

**Politechnika Warszawska**

**PROJEKT NAPĘDU  
WENTYLATORA**

Prowadzący: mgr inż. Szczepan Glita

Data oddania projektu: 15.06.2018 r.

## 1. Wstęp

### 1.1. Cel pracy

Celem pracy jest wykonanie projektu napędu wentylatora.

### 1.2. Założenia projektowe

System wentylacji determinuje moc, wymiar i obciążenie wentylatora. Ponadto należy uwzględnić zakładaną trwałość łożysk oraz bezpieczeństwo pracy. W związku z tym projekt musi zawierać poniższe założenia:

$P = 1\ 000\ \text{W}$  - minimalna moc na wale wentylatora

$n = 1800\ \text{obr/min}$  - obroty na wale wentylatora

$F = 400\ \text{N}$

$Q = 160\ \text{N}$

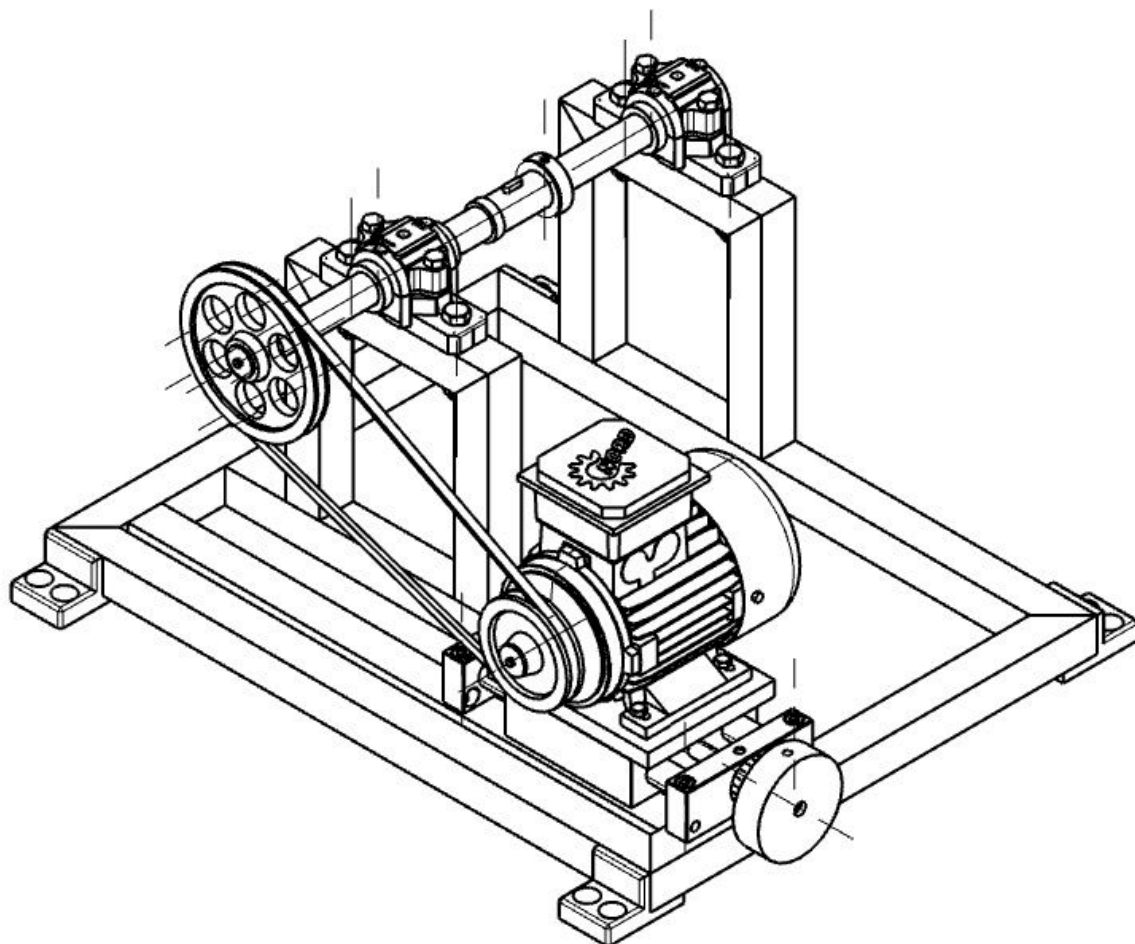
$L_{10h} = 80\ 000\ \text{h}$

$a_{\max} = 550\ \text{mm}$

$b_{\max} = 420\ \text{mm}$

$c = 310\ \text{mm}$

1.3. Szkic koncepcji



## 2. Opis pracy

### 2.1. Dobór silnika

$P = 1000 \text{ W}$  - moc na wale wentylatora

$\eta = 0,96$  - sprawność przekładni pasowej

$P_S = \frac{P}{\eta} = 1000 \text{ W} / 0,96 = 1041,7 \text{ W}$  - moc silnika (obliczeniowa)

dobrany model silnika: 80 LH/2

Parametry silnika:

$P_S = 1,1 \text{ kW}$  - moc silnika

$n_s = 2820 \text{ obr/min}$  - liczba obrotów na minutę wału silnika

$T_1 = M_N = 3,72 \text{ Nm}$  - moment na wale silnika

$m = 9 \text{ kg}$  - masa silnika

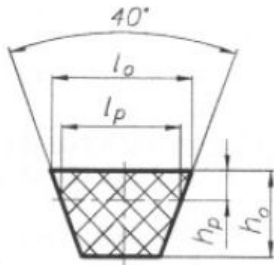
## 2.2. Dobór pasa klinowego

$$u = \frac{n_s}{n} = \frac{2820}{1800} = 1,567 - \text{przełożenie (stosunek prędkości obrotowych silnika i wału wentylatora)}$$

Dobór przekroju na podstawie przenoszonego momentu siły.

Dobry przekrój: Z(HZ)

Wymiary pasa:



$$l_p = 8,5 \text{ mm}$$

$$l_0 = 10 \text{ mm}$$

