

MAREK POLEWSKI
MECHANIKA LOTU 2
CESSNA 150M
PROWADZĄCY: DR INŻ. MACIEJ ŁASEK
WTOREK 14:15-16:00

Projekt 10
**„Podłużna statyczna stateczność i sterowność
samolotu”**

DATA ODDANIA PROJEKTU:

OCENA:

Spis treści

1 Wstęp	1
2 Środki statecznej stateczności i sterowności podłużnej	1
3 Zapasy podłużnej stateczności i sterowności samolotu	3
4 Kryterium sterowności podłużnej samolotu	4
4.1 Względem prędkości lotu	4
4.2 Względem przeciążenia	5
4.3 Podsumowanie	6

1 Wstęp

Celem projektu jest sprawdzenie statycznej stateczności i sterowności podłużnej. Obliczenia zostały wykonane w język Python.

Podsatawowe zmienne wykorzystane do obliczeń:

- powierzchnia nośna $S = 15.0m^2$,
- powierzchnia steru wysokości $S_H = 2.2m^2$,
- Średnia cięciwa aerodynamiczna $C_a = 1.5m$,
- wydłużenie płata $\Lambda = 6.59$,
- średnia cięciwa steru wysokości $C_{sH} = 0.803m$,

Ponadto zostało założone przełożenie kątowe drążka $K_{dh} = 1.0$

	$\bar{x}_c [-]$
\bar{x}_{c1}	0.12
\bar{x}_{c2}	0.25
\bar{x}_{c3}	0.38

Tab. 1: Położenia środka ciężkości samolotu

2 Środki statecznej stateczności i sterowności podłużnej

$$\bar{x}_N = \left(\bar{x}_{SA} + \sum_j \Delta \bar{x}_{SA_j} + \bar{z}_s \left(2 \cdot C_z \left(\frac{1}{\pi \Lambda} - \frac{1}{a} \right) - \alpha_0 \right) + \kappa_H^0 \cdot \frac{a_1}{a} \cdot \left(1 - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha} \right) \right) \cdot K_{gHN} \quad (1)$$

$$\bar{x}_{N'} = \left(\bar{x}_{SA} + \sum_j \Delta \bar{x}_{SA_j} + \bar{z}_s \left(2 \cdot C_z \left(\frac{1}{\pi \Lambda} - \frac{1}{a} \right) - \alpha_0 \right) + \kappa_H^0 \cdot \frac{a_1}{a} \cdot \left(1 - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha} \right) \cdot \left(1 - \frac{a_2}{a_1} \cdot \frac{b_1}{b_2} \right) \right) \cdot K_{gHN'} \quad (2)$$

$$\bar{x}_M = \left(\bar{x}_{SA} + \sum_j \Delta \bar{x}_{SA_j} + \bar{z}_s \left(2 \cdot C_z \left(\frac{1}{\pi \Lambda} - \frac{1}{a} \right) - \alpha_0 \right) + \kappa_H^0 \cdot \frac{a_1}{a} \cdot \left(\left(1 - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha} \right) + \frac{a}{\mu_1^0} \right) \right) \cdot K_{gHM} \quad (3)$$

$$\bar{x}_{M'} = \left(\bar{x}_{SA} + \sum_j \Delta \bar{x}_{SA_j} + \bar{z}_s \left(2 \cdot C_z \left(\frac{1}{\pi \Lambda} - \frac{1}{a} \right) - \alpha_0 \right) + \kappa_H^0 \cdot \frac{a_1}{a} \cdot \left(1 - \frac{a_2}{a_1} \cdot \frac{b_1}{b_2} \right) \cdot \left(\left(1 - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha} \right) + \frac{a}{\mu_1^0} \right) \right) \cdot K_{gHM'} \quad (4)$$

$$K_{gHN} = \frac{1}{1 + \frac{S_H}{S} \cdot \frac{a_1}{a} \cdot \left(\frac{V_{H\infty}}{V_\infty}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha}\right)} = 0.9528 \quad (5)$$

