 \\ 1.422 \cdot 10^3 \end{bmatrix}$$

Результаты вычислений заносим в таблицу 2.4

Таблица 2.4.

l	u	P
0,616057	875,1895	1901,01
0,661417	895,8185	1755,956
0,706778	914,5062	1629,999
0,752139	931,555	1519,689
0,7975	947,2039	1422,347

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:

$$\begin{aligned} X'' &= -E \cdot X' \\ Y'' &= -E \cdot Y' - g \end{aligned}$$

Вспомогательные коэффициенты:

$$c := \frac{1000}{q} \cdot i \cdot d^2 = 3.562 \quad \text{баллистический коэффициент}$$

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

$$\begin{aligned} xt' &= v_0 \cdot \cos(\Theta) \\ yt' &= v_0 \cdot \sin(\Theta) \end{aligned} \quad \text{в первый момент времени } t=0$$

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

$H(y)$ 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$x(0) = 0$$

$$y(0) = 1.5$$

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

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

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

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

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

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

$$x(0) = 0$$

$$y(0) = 1.5$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

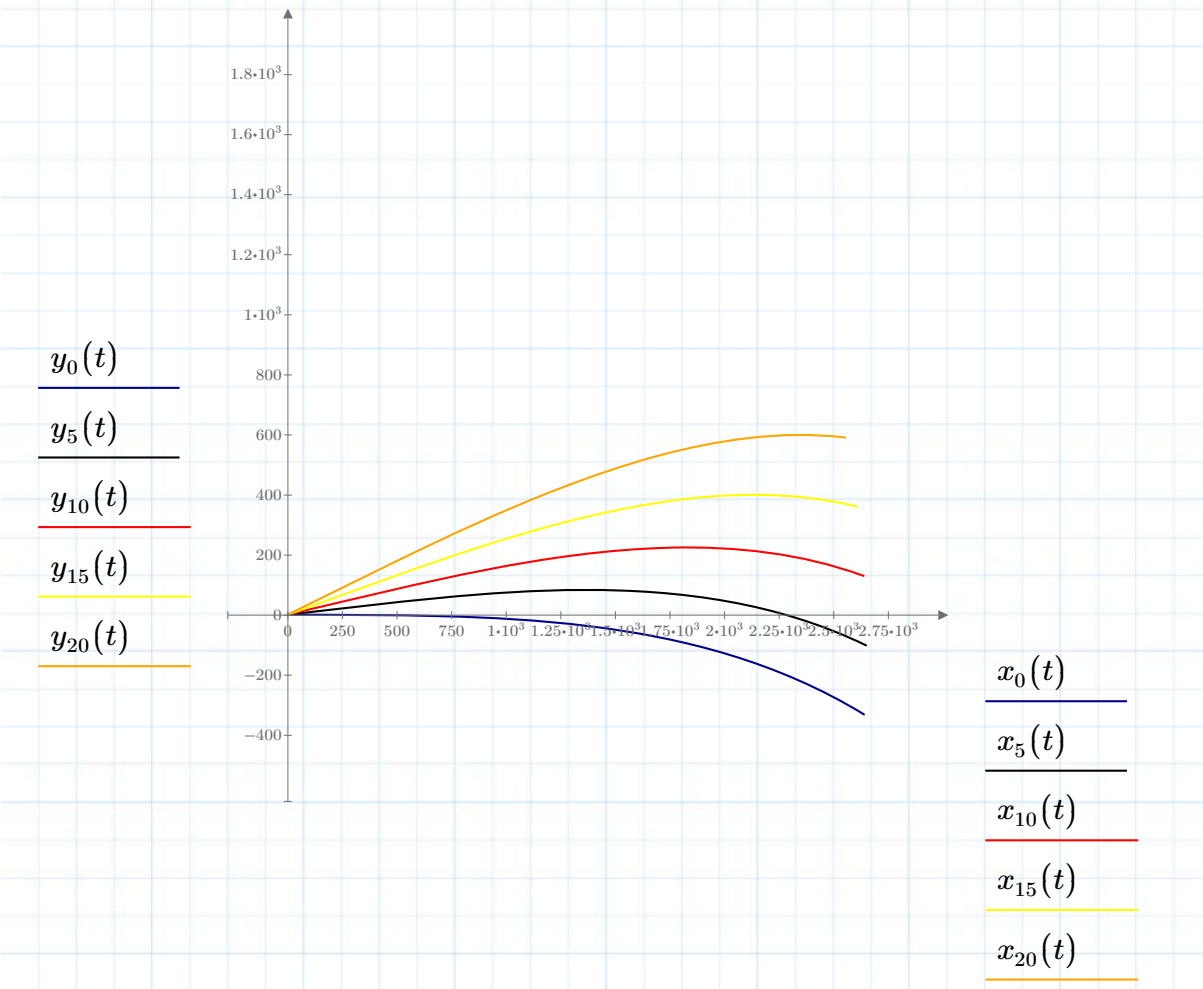
$$\Theta 1 := 70^{\circ}$$

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

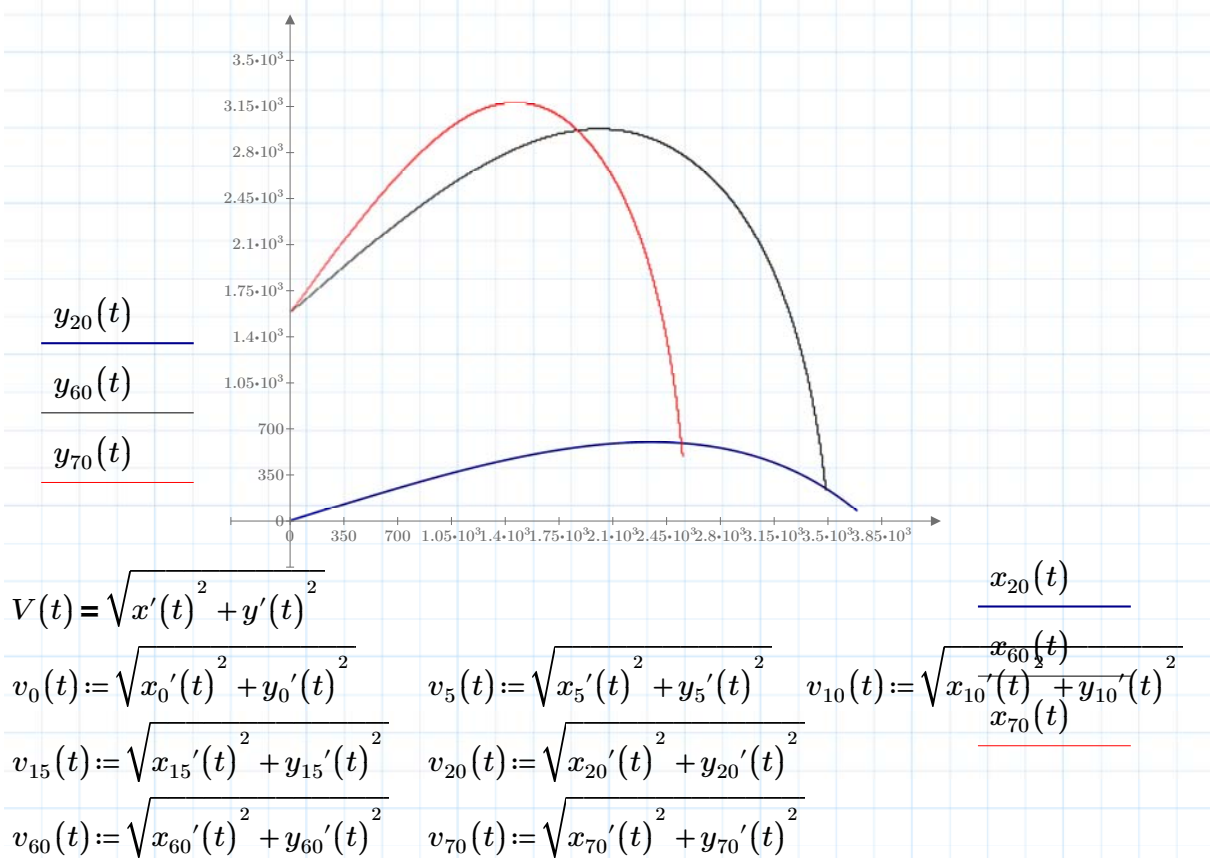
$$y''(t) = -c \cdot 10^{-0.000046 \cdot y(t)} \cdot \frac{1}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}} \cdot \left(\frac{0.2002 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 48.05}{\sqrt{\left(0.1648 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} - 47.95\right)^2 + 9.6}} + \frac{0.0442 \cdot \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} \cdot \left(\sqrt{x'(t)^2 +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

