

Podstawy Konstrukcji Maszyn

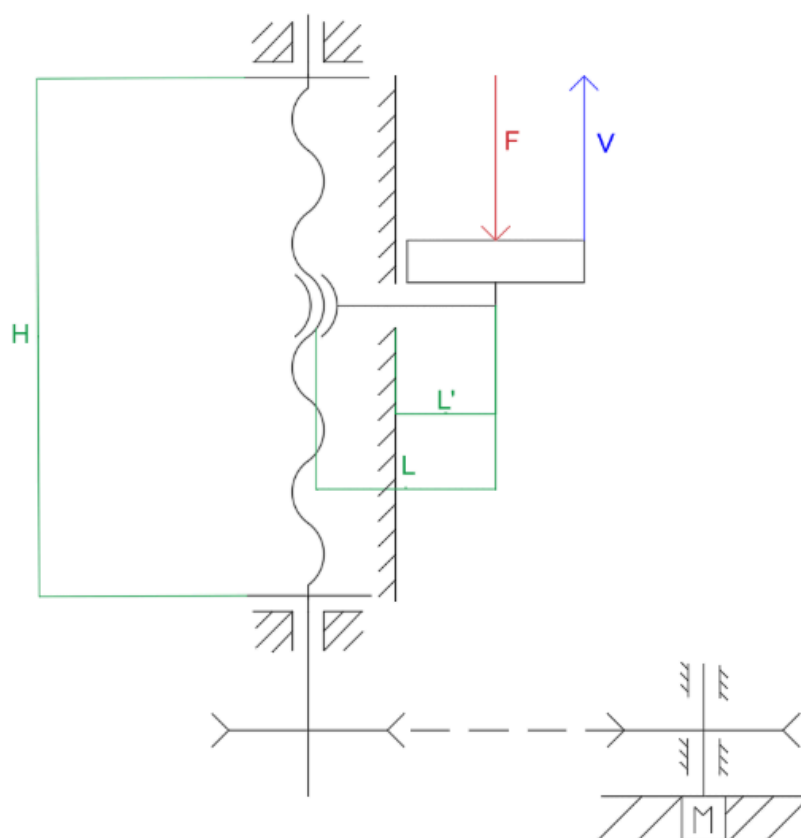
Projekt Podnośnika do ramienia robota
wydrukowanego w 3D

Jan Baryczkowski 152159
Mechatronika sem. V
Grupa MCH1

1. Przegląd stanu techniki

Podnośnik ten służy do automatycznego transportowania ramienia robota wydrukowanego w 3D wraz z przenoszonymi przez nie elementami w celu poszerzenia zakresu działania robota bez konieczności zwiększenia rozmiarów lub rozbudowy konstrukcji samego robota. Budowa tego mechanizmu nie ma zastosowania w przemyśle ze względu na małe rozmiary samego robota, ale mogłaby posłużyć jako jeden z wielu elementów Smart Home w celu np segregacji małych obiektów na różnych wysokościach za pomocą samego podnośnika wraz z robotem.

2. Schemat kinematyczny



3. Dane wejściowe

$H = 400 \text{ mm}$ - długość skoku śruby

$L = 45 \text{ mm}$ - długość ramienia siły do osi śruby

$F = 10 \text{ N}$ - siła docisku spowodowana przez masę robota wraz z elementem przez niego przenoszonym