$$K_{gHN'} = \frac{1}{1 + \frac{S_H}{S} \cdot \frac{a_1}{a} \cdot \left(\frac{V_{H\infty}}{V_\infty}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha}\right) \cdot \left(1 - \frac{a_2}{a_1} \cdot \frac{b_1}{b_2}\right)} = 0.9761 \quad (6)$$

$$K_{gHN} = \frac{1}{1 + \frac{S_H}{S} \cdot \frac{a_1}{a} \cdot \left(\frac{V_{H\infty}}{V_\infty}\right)^2 \cdot \left(\left(1 - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha}\right) + \frac{2a}{\mu_1^0}\right)} = 0.9478 \quad (7)$$

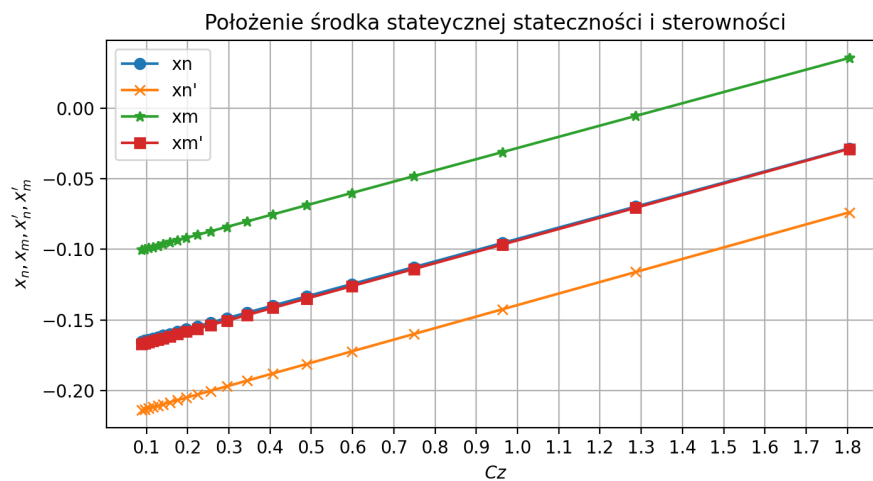
$$K_{gHM'} = \frac{1}{1 + \frac{S_H}{S} \cdot \frac{a_1}{a} \cdot \left(\frac{V_{H\infty}}{V_\infty}\right)^2 \cdot \left(\left(1 - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \alpha}\right) + \frac{2a}{\mu_1^0}\right) \cdot \left(1 - \frac{a_2}{a_1} \cdot \frac{b_1}{b_2}\right)} = 0.9636 \quad (8)$$

$$\mu_1^0 = \frac{m}{\frac{1}{2} \cdot \rho S x_{SAH}} = 16.45 \quad (9)$$

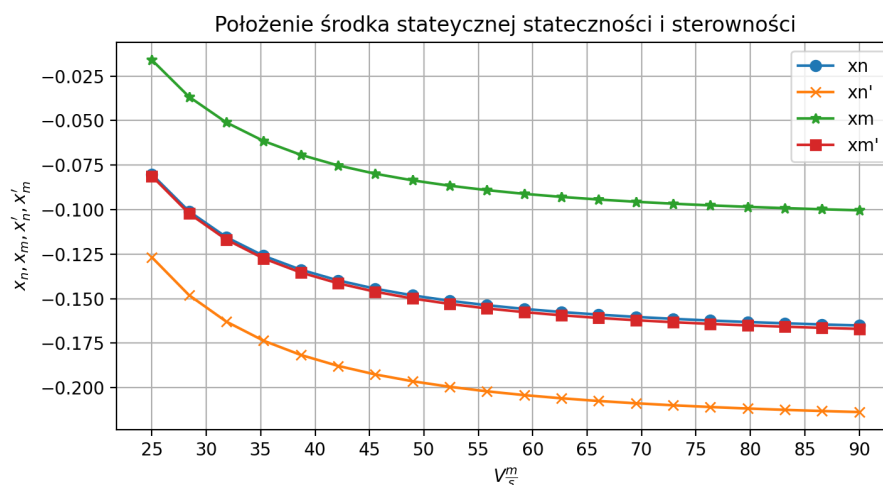
$$\kappa_H^0 = \frac{S_H x_{SAH}}{S \cdot c_a} \cdot \left(\frac{V_{H\infty}}{V_\infty}\right) = 0.3573 \quad (10)$$

