

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PÁSOVÝ DOPRAVNÍK BELT CONVEYOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DVOŘÁČEK MICHAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. JIŘÍ MALÁŠEK, PH.D.

BRNO 2008

Anotace

Cílem mé bakalářské práce na téma Pásový dopravník bylo navrhnout funkční koncepci šikmého pásového dopravníku na přepravování stavební drti na vzdálenost 22 m s převýšením 5 m.

Práce obsahuje stručný popis základních prvků dopravníku, výpočtovou část vedenou převážně dle normy ČSN ISO 5048 s určením hlavních rozměrů a návrhem pohonu dopravníku, kontrolní část. V práci jsem se více zaměřil na řešení násypky a pevnostní výpočet hnaného bubnu. Součástí práce je také výkresová dokumentace.

Annotation

The goal of my bachelor work themed belt conveyor was to design a functional conception inclined belt conveyor to transport a broken concrete to distance 22 meters and superelevation 5 meters.

The work contains a brief description of basic components of conveyors, calculating part led by norm ČSN ISO 5048 with demermination of main proportion, design of conveyor drive, supervisory part. In my work i focused mainly on solution of hopper and solidity calculation of idler wheel. The work includes project documentation.

Klíčová slova: Pásový dopravník, stavební drť, konstrukce, pohon bubnu, násypka

Klíčová slova ENG: Belt conveyor, broken concrete, construction, drum drive, hopper

Bibliografická citace mé práce dle ČSN ISO 690:

DVOŘÁČEK, M. *Pásový dopravník*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s využitím rad a poznatků vedoucího bakalářské práce pana Ing. Jiřího Maláška, Ph.D., jeho kolegů z Ústavu automobilního a dopravního inženýrství v Brně a na základě podkladů uvedených v seznamu použité literatury.

V Brně, 23. května 2008

.....
Podpis

Poděkování:

Děkuji tímto všem za cenné informace, rady a doporučení, zejména panu Ing. Jiřímu Špičkovi, CSc., doc. Ing. Miroslavu Škopánovi a nejvíce svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D.

Cíle, kterých má být dosaženo:

- Proved'te funkční výpočet, určení hlavních rozměrů, navrhnete pohon dopravníku.
- Proved'te řešení násypky dopravníku.
- Proved'te pevnostní výpočet hnaného bubnu.
- Nakreslete sestavný výkres dopravníku, podsestavu pohonu, detailní výkres hřídele hnaného bubnu.

Charakteristika problematiky úkolu:

- Provést výpočet a konstrukční řešení pásového dopravníku pro zadaný materiál.
- Dopravní výkon 130 000 kg/h
- Osová vzdálenost přesypů 22 m
- Výškový rozdíl 5 m
- Dopravovaný materiál stavební dř
- Objemová zrnitost 2 400 kg/m³
- Zrnitost 0 – 25 mm
- Sypný úhel 22°

Obsah:

1.	Úvod.....	9
1.1	Pásový dopravník.....	9
2.	Koncepce řešení.....	10
2.1	Dopravní pás.....	11
2.2	Válečková stolice.....	12
2.2.1	Horní větev.....	12
2.2.2	Dolní větev.....	13
2.3	Válečky.....	13
2.3.1	Horní větev.....	14
2.3.2	Dolní větev.....	14
2.3.3	Provedení válečku.....	15
2.4	Hnací buben.....	16
2.5	Hnaný buben.....	17
2.6	Čistič pásu.....	18
3.	Výpočty.....	19
3.1	Funkční výpočet.....	19
3.1.1	Volba dopravního pásu.....	19
3.1.2	Volba nosné válečkové stolice.....	19
3.1.3	Určení korekce pro dopravní výkon.....	21
3.1.4	Největší dopravní výkon.....	21
3.1.5	Určení hlavních odporů.....	22
3.1.6	Určení vedlejších odporů.....	23
3.1.7	Určení přidavných odporů.....	24
3.1.8	Odpor k překonání dopravní výšky.....	25
3.1.9	Obvodová síla potřebná na poháněcím bubnu.....	25
3.1.10	Určení pohonu.....	25
3.1.11	Určení sil v pásu.....	26
3.2	Pevnostní výpočty.....	27
3.2.1	Kontrola pevnosti pásu.....	27
3.2.2	Silové namáhání osy bubnu.....	27

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ v BRNĚ
Fakulta strojního inženýrství