$V = 0,05 \text{ m/s}$ - prędkość posuwu podnośnika

4. Spis elementów

L.p.	Nazwa	Szt.	Numer / Norma	Materiał	Uwagi
1	Śruba trapezowa Tr 10x2	1	MCH-1.00.01.0	S215	-
2	Wał czynny	1	MCH-1.00.02.0	C45	-
3	Wał bierny	1	MCH-1.00.03.0	C45	-
4	Nakrętka trapezowa Tr 10x2	1	MCH-1.00.04.0	Brąz Bk331	-
5	Korpus - ściana boczna długa	2	MCH-1.00.05.0	PA	-
6	Korpus - ściana boczna krótka	2	MCH-1.00.06.0	PA	-
7	Korpus - podstawa dolna	1	MCH-1.00.07.0	PA	-
8	Korpus - podstawa górna	1	MCH-1.00.08.0	PA	-
9	Nóżka L - podstawa	4	MCH-1.00.09.0	PA	-
10	Nóżka H - podstawa	6	MCH-1.00.10.0	PA	-
11	Noga L - długa	4	MCH-1.00.11.0	PA	-
12	Noga H - długa	6	MCH-1.00.12.0	PA	-
13	Noga L - krótka	3	MCH-1.00.13.0	PA	-
14	Noga H - krótka	4	MCH-1.00.14.0	PA	-
15	Oprawa łożyska 1	2	MCH-1.00.15.0	PA	-
16	Oprawa łożyska 2	2	MCH-1.00.16.0	PA	-
17	Korpus - piętro	2	MCH-1.00.17.0	PA	-
18	Korpus - belka wąska	1	MCH-1.00.18.0	PA	-
19	Korpus - belka szeroka	1	MCH-1.00.19.0	PA	-
20	Kątownik	2	MCH-1.00.20.0	PA	-
21	Wieża - podpora	1	MCH-1.00.21.0	PA	-
22	Wieża - ściana boczna krótka	1	MCH-1.00.22.0	PA	-
23	Wieża - ściana boczna długa	1	MCH-1.00.23.0	PA	-
24	Wieża - podstawa dolna	1	MCH-1.00.24.0	PA	-
25	Wieża - podstawa środkowa	1	MCH-1.00.25.0	PA	-
26	Wieża - pokrycie	1	MCH-1.00.26.0	PA	-
27	Wieża - usadowienie robota	1	MCH-1.00.27.0	PA	-
28	Wieża - noga L	4	MCH-1.00.28.0	PA	-
29	Sprzęgło	2	WKE_N-9-5-5-98	-	-
30	Wózek prowadnicy	2	Katalog HIWIN	-	-
31	Szyna prowadnicy MGNR07R500HMI	2	Katalog HIWIN	-	-
32	Silnik	1	IW-S-000-008	-	-
33	Wpust pryzmatyczny 21x3x3	4	PN-85002	C45	-
34	Wpust pryzmatyczny 21x4x4	1	PN-85002	C45	-
35	Pas zębaty	1	PN-83/M-85210	-	-
36	Łożysko poprzeczne 618/8	2	Katalog SKF	-	-
37	Łożysko wzdłużne BA8	1	Katalog SKF	-	-
38	Koło napędowe	1	PN-84/M-85211	PA	-
39	Koło napędzane	1	PN-84/M-85211	PA	-

40	Segger Z8	10	ANSI B 27.7M -3AMI-9	-	-
41	Segger Z10	1	ANSI B 27.7M -3AMI-11	-	-
42	Śruba M4 x 35	2	ISO 1580	-	-
43	Śruba M4 x 25	8	ISO 1580	-	-
44	Śruba M4 x 10	26	ISO 1580	-	-
45	Nakrętka M4	53	ISO 4032	-	-
46	Nakrętka M4 BS	8	BS EN 24 036	-	-
47	Podkładka płaska AS	8	AS 1237 - 4	-	-
48	Podkładka sprężysta M4 Typ B	117	BS 4464	-	-
49	Podkładka płaska	168	ISO 7089 - 4	-	-
50	Śruba M4x14	20	ISO 1580	-	-
51	Śruba M4 x 20	31	ISO 1580	-	-
52	Śruba trzpieniowa M1,6 x 6	8	ISO 4766	-	-
53	Nakrętka M4 4183	24	BS 4183	-	-
54	Śruba M4 x 16	6	ISO 1580	-	-
55	Śruba M4 x 12	4	ISO 1580	-	-
56	Śruba M4 x 40	4	ISO 1580	-	-
57	Śruba M4 x 30	3	ISO 1580	-	-
58	Podkładka płaska M2,5	8	ISO 7089	-	-
59	Podkładka sprężysta M2,5 Typ B	8	BS 4464	-	-
60	Śruba M2,5 x 16	4	ISO 1580	-	-
61	Nakrętka M2,5	4	BS 4183 - M2,5	-	-

SRUBA

11

Dane: $Q = 10\text{ kN}$ - maks. ładunek podnoszony;
 $H = 400\text{ mm}$ - wysł. podmożenia;
 $h = 40\text{ mm}$ - orientacyjna wysokość nakrętki.