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

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

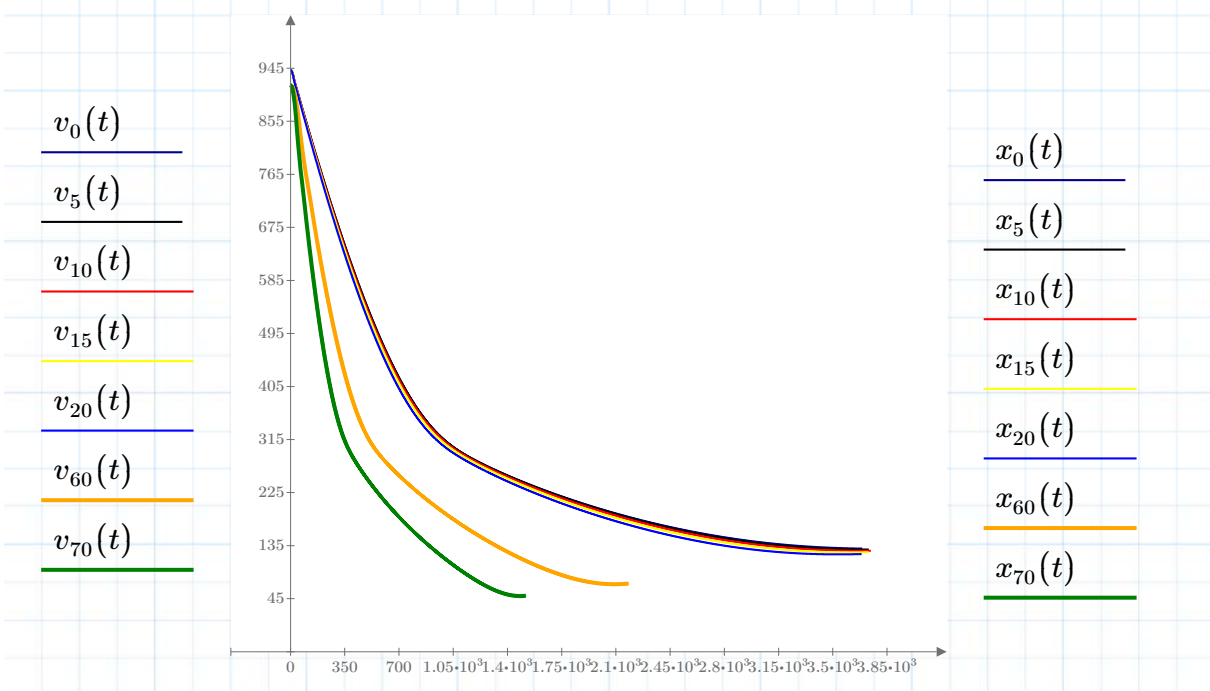


$t := 0, 0.001 \dots 60$



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

$t := 0, 0.001 \dots 20$



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 14.5 на дистанции 100м

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

$$x_0(0.1111005) = 100$$

$$v_c := v_0(0.1111005) = 855.174 \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.145 \quad \text{калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K} \right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}} \right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.21 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{толщина брони в дециметрах}$$

$$b_2 := \left(\frac{v_c}{K} \right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}} \right) \cdot (a_2)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.277 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{толщина брони в дециметрах}$$