$$h_p = 2,5 \text{ mm}$$

$$h_0 = 6 \text{ mm}$$

$$D_{1,min} = 63 \text{ mm} - \text{minimalna średnica skuteczna koła czynnego}$$

$$D_1 = 100 \text{ mm} - \text{przyjęta średnica skuteczna koła czynnego}$$

$$\varepsilon = 0,01 - \text{współczynnik poślizgu sprężystego pasa}$$

$$u_{rz} = \frac{D_2}{D_1(1-\varepsilon)} - \text{przełożenie rzeczywiste}$$

$$D_2 = u D_1 (1 - \varepsilon) = 1,567 * 100 * (1 - 0,01) = 155 \text{ mm} - \text{dobrana średnica skuteczna koła pasowego biernego}$$

$$a'_{min} = 0,55 * (D_1 + D_2) + h_0 = 0,55 (100 + 155) + 6 = 147 \text{ mm} - \text{minimalna odległość osi}$$

$$a' = 300 \text{ mm} - \text{przyjęta odległość pomiędzy osiami}$$

Obliczeniowa długość pasa:

$$L'_{pas} = 2a' + 0,5\pi(D_1 + D_2) + 0,25(D_2 - D_1)^2/a' = 2 * 300 + 2 * 3,14 * 255 + 0,25 * 55^2/300 = 2204$$

$$\text{Przyjęta długość pasa: } L_{pas} = 2204 \text{ mm}$$

$$\varphi_1 = 180^\circ - 57^\circ * \frac{D_2 - D_1}{a} = 180^\circ - 57^\circ * \frac{155 - 100}{300} = 169,6^\circ - \text{kąt opasania koła czynnego}$$

Przyjęte warunki pracy wentylatora:

- silnik elektryczny krótkozwarty (III)
- praca 10 ÷ 16 godzin na dobę
- średnie warunki obciążenia

Dobór współczynników:

$$K_\varphi = K_\varphi(\varphi) = 0,98$$

$$K_L = K_L(Z, L_{pas}) = 1,08$$

$$K_T = K_T(\text{warunki pracy}) = 1,04$$

$$V = \pi D_1 n_1 / (60 \cdot 10^3) = 3,14 * 100 * 2820 / (60 * 10^3) = 14,76 \text{ m/s} - \text{prędkość pasa}$$

$$P_0 = 1,62 \text{ kW} - \text{moc przenoszona przez jeden pas}$$

$$Z = P_1 K_T / (P_0 K_L K_\varphi) = \frac{1,1 * 1,4}{1,62 * 1,08 * 0,98} = 0,898 - \text{potrzebna liczba pasów}$$