Długość wybarwienia: $L_w = \lambda \cdot L = 234\text{ mm}$
 $\lambda = 0,5$ $L = 468\text{ mm}$

Długość śruby wlegającej wybarwienia: $L = H + D + 0,5h = 400 + 12 + 20 = 468\text{ mm}$

Materiał ~~stali~~ → śruby to st. S215 okalanej:

$E = 2,1 \cdot 10^5\text{ MPa}$; $R_t = 185\text{ MPa}$; $R_e = 215\text{ MPa}$; $R_m = 375\text{ MPa}$;

Sprawdzenie czy $\lambda \geq \lambda_{gr}$ czy $\lambda \leq \lambda_{gr}$:

λ - smukłość; λ_{gr} - smukłość graniczna; χ - współczynnik bezpieczeństwa

$$\lambda = \frac{4L_w}{d_1} = \frac{4 \cdot 234}{8,5} = 110,12 \quad \lambda > \lambda_{gr} \checkmark$$

$$\lambda_{gr} = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{R_t}} = 105,8 \rightarrow d_1 \geq \sqrt{\frac{64 \cdot Q \cdot L_w^2 \cdot \chi}{\pi^2 \cdot E}} = 5,19 \text{ minimum}$$

dobierzam $d_1 = 8,5$ i sprawdzam λ

$$\lambda = \frac{4L_w}{5,19} = 180,35 \checkmark$$

• Dobierzam śrubę trapezową $T_r 10 \times 2 \rightarrow$ Dane:

$d_1 = D_1$	D	d	$d_2 = D_2$
8,5	12	10	20

$d_1 = D_1$ - średnica rdzenia; d - gwint

P - skok gwintu i

• $d_s = \frac{D_1 + d}{2} = 9,25$ d_s - średnica średnia

• $H_m = Q \cdot \tan(p' + \gamma)$ H_m - siła sprężająca za dół nakrętki;

p' - promy kąt łania gwintu śruby i nakrętki; γ - kąt wznosu linii śrubowej

$$p' = \arctg \frac{P}{\pi d_s} = 4,63^\circ$$

$p' > \gamma \checkmark \leftarrow$ warunkiem samohamowności

$$\gamma = \arctg \frac{P}{\pi d_s} = 2,86^\circ$$

• Moment torcia na gwintie w osi compression ciarowa - M_s (←)

$$M_s = \frac{1}{2} H_m \cdot d_s = \frac{1}{2} Q \cdot d_s \cdot \tan(p' + \phi) = 8,56 \text{ Nmm}$$

$$/ A = \frac{\pi d_1^2}{4} = 56,7$$

• naprężenia występujące na śrubie:

$$\sigma_c = \frac{Q}{A_n} = 0,18 \text{ MPa}; \quad W_0 = \frac{\pi d_1^3}{16} = 120,52 \text{ mm}^3;$$

$$\tau_s = \frac{M_s}{W_0} = 0,07 \text{ MPa}; \quad k_c = \frac{R_e}{x} = \frac{215}{5} = 43 \text{ MPa};$$

$$\sigma_z - \text{Za składowe naprężenia} \rightarrow \sigma_z = \sqrt{(\sigma_c + \sigma_g)^2 + 3 \tau_s^2} \leq k_c \rightarrow 0,2 \leq 43 \checkmark$$

• sprawdź pól. gwintowego:

$$\eta = \frac{\tan(\phi)}{\tan(\phi + p')} \cdot 100\% = 27\%$$

NAKRĘTKA

• Naprężenia na nakrętce - Bocz. Bk 331 $\rightarrow p_{dop} = 10 \text{ MPa}, E = 1,3 \cdot 10^5 \text{ MPa}$

• ilość zwojów: $p = \frac{Q}{A_c} \leq p_{dop} \rightarrow p = 10 \checkmark$

A_c - powierzchnia całkowita zwojów $\rightarrow A_c = \frac{Q}{p_{dop}} = 1 \text{ mm}^2$

A_2 - pow. jednego zwoju $\rightarrow A_2 = \frac{\pi (d^2 - d_1^2)}{4} = 2148 \text{ mm}^2$

z - liczba zwojów nakrętki $\rightarrow \frac{A_c}{A_2} = 0,06 \rightarrow \text{przyjmy } z = 1 \text{ i dajmy } 0,6 \times z =$