V [m/s]	C_z	x_n	x'_n	x_m	x'_m
20.000	1.805	-0.028	-0.074	0.036	-0.029
23.684	1.287	-0.070	-0.116	-0.006	-0.071
27.368	0.964	-0.095	-0.142	-0.031	-0.097
31.053	0.749	-0.113	-0.160	-0.048	-0.114
34.737	0.598	-0.125	-0.172	-0.060	-0.126
38.421	0.489	-0.133	-0.181	-0.069	-0.135
42.105	0.407	-0.140	-0.188	-0.075	-0.141
45.789	0.344	-0.145	-0.193	-0.080	-0.146
49.474	0.295	-0.149	-0.197	-0.084	-0.150
53.158	0.255	-0.152	-0.200	-0.087	-0.154
56.842	0.223	-0.154	-0.203	-0.090	-0.156
60.526	0.197	-0.156	-0.205	-0.092	-0.158
64.211	0.175	-0.158	-0.207	-0.094	-0.160
67.895	0.157	-0.160	-0.208	-0.095	-0.162
71.579	0.141	-0.161	-0.209	-0.096	-0.163
75.263	0.127	-0.162	-0.211	-0.097	-0.164
78.947	0.116	-0.163	-0.212	-0.098	-0.165
82.632	0.106	-0.164	-0.212	-0.099	-0.166
86.316	0.097	-0.164	-0.213	-0.100	-0.166
90.000	0.089	-0.165	-0.214	-0.100	-0.167

Tab. 2: Tablica z danymi do obliczeń.



Rys. 1: Wykresy w funkcji Cz



Rys. 2: Wykresy w funkcji V

3 Zapasy podłużnej stateczności i sterowności samolotu

Kryteria sterowności podłużnej względem prędkości definiowane jako pochodne kąta wychylenia steru wysokości oraz siły na drążku (wolancie) względem prędkości lotu dane są następującymi zależnościami:

- Zapas stateczności ze sterem trzymanym:

$$h_N^- = \bar{x}_N - \bar{x}_c$$

- Zapas stateczności ze sterem puszczoneym:

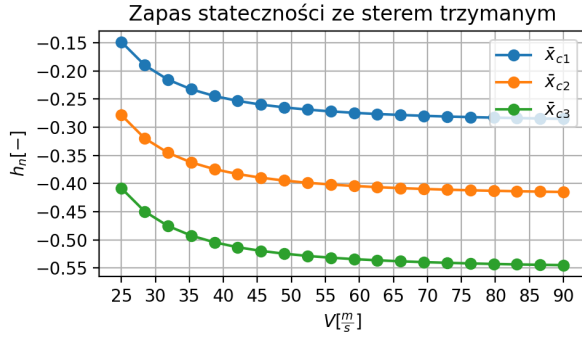
$$h_N^- = \bar{x}_N - \bar{x}_c$$

- Zapas sterowności ze sterem trzymanym:

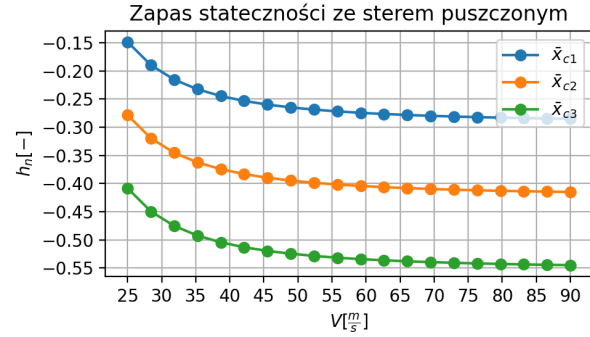
$$h_N^- = \bar{x}_N - \bar{x}_c$$

- Zapas sterowności ze sterem puszczoneym:

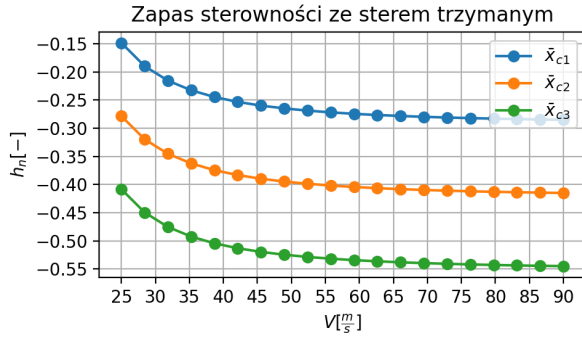
$$\bar{h}_N = \bar{x}_N - \bar{x}_c$$



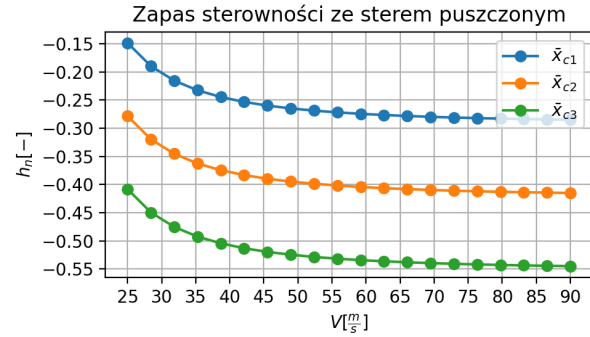
(a) Zapas stateczności ze sterem trzymanym



(b) Zapas stateczności ze sterem puszczoneym



(c) Zapas sterowności ze sterem trzymanym



(d) Zapas sterowności ze sterem puszczoneym

Rys. 3: Zapas stateczności i sterowności w funkcji prędkości

4 Kryterium sterowności podłużnej samolotu

4.1 Względem prędkości lotu

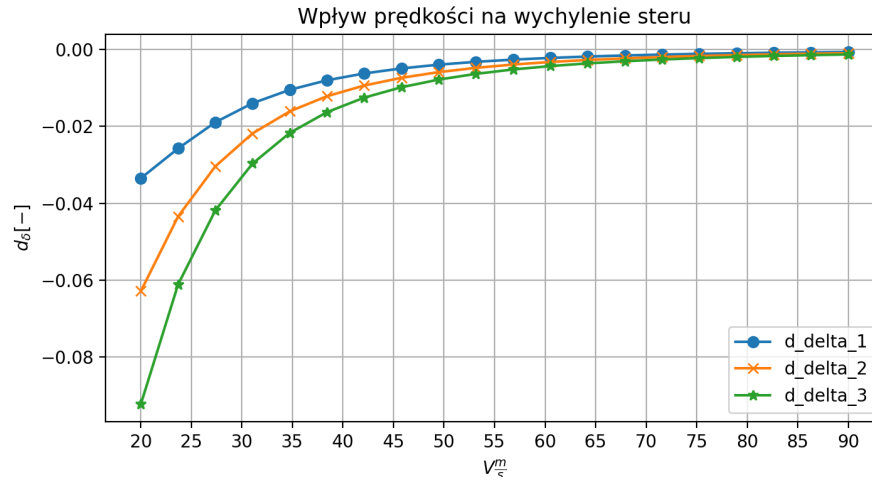
Kryteria sterowności podłużnej względem prędkości definiowane jako pochodne kąta wychylenia steru wysokości oraz siły na drążku (wołanie) względem prędkości. Wyniki zostały przedstawione w

$$\frac{\delta_H}{dV} = \frac{4mg}{\rho S \kappa_H^0 \cdot a_2} \cdot \frac{1}{V^3} \cdot \bar{h}_N \quad (11)$$