$Z = 1$  - dobrana liczba pasów

$\psi = 0,7$  - współczynnik napędu

$$F_t = 2 * 10^3 * \frac{T_1}{D_1} = 2000 * \frac{3,72}{100} = 74,4 \text{ N} - \text{siła obwodowa}$$

$$S_0 = F_t / (2\psi) = 74 / (2 * 0,7) = 53,2 \text{ N} - \text{napężenie wstępne pasa}$$

$$S = 2S_0 \sin(\varphi_1/2) = 2 * 53,2 * \sin(84,8^\circ) = 105,9 \text{ N} - \text{siła obciążająca wał}$$

### 2.3. Projekt kół pasowych

#### Koło pasowe czynne

$D_1 = 100 \text{ mm}$  - średnica skuteczna koła pasowego czynnego (z doboru pasa)

$D_{1h} = 100 + 2 * 2,5 = 105 \text{ mm}$  - średnica zewnętrzna koła pasowego czynnego

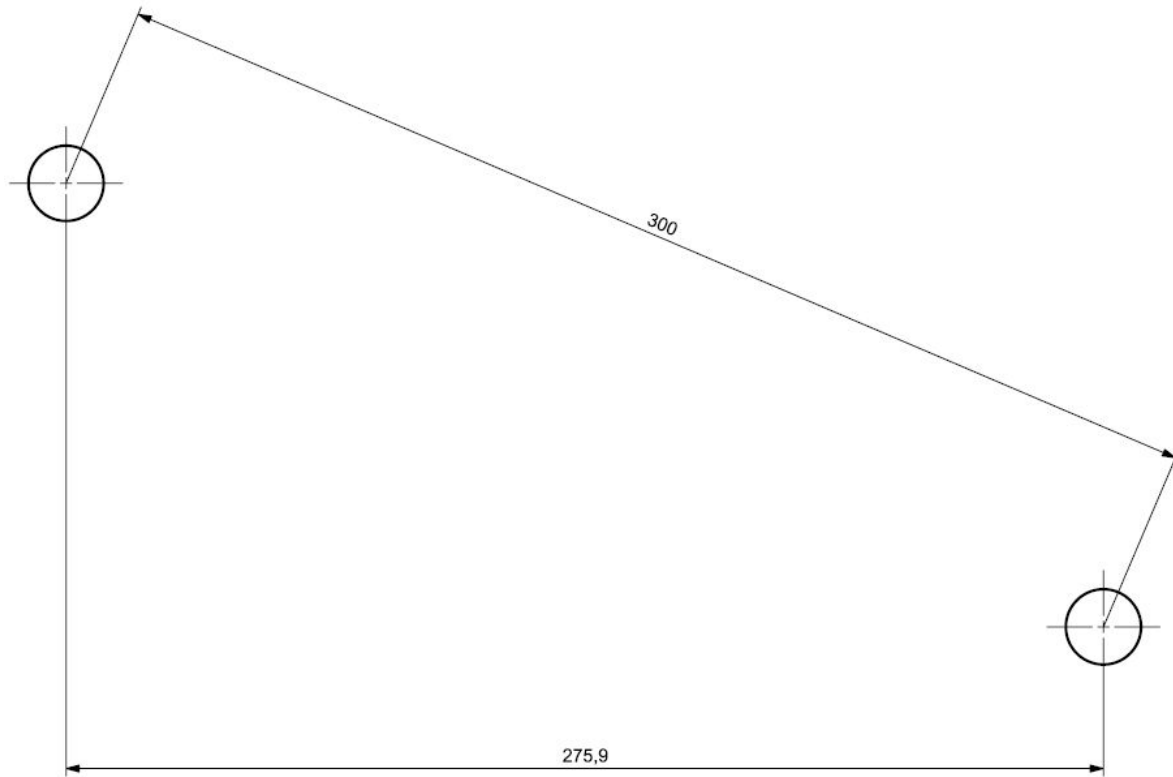
#### Koło pasowe bierne

$D_2 = 155 \text{ mm}$  - średnica skuteczna koła pasowego biernego

$D_{2h} = 155 + 2 * 2,5 = 160 \text{ mm}$  - średnica zewnętrzna koła pasowego biernego