• wysokość nakrętki $H_m \geq 2 \cdot p \rightarrow H_m = 25$

$$\underline{\underline{z = 2,5}}$$

• warunki dobrego prowadzenia:

$$H_m \geq 1,5 \cdot d = 15 \text{ dla } d = 10 \text{ mm}$$

• średnica zewnętrzna nakrętki:

$$D_w = \sqrt{D_2^2 - \frac{4 Q^2}{\pi p_{dop}^2}} = 21,13$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 E_1 \cdot A_1}{\pi E_2} + p^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 211 \cdot 10^5 \cdot 547}{17 \cdot 1,3 \cdot 10^5} + d_1^2} = 11 \rightarrow \text{przyjmij } 22$$

DOBIERAM $T_8 10 \times 2$

Łożyśko

3

• $V = 0,05 \frac{m}{s}$ $p = 2$

• prędkość obrotowa:

$$n = \frac{V \cdot 60}{p} = 1,5 \text{ obr/min}$$

• Nośmość: $L_h = 20000h$ $q = 3$

$$C = 3 \sqrt[16660]{20000 \cdot 1,5 \cdot 10} = 13,4 N$$

• Łożyśko wzdłużne z katalogu:

• BA 8 $d = 8$; $D = 19$; $H = 7$; $C = 3,19 kN$

• Łożyśko poprzeczne

618/8 $d = 8$; $D = 16$; $H = 4$; $C = 0,810 kN$

• Trwałość łożyska wzdłużnego:

$$L^1 = \left(\frac{C}{F_1} \right)^9 = 32461759$$

$$d_{sr}^1 = \frac{d+D}{2} = 13,5$$

$$M_f^1 = Q \cdot \frac{d_{sr}^1}{2} \cdot \mu_4 = 10 \cdot \frac{13,5}{2} \cdot 0,002 = 0,135 Nmm$$

• Trwałość łożyska poprzecznego

$$L^1 = 549353$$

$$d_{sr}^1 = 12 mm$$

$$M_f^1 = 0,12 Nmm$$

$$M_{sum} = 2 \cdot M_f^1 + 2 \cdot M_f^2 = 0,51 Nmm$$

$$M_c = 9,58 Nmm$$

$$p = \frac{2 M_{sum}}{60} \cdot 0,00958 Nmm = 0,002 W$$

Przekładnia pasowa zębata

4

$$m_n = \frac{0,05 \cdot 60}{2} = 1,5 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

wymagana moc \geq moment, toru 0,002 W, a z uproszczonego zabrać 0,5 W

Dobieram silnik DC z przekładnią 600:1; RPM=10, P=12 W

przetworzenie przekładni $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{10}{1,5} = 6,67$; $z_1 = 12 \in$ mniejsze h_0

$$z_2 = i \cdot z_1 = 80,04$$

$$\delta = \frac{|i - i_n|}{i_n} \cdot 100\% = 0,05 < 1\% \checkmark$$

$$i_{n2} = \frac{z_2}{z_1} = 6,67$$

pas o podstawie H

$$P_B = 11,7$$

średnica kół pasowego $D_1 = \frac{P_B \cdot z_1}{\pi} = 48,51 \text{ mm}$ $D_2 = 323,40 \text{ mm}$

$$d_{\text{min}} = \frac{D_1 + D_2}{2} = 185,96 \text{ mm} \quad a_{\text{max}} = 2(D_1 + D_2) = 743,83 \text{ mm}$$

zostałam $a = 320$ kąt odchyleń pasa $\gamma = 25,43^\circ$

wymagana długość pasa $L = 1284,2 \text{ mm}$

Norma ISO 5296-1:8

$$L = 1289,25 \quad z_1 = 12 \quad h = 2,29$$

Pas dobrany z normy nie znajduje z taką długością i kątami odchyleń na rynku, więc dobieram pas z innego katalogu

$$L = 1295,4 \quad z_1 = 12 \quad \text{opis 510-17} \quad \text{użytkownik} \quad h_2 = 2,28$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = 1,02 \quad \frac{\alpha}{2} \in \text{zakazane} \quad \frac{\alpha}{2} = 65,13^\circ$$

$$\text{właściwa odległość} \quad a = 326,82 \rightarrow a = \frac{12,7(z_2 - z_1)}{2 \cdot \pi \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}$$

$$\text{niezgodny kąt odchyleń} \quad \gamma = 24,87^\circ \rightarrow \gamma = \arcsin\left(\frac{D_2 - D_1}{2 \cdot a}\right)$$

k_w = współczynnik szerokości wybranego pasa

$$k_w = \left(\frac{b}{b_0}\right)^{1,14} = \left(\frac{19,1}{25,4}\right)^{1,14} = 0,72$$