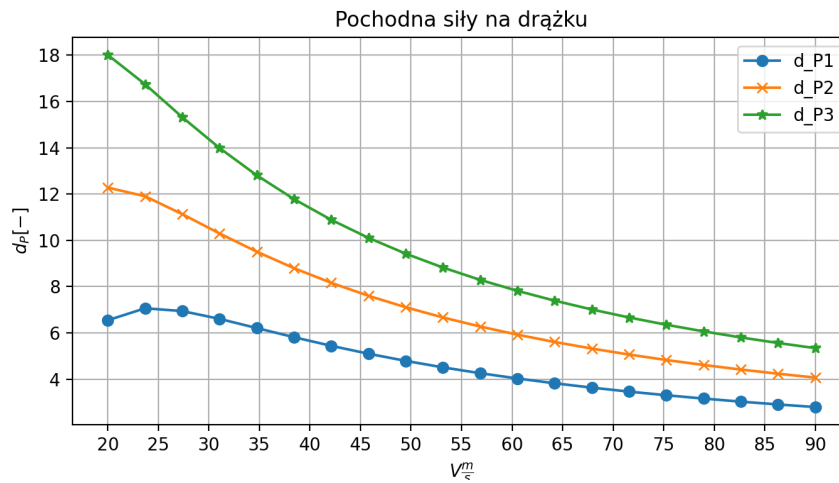
$$\frac{\delta_H}{dV} = \frac{4 \cdot 670.0 \cdot 9.81}{1.225 \cdot 15.0 \cdot 0.3573 \cdot 2.218} \cdot \frac{1}{V^3} \cdot \bar{h}_N$$

$$\frac{dP_{dH}}{dV} = -2mgK_{dH} \cdot \frac{S_{Sh} \cdot c_{sH}}{S_H \cdot x_{SAH}} \cdot \frac{c_a}{l_{dH}} \cdot \frac{1}{V} \cdot \bar{h}_N \quad (12)$$

$$\frac{dP_{dH}}{dV} = -2 \cdot 670.0 \cdot 9.81 \cdot 1.0 \cdot \frac{2.2 \cdot 0.803}{15.0 \cdot 4.29} \cdot \frac{1.5}{1.0} \cdot \frac{1}{V} \cdot \bar{h}_{N'}$$



(a) Pochodna wychylenia stery wysokości



(b) Przyrost siły na drążku

Rys. 4: Kryteria sterowności podłużnej w funkcji prędkości

4.2 Względem przeciążenia

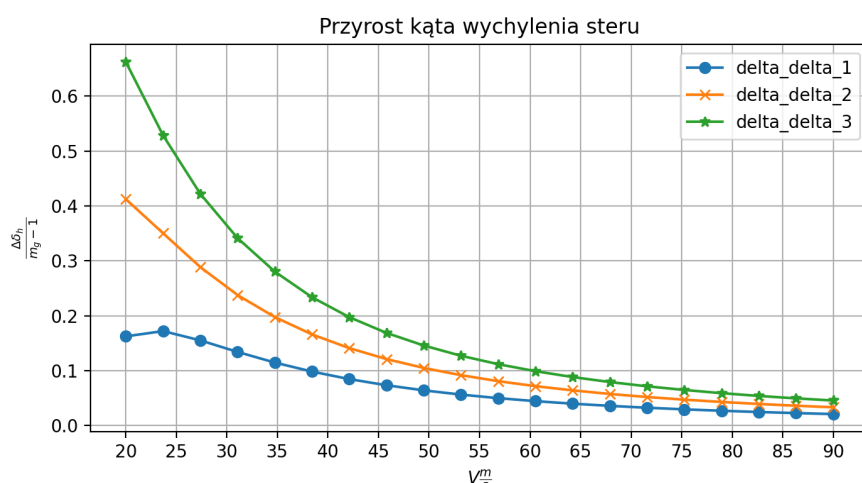
Kryteria sterowności podłużnej względem przeciążenia: przyrost kąta wychylenia względem współczynnika przeciążeń i przyrost siły na drążku odniesiony do współczynnika przeciążeń