#### 2.4. Przyjęcie geometrii położenia osi silnika i osi wirnika

$a' = 300 \text{ mm}$  - dobrany rozstaw osi (w doborze pasa)

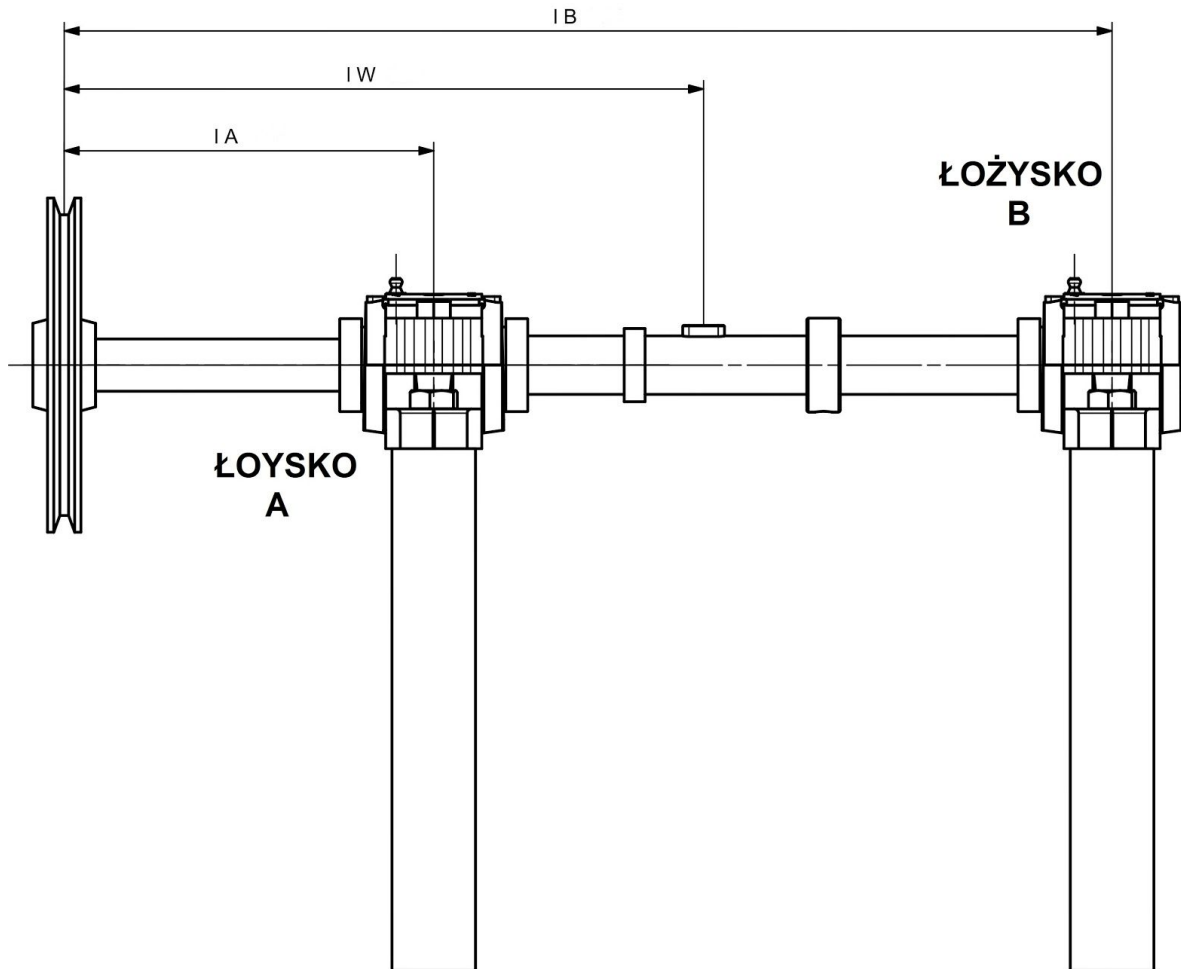


275.9 mm - poziomy wymiar pomiędzy osiami dla naciągniętego pasa

Zdecydowano się, że mechanizm naciągu musi pozwalać na ustawienie tej wartości w zakresie (250; 276).