V - przekrój - obj. pasu $V = \frac{\pi k \cdot z_1 \cdot m}{60000} = 0,0254 \frac{m^3}{s}$

$T = 2650 N$ $m = kg/m$ - moment elastyczny iina podane

altem $m = \cancel{0,08 kg/m} \cancel{0,01 kg/m} 0,1 kg/m$

• współczynnik dzielący rzeczywistą liczbę zębatek zęba z_m

$z_m = z_1 \cdot \frac{4,34}{1360} = 2,67 \leq 6$ więc $\epsilon_2 = 1 - 0,26(6 - 4,34) = 0,57$

• Mom. obr. przenoszony przez podział $M = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 36,29 Nm$

$P_s = k_w \cdot \left[\frac{(T - m \cdot v^2) v}{1000} \cdot \epsilon_2 \right] = 0,038 kW = 38 W$

• siła dociskowa $F_{01} = \frac{2M}{D_1} = 1,5 N$

• Warunek wytrzymałościowy:

$P = \frac{F_{01}}{b \cdot h_2 \cdot z_m} \leq P_{dop} \cdot C$

$P = \frac{1,5}{19,1 \cdot 2,28 \cdot 2,67} \leq 1,684 \rightarrow 0,008 \leq 1,684 \checkmark$

PROWADNIKA

Siła na przewodnicy : $F_p = \frac{p_g}{L_1} = 52 N$

Moment grawitacji : $p_g = \frac{1}{2} \cdot L \cdot q = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{1000} = 2,34 N/m$

Różnica - $L_+ = 45 mm$

Siła tamia : $T_p = p \cdot F_p = 0,005 \cdot 52 = 0,26 N$

Dołączenie cewki na podłożu momenta grawitacji $16 N$ i $11 N$,
 Długość $L = 225 mm$; średnica $17 mm$; wysokość $h = 8 mm$

Nośność : $C_{pym} = 980$ $N_{ca} = 1245$ $p_g = 4,470 N/m$

Siła zginająca P :

$$P = \frac{W \cdot x \cdot h}{2 \cdot d} + \frac{F \cdot L}{2 \cdot d} = 19,169 N$$

z powodu bardzo małej prędkości obrotowej przyjmujemy brak przyspieszenia i brak czasu hamowania

Współczynnik bezpieczeństwa podparcia słupa

$$f_{s2} = \frac{C_0}{p} = 62,154$$

Trwałość momentu

$$L = \left(\frac{f_{th} \cdot f_t \cdot C_{gr}}{f_w \cdot p} \right)^3 \cdot 50 km = 183 mlin km$$

Reakcyjny moment $M_{ra} = 4,9 N/m$

$$L_h = \frac{L}{v \cdot 60} = 6948 Lot.$$

Współczynnik bezpieczeństwa - obciążenie momentem

$$f_{sm} = \frac{440}{2134} = 2,101$$

$f_h \leftarrow f_{kor} = 1$ i $f_{\phi} \leftarrow f_{temper} = 1$ i $f_{we} \leftarrow f_{elektrom} = 1,5$

od - obliczenia

$P_1 = 68$ $P_2 = 374$ $F_0 = 1,5 N$ $M_{dew} \times 5$ $k_y = 60$ $k_j = 35$

$$M_1 = F_1 \cdot \frac{D_1}{2} = 36 Nmm \quad F_2 = \frac{2M_1}{D_2} = 0,22 N$$

$a = 30 mm$

$a = 50 mm$

$b = 100 mm$

$c = 75 mm$

$$\sum F_{ix} = 0 \rightarrow F_1 - R_{D2} + F_2 - R_{D2} = 0$$

$$\sum M_{D2} = 0 \rightarrow F_1 \cdot a - F_2 \cdot b + R_{D2} \cdot (b + c) = 0$$