$$\frac{\Delta \delta_H}{m_g - 1} = -2 \cdot m \cdot g \cdot \frac{c_a}{\rho \cdot S_H \cdot x_{SAH} \cdot a_2} \cdot \frac{1}{V^2} \cdot \bar{h}_M \quad (13)$$

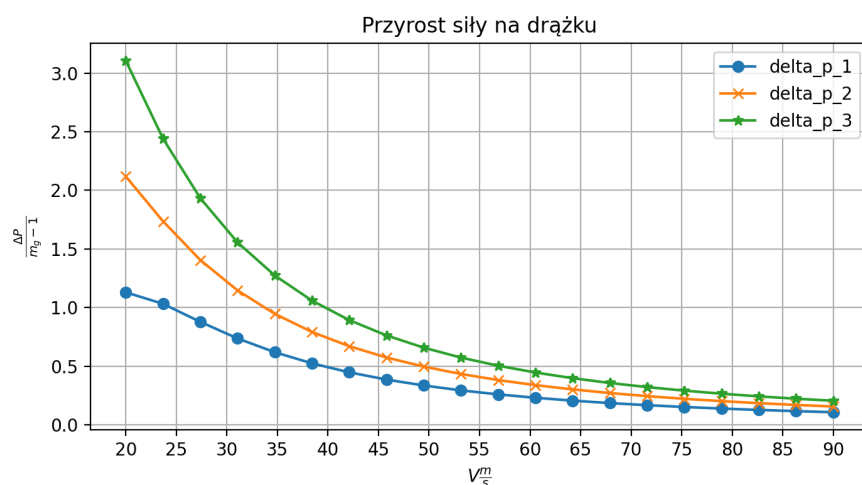
$$\frac{\Delta \delta_H}{m_g - 1} = -2 \cdot 670.0 \cdot 9.81 \cdot \frac{1.5}{1.225 \cdot 2.2 \cdot 4.29 \cdot 2.218} \cdot \frac{1}{V^2} \cdot \bar{h}_M$$

$$\frac{\Delta P_{dH}}{m_g - 1} = m \cdot g \cdot K_{dH} \cdot \frac{c_a}{l_{dH}} \cdot \frac{S_{SH} \cdot c_{SH}}{S_H \cdot x_{SAH} \cdot \frac{b_2}{a_2}} \cdot \bar{h}_{M'} \quad (14)$$

$$\frac{\Delta P_{dH}}{m_g - 1} = 670.0 \cdot 9.81 \cdot 1.0 \cdot \frac{1.5}{1.0} \cdot \frac{2.2 \cdot 0.803}{15.0 \cdot 4.29 \cdot \frac{-0.322}{2.218}} \cdot \bar{h}_{M'}$$



(a) Pochodna wychylenia steru wysokości



(b) Przyrost siły na drążku

Rys. 5: Kryteria sterowności podłużnej w funkcji przeciążenia

4.3 Podsumowanie

Na podstawie warunków zawartych w instrukcji można stwierdzić, że —:

$$\frac{d\delta_H}{dV} > 0 \quad \frac{dP_{dH}}{dV} < 0 \quad \frac{\Delta\delta_H}{m_g - 1} < 0 \quad \frac{\Delta P_{dH}}{m_g - 1} > 0$$