$\alpha = 23^\circ$  - kąt pomiędzy prostą, na której leżą osie pasa, a poziomem.

## 2.5. Obliczenie reakcji w łożyskach



łożysko nieprzesuwne - A

$$Q = 160 \text{ N}$$

$$F = 400 \text{ N}$$

$$S_z = S \sin \alpha = 41,4 \text{ N}$$

$$S_x = S \cos \alpha = 97,5 \text{ N}$$

$$l_A = 181 \text{ mm}$$

$$l_W = 321 \text{ mm}$$

$$l_B = 505 \text{ mm}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow S_x + R_{Ax} + R_{Bx} = 0 \Rightarrow R_{Bx} = -S_x - R_{Ax}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow R_{Ay} - F = 0 \Rightarrow R_{Ay} = F$$

$$\sum F_z = 0 \Rightarrow -S_z + R_{Az} - Q + R_{Bz} = 0 \Rightarrow R_{Bz} = Q + S_z - R_{Az}$$



$$\sum M_{ox} = 0 \Rightarrow R_{Az} * l_A - Q * l_W + R_{Bz} * l_B = 0 \Rightarrow R_{Az} = (-Q * l_W + (Q + Sz) * l_B) / (l_B - l_A)$$

$$\sum M_{oz} = 0 \Rightarrow R_{Ax} * l_A + R_{Bx} * l_B = 0 \Rightarrow R_{Ax} = (Sx * l_B) / (l_A - l_B)$$

#### Reakcje:

$$R_{Ay} = 400 \text{ N}$$

$$R_{Az} = 155,4 \text{ N}$$

$$R_{Ax} = -151,9 \text{ N}$$

$$R_{Bx} = 54,4 \text{ N}$$

$$R_{Bz} = 46 \text{ N}$$

### 2.6. Dobór łożysk

Pod wał wentylatora zdecydowano się dobrać łożyska SKF 6005 Z

$C = 11,9 \text{ kN}$  - nośność dynamiczna

$C_0 = 6,55 \text{ kN}$  - nośność statyczna

$Pu = 0,275 \text{ kN}$  - graniczne obciążenie zmęczeniowe

$16000 \text{ r/min}$  - prędkość graniczna

### 2.7. Warunki wytrzymałościowe wałka

Materiał: stal konstrukcyjna S235JR:

$$Re = 235 \text{ MPa}$$

$$k_{go} = 50 \text{ MPa}$$

$$k_{sj} = 50 \text{ MPa}$$

Obciążenia wału:

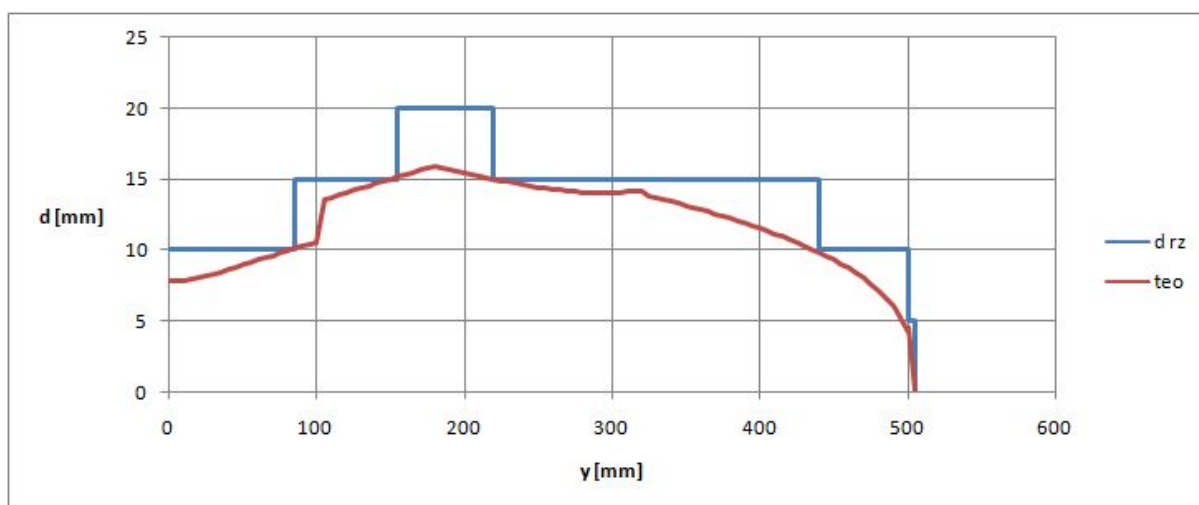
$$M_{go} = \sqrt{M_{ox}^2 + M_{oz}^2}$$

$$I : M_g(y) \geq 2 M_s(y) \Rightarrow M_{zg}(y) = \sqrt{M_{go}^2 + \frac{3}{4} M_s^2} \Rightarrow d \geq \sqrt[3]{10,2 M_{zg} / k_{go}}$$

$$II : M_{go}(y) < 2 M_s(y) \Rightarrow M_{zg}(y) = \sqrt{\frac{4}{3} M_{go}^2 + M_s^2} \Rightarrow d \geq \sqrt[3]{5,1 M_{zg} / k_{sj}}$$

L.p.	y [mm]	Mox [Nm]	Moz [Nm]	Ms [Nm]	Mgo [Nm]	Mzg [Nm]	d teo [mm]	d rz [mm]
1	0	0	0	5,3	0	4,59	7,76	10
2	5	-0,21	0,49	5,3	0,53	4,62	7,78	10
3	10	-0,41	0,98	5,3	1,06	4,71	7,83	10
4	15	-0,62	1,46	5,3	1,59	4,86	7,91	10
5	20	-0,83	1,95	5,3	2,12	5,06	8,02	10
6	25	-1,04	2,44	5,3	2,65	5,3	8,15	10
7	30	-1,24	2,93	5,3	3,18	5,58	8,29	10
8	35	-1,45	3,41	5,3	3,71	5,9	8,44	10
9	40	-1,66	3,9	5,3	4,24	6,25	8,6	10
10	45	-1,86	4,39	5,3	4,77	6,62	8,77	10
11	50	-2,07	4,88	5,3	5,3	7,01	8,94	10
12	55	-2,28	5,36	5,3	5,83	7,42	9,11	10
13	60	-2,48	5,85	5,3	6,36	7,84	9,28	10
14	65	-2,69	6,34	5,3	6,89	8,27	9,45	10
15	70	-2,9	6,83	5,3	7,41	8,72	9,62	10
16	75	-3,11	7,31	5,3	7,94	9,18	9,78	10
17	80	-3,31	7,8	5,3	8,47	9,64	9,94	10
18	85	-3,52	8,29	5,3	9	10,11	10,1	15
19	90	-3,73	8,78	5,3	9,53	10,58	10,26	15
20	95	-3,93	9,26	5,3	10,06	11,06	10,41	15
21	100	-4,14	9,75	5,3	10,59	11,54	10,56	15
22	105	-4,35	10,24	5,3	11,12	12,03	13,49	15
23	110	-4,55	10,73	5,3	11,65	12,52	13,67	15
24	115	-4,76	11,21	5,3	12,18	13,02	13,85	15
25	120	-4,97	11,7	5,3	12,71	13,51	14,02	15
26	125	-5,18	12,19	5,3	13,24	14,01	14,19	15
27	130	-5,38	12,68	5,3	13,77	14,52	14,36	15
28	135	-5,59	13,16	5,3	14,3	15,02	14,52	15
29	140	-5,8	13,65	5,3	14,83	15,52	14,69	15
30	145	-6	14,14	5,3	15,36	16,03	14,84	15
31	150	-6,21	14,63	5,3	15,89	16,54	15	15
32	155	-6,42	15,11	5,3	16,42	17,05	15,15	20
33	160	-6,62	15,6	5,3	16,95	17,56	15,3	20
34	165	-6,83	16,09	5,3	17,48	18,07	15,45	20
35	170	-7,04	16,58	5,3	18,01	18,58	15,59	20
36	175	-7,25	17,06	5,3	18,54	19,1	15,73	20
37	180	-7,45	17,55	5,3	19,07	19,61	15,87	20
38	185	-7,04	17,43	5,3	18,8	19,35	15,8	20
39	190	-6,47	17,16	5,3	18,34	18,9	15,68	20
40	195	-5,9	16,89	5,3	17,89	18,47	15,56	20
41	200	-5,33	16,61	5,3	17,45	18,04	15,44	20
42	205	-4,76	16,34	5,3	17,02	17,63	15,32	20
43	210	-4,19	16,07	5,3	16,61	17,23	15,2	20
44	215	-3,62	15,8	5,3	16,21	16,84	15,09	20
45	220	-3,05	15,53	5,3	15,82	16,47	14,98	15
46	225	-2,48	15,25	5,3	15,45	16,12	14,87	15
47	230	-1,91	14,98	5,3	15,1	15,78	14,77	15
48	235	-1,34	14,71	5,3	14,77	15,47	14,67	15
49	240	-0,77	14,44	5,3	14,46	15,17	14,57	15
50	245	-0,2	14,17	5,3	14,17	14,89	14,48	15
51	250	0,37	13,89	5,3	13,9	14,64	14,4	15
52	255	0,94	13,62	5,3	13,65	14,41	14,32	15