$$R_{D2} = \frac{-F_1 \cdot a + F_2 \cdot b}{b + c} = -0,3 N$$

$$R_{D2} = F_1 + F_2 - R_{D2} = 2,02 N$$

w przedziale od 0 do a

$$M_g(x_1) + F_1 \cdot x_1 = 0 \rightarrow M_g(x_1) = -F_1 \cdot x_1$$

dla $x = 0$ $M_g = 0$

dla $x = a$

$$M_{gB} = 50 \cdot -F_1 =$$

$$= -45 Nmm$$

w przedziale od a do a+b

$$M_g(x_2) + F_1 \cdot x_2 - R_{D2}(x_2 - a) = 0$$

$$M_{gx2} = -F_1 \cdot x_2 + R_{D2}(x_2 - a)$$

dla $x_2 = a$

$$M_{gB} = -F_1 \cdot a + R_{D2}(a - a) = -F_1 \cdot a = -45 Nmm$$

dla $x_2 = a + b$

$$M_{gC} = -F_1(a + b) + R_{D2} \cdot b = -23 Nmm$$

dla $x_3 = a + b + c$

$$M_{gD} = -F_1(a + b + c) + R_{D2}(b + c) - F_2 \cdot c = -337,5 + 353,5 - 16 = 0$$

w przedziale

a+b do a+b+c

dla $x_3 = a + b$

$$M_{gC} = -F_1(a + b) + R_{D2}(a + b) = -23 Nmm$$

ma postać hipotetyzyczna

$$\frac{60}{2.35} = 0.86$$

$$M_2 = \sqrt{M_y^2 + \left(\frac{I_{xy}}{I_x I_y} M_y\right)^2}$$

$$M_{2A} = \sqrt{0 + \left(\frac{60}{2.35} \cdot 36\right)^2} = 30.96 \text{ Nmm}$$

$$M_{2B} = \sqrt{7.54 (0.86 \cdot 36)^2} = 10.29 \text{ Nmm}$$

$$M_{2C} = \sqrt{23 + 30.96} = 7.35 \text{ Nmm}$$

$$M_{2D} = 0$$

średnica osi w poszcz. przekrojach

$$d_A \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{2A}}{\pi \cdot \sigma_{\text{doz}}}} = \sqrt[3]{0.16 \cdot M_{2A}} = 1.71 \text{ mm}$$

$$d_C \geq 1.06 \text{ mm}$$

$$d_B \geq \sqrt[3]{0.16 \cdot 10.29} = 1.18 \text{ mm}$$

$$d_D \geq 0$$

$$d \geq 0.01 \text{ mm}$$

zatem osi mogą dobrać 8 mm

Waż od większego koła

$$M_s = F \cdot \frac{D_2}{2} = 242,3 \text{ Nmm}$$

11

$$M_{zA} = \sqrt{M_{go}^2 + \left(\frac{k_{go}}{2 \cdot k_{sj}} \cdot M_s \right)^2} = \sqrt{0^2 + \left(\frac{60}{2 \cdot 35} \cdot 242,3 \right)^2} = 207,68 \text{ Nmm}$$

$$M_{zB} = \sqrt{75^2 + 43133,35} = 220,82 \text{ Nmm}$$

$$M_{zA} = M_{zC}$$

$$d_A \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{zA}}{\pi \cdot k_{go}}} = 3,28 \text{ mm} \quad d_A = d_C$$

$$d_B \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{zB}}{\pi \cdot k_{go}}} = 3,35 \text{ mm}$$

$$d_C \geq \frac{d_B}{1,2} = 2,79 \text{ mm}$$

Długość

515

$$d_{\text{wał}} = 10 \text{ mm} \quad L = 23 \text{ mm}$$

Wpływ od większego koła

$$P_{obp} = z \cdot \frac{P_e}{x} = 36,88$$

Wpływ b x h $\rightarrow 4 \times 4$

$L = 10 \rightarrow$ sprężyna $q =$

$$P = \frac{q \cdot n_s}{d \cdot b(1-b)} \leq 36,88$$

$\downarrow 1$

$$4038 \leq 36,88 \quad \checkmark$$