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						
0,277	0,264	0,227	0,171	0,105	0,042	0,000
0,264	0,252	0,216	0,163	0,100	0,040	0,000
0,227	0,216	0,185	0,140	0,086	0,034	0,000
0,171	0,163	0,140	0,105	0,065	0,026	0,000
0,105	0,100	0,086	0,065	0,040	0,016	0,000
0,042	0,040	0,034	0,026	0,016	0,006	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Пусть

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

$$\text{Тогда} \quad v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}} \right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 676.433 \\ 699.786 \\ 778.724 \\ 949.691 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad \text{скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

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

Машина пробивается!
на углах 90, 75 и 60 градусов

Деталь №2

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

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

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

$$x_0(0.1111005) = 100 \text{ м}$$

$$v_c := v_0(0.1111005) = 855.174 \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.145 \text{ калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.254 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

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

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 591.363 \\ 611.779 \\ 680.79 \\ 830.256 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

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

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

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_2^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 556.426 \\ 575.635 \\ 640.569 \\ 781.204 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

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

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

Деталь №3

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

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

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

$$x_0(0.1111005) = 100 \text{ м}$$

$$v_c := v_0(0.1111005) = 855.174 \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.145 \text{ калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.264 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

$b := 0.15$ толщина брони в дециметрах

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 575.635 \\ 595.508 \\ 662.684 \\ 808.174 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

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

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

Деталь №4

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

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

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

$$x_0(0.1111005) = 100 \text{ м}$$

$$v_c := v_0(0.1111005) = 855.174 \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.145 \text{ калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.031 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

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

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 2.59 \cdot 10^3 \\ 2.679 \cdot 10^3 \\ 2.981 \cdot 10^3 \\ 3.636 \cdot 10^3 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

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

Машина не пробивается!

Деталь №5

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

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

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

$$x_0(0.1111005) = 100 \text{ м}$$

$$v_c := v_0(0.1111005) = 855.174 \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.145 \text{ калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.242 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

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

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 612.682 \\ 633.834 \\ 705.332 \\ 860.186 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

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

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

Деталь №6

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

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

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

$$x_0(0.1111005) = 100 \text{ м}$$

$$v_c := v_0(0.1111005) = 855.174 \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.145 \text{ калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.171 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

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

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 781.204 \\ 808.174 \\ 899.339 \\ 1.097 \cdot 10^3 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$
$$v_c \leq v_0(0.00001) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Машина пробивается!
на углах 90, 75 и 60 градусов

Деталь №7

$K := 2200$ коэффициент стойкости брони

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

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

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

$$x_0(0.1111005) = 100 \text{ м}$$

$$v_c := v_0(0.1111005) = 855.174 \text{ скорость встречи снаряда с броней в м/с}$$

$$d_c := d \cdot 10 = 0.145 \text{ калибр снаряда в дм}$$

$$b_1 := \left(\frac{v_c}{K}\right)^{1.43} \cdot \left(\frac{q^{0.71}}{d_c^{1.07}}\right) \cdot (a_1)^{1.4} = \begin{bmatrix} 0.277 \\ \vdots \end{bmatrix} \text{толщина брони в дециметрах}$$

Пусть

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

Тогда

$$v_c := \left(\frac{b \cdot K^{1.43} \cdot d_c^{1.07}}{q^{0.71} \cdot a_1^{1.4}}\right)^{\frac{1}{1.43}} = \begin{bmatrix} 556.426 \\ 575.635 \\ 640.569 \\ 781.204 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

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