53	260	1,51	13,35	5,3	13,44	14,2	14,25	15
54	265	2,08	13,08	5,3	13,24	14,02	14,19	15
55	270	2,65	12,81	5,3	13,08	13,86	14,14	15
56	275	3,22	12,53	5,3	12,94	13,73	14,1	15
57	280	3,79	12,26	5,3	12,84	13,63	14,06	15
58	285	4,36	11,99	5,3	12,76	13,56	14,04	15
59	290	4,93	11,72	5,3	12,71	13,52	14,02	15
60	295	5,5	11,45	5,3	12,7	13,5	14,02	15
61	300	6,07	11,17	5,3	12,72	13,52	14,02	15
62	305	6,64	10,9	5,3	12,77	13,57	14,04	15
63	310	7,21	10,63	5,3	12,85	13,64	14,07	15
64	315	7,78	10,36	5,3	12,96	13,74	14,1	15
65	320	8,35	10,09	5,3	13,1	13,88	14,15	15
66	325	8,28	9,81	0	12,84	12,84	13,79	15
67	330	8,05	9,54	0	12,49	12,49	13,66	15
68	335	7,82	9,27	0	12,13	12,13	13,53	15
69	340	7,59	9	0	11,77	11,77	13,39	15
70	345	7,36	8,73	0	11,42	11,42	13,26	15
71	350	7,13	8,45	0	11,06	11,06	13,12	15
72	355	6,9	8,18	0	10,7	10,7	12,97	15
73	360	6,67	7,91	0	10,35	10,35	12,83	15
74	365	6,44	7,64	0	9,99	9,99	12,68	15
75	370	6,21	7,37	0	9,64	9,64	12,53	15
76	375	5,98	7,09	0	9,28	9,28	12,37	15
77	380	5,75	6,82	0	8,92	8,92	12,21	15
78	385	5,52	6,55	0	8,57	8,57	12,05	15
79	390	5,29	6,28	0	8,21	8,21	11,88	15
80	395	5,06	6,01	0	7,85	7,85	11,7	15
81	400	4,83	5,73	0	7,5	7,5	11,52	15
82	405	4,6	5,46	0	7,14	7,14	11,34	15
83	410	4,37	5,19	0	6,79	6,79	11,15	15
84	415	4,14	4,92	0	6,43	6,43	10,95	15
85	420	3,91	4,65	0	6,07	6,07	10,74	15
86	425	3,68	4,37	0	5,72	5,72	10,53	15
87	430	3,45	4,1	0	5,36	5,36	10,3	15
88	435	3,22	3,83	0	5,01	5,01	10,07	15
89	440	2,99	3,56	0	4,65	4,65	9,83	10
90	445	2,76	3,29	0	4,29	4,29	9,57	10
91	450	2,53	3,01	0	3,94	3,94	9,3	10
92	455	2,3	2,74	0	3,58	3,58	9,01	10
93	460	2,07	2,47	0	3,22	3,22	8,7	10
94	465	1,84	2,2	0	2,87	2,87	8,36	10
95	470	1,61	1,93	0	2,51	2,51	8	10
96	475	1,38	1,65	0	2,16	2,16	7,6	10
97	480	1,15	1,38	0	1,8	1,8	7,16	10
98	485	0,92	1,11	0	1,44	1,44	6,65	10
99	490	0,69	0,84	0	1,09	1,09	6,05	10
100	495	0,46	0,57	0	0,73	0,73	5,3	10
101	500	0,23	0,29	0	0,37	0,37	4,24	5
101	500	0,23	0,29	1	0,37	0,94	4,58	5
102	505	0	0	0	0	0	0	0

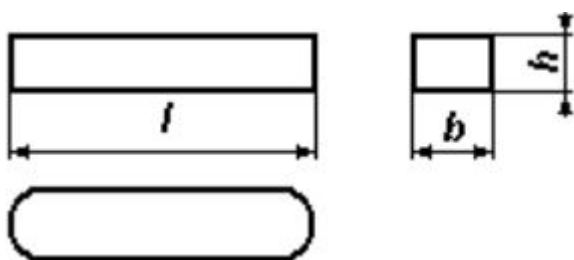


## 2.8. Korekcja wału ze względu na części zamocowane

Średnice stopni wału zostały poddane korekcji. Zwiększono je z racji na obsadę łożysk, pasowanie koła czy wentylatora. Dodano również dodatkowe stopnie w celu ustalenia elementów na nim. Korekcja związana była również z zapewnieniem łatwości montażu. Wszystkie wymiary zostały zwiększone względem wymiarów otrzymanych z analizy wytrzymałościowej.

## 2.9. Połączenia wpustowe

Zarówno dwa wpusty na wale wentylatora oraz wale silnika to wpusty zaokrąglone pełne.



$$l = 20 \text{ mm}$$

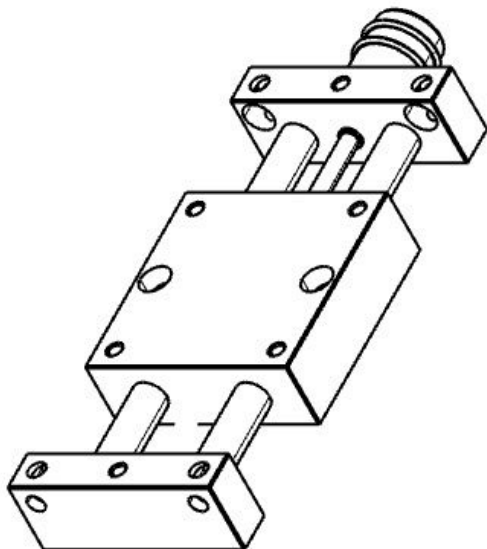
$$h = 6 \text{ mm}$$

$$b = 5 \text{ mm}$$

## 2.10. Mechanizm napinania pasa

Zdecydowano się na użycie mechanizmu Suwnica V4T.

Zasada działania mechanizmu polega na ręcznym odkręcaniu i dokręcaniu śruby trapezowej, która przesuwą wózek liniowy. Dodatkowo mechanizm wyposażono w dwie prowadnice.



## 3. Podsumowanie

Przedstawiony projekt napędu wentylatora spełnia stawiane mu wymagania. Na jego podstawie możliwe jest wykonanie rzeczywistej maszyny - wentylatora. Zauważyć należy jednak, że projekt zawiera rzetelne informacje jedynie ze strony konstrukcyjnej. Nie zawiera rozwiązań dotyczących bezpieczeństwa pracy, czy też koszt budowy i montażu urządzenia. Ponadto w projekcie powinny być uwzględnione szczegółowe specyfikacje miejsca pracy urządzenia. Nawet przyjmując w tych wszystkich aspektach stosowne uproszczenia wykonanie projektu jest bardzo czasochłonne i wymaga wielokrotnego spojrzenia na każdy problem. Przewidywany czas jego wykonania jest zdecydowanie za krótki by możliwe było zrealizowanie go chociażby w stopniu dostatecznym do jego sprzedania czy oddania na produkcję.