3.2.3	Kontrola hnaného bubnu.....	28
3.2.3.1	Kontrola pláště na ohyb.....	28
3.2.3.2	Kontrola osy na ohyb.....	30
4.	Závěr.....	32
5.	Seznam použitých zdrojů.....	33
5.1	Použitá literatura.....	33
5.2	Použité webové stránky.....	33
6.	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	34
7.	Seznam příloh.....	36

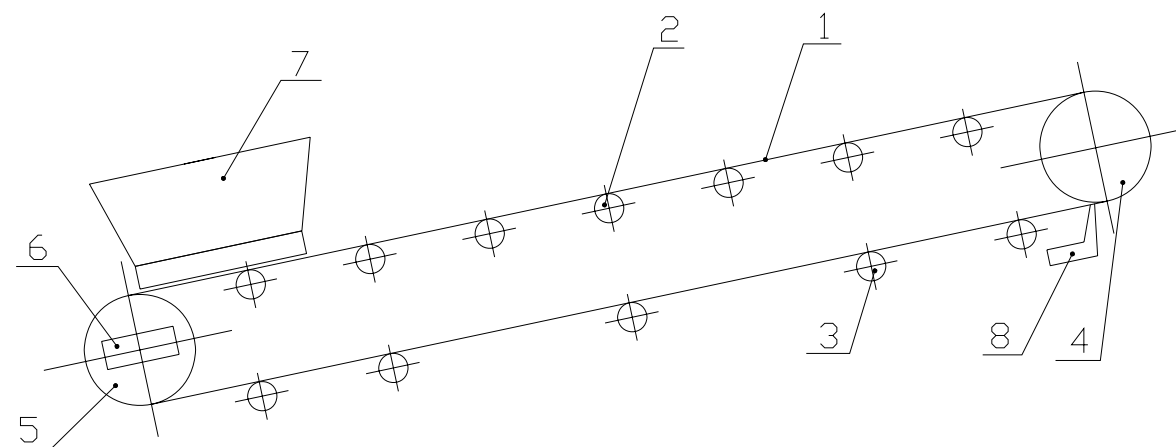
1.Úvod

1.1 Pásový dopravník

Pásový dopravník je zařízení určené ke kontinuální dopravě sypkých látek i kusového zboží a to jak ve vodorovném tak i šikmém směru. Dopravní pás tvoří jak tažný, tak také nosný prvek pro přepravovaný materiál. Přednosti pásového dopravníku jsou: vysoká dopravní rychlost, vysoký dopravní výkon, velké dopravní vzdálenosti, jednoduchá údržba, malá energetická náročnost, nakládání a vykládání materiálu v kterémkoliv místě.

2. Koncepce řešení

Pásový dopravník bude přepravovat stavební drť o zrnitosti 0-25mm na vzdálenost 22m. Materiál bude na pás sypán přes násypku, jenž bude součástí dopravníku. Dopravní výkon by měl být minimálně 130 000 kg/h. Proto jsem zvolil gumový pás s textilními vložkami o šířce 500 mm. Pro nosnou větev bude použito dvouválečkové stolice s vyosením válečků ve směru pohybu o $\varepsilon = 2^\circ$. Bude tak zabezpečeno přesnější vedení dopravního pásu a zabrání se tak jeho vybočení. Na vratnou větev je dostatečné použití jednoválečkové stolice. Materiál je z pásu odstraňován samovolně a to přepadem přes vratný buben. Jelikož je dopravník řešen pro externí použití bez zakrytování, mohlo by docházet k nalepování materiálu na pás. Proto je dopravník doplněn vnějším čističem pásu a to hned za vratným bubnem ve vratné větvi. Samotná konstrukce dopravníku bude vytvořena z válcovaných profilů a pomocí šroubů uchycena do betonových podstavců.



Obr. 1 – Schéma dopravníku

- | | |
|---------------------------------|----------------------|
| 1 – dopravní pás | 5 – hnací buben |
| 2 – nosné válečky horní stolice | 6 – napínací ústrojí |
| 3 – nosné válečky dolní stolice | 7 - násypka |
| 4 – hnací buben | 8 – čistič pásu |

2.1 Dopravní pás

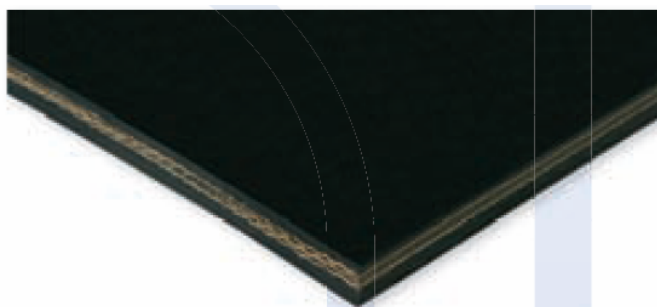
Dopravní pás by měl co nejvíce splňovat následující požadavky:

- vysoká životnost
- odolnost proti opotřebení
- vysoká podélná tuhost
- vysoká pevnost
- schopnost odolávat střídavému namáhání
- nízká hmotnost

Dopravní pás se skládá z nosné kostry tvořené textilními vložkami, které jsou oboustranně chráněné gumovými krycími vrstvami. Horní krycí vrstva chrání textilní kostru před abrazivními účinky materiálu, atmosférickými vlivy a případným mechanickým poškozením. Dolní krycí vrstva ji chrání před abrazivními účinky nosných válečků a bubnů. Dopravní pás je volen jako nespojitý, spojení pásu provede akreditovaná osoba.

Zvolil jsem dopravní pás od firmy GUMEX, s.r.o.:

- označení pásu EP 400/3 š.500 4+2AA
- pracovní teplota: -60 °C/+60 °C
- počet vložek 3
- síla pásu 10,8 mm
- šíře 500 mm
- síla krycích vrstev 4+2 mm
- okraje řezané



Obr. 2 – Dopravní pás

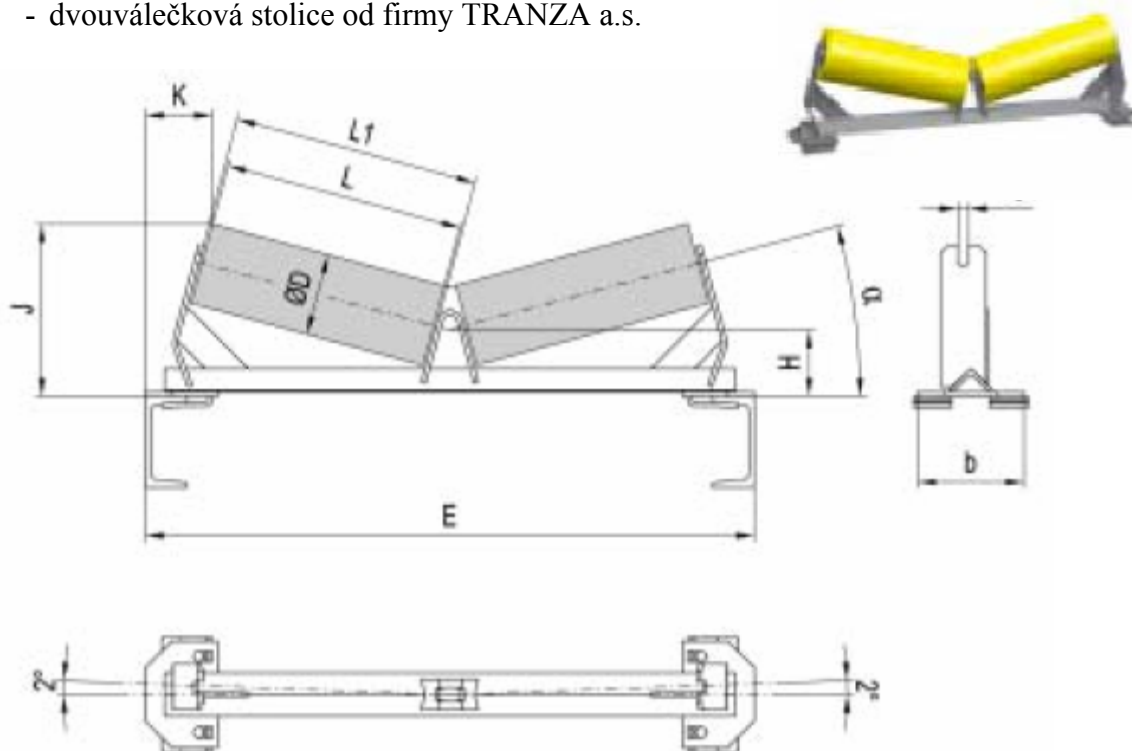
2.2 Válečková stolice

Do válečkových stolic se vkládají válečky. Jejich účelem je podírat horní větev pásu s materiálem a spodní prázdnou vratnou větev. Pražce jsou upevněny na konstrukci dopravníku za pomoci držáků bez vrtání do konstrukce.

2.2.1 Horní větev

V závislosti na dopravovaném množství materiálu volím dvouválečkové stolice. Tyto stolice budou uchyceny na profil U 180 ČSN 42 5570.

- dvouválečková stolice od firmy TRANZA a.s.



Obr. 3 – Dvouválečková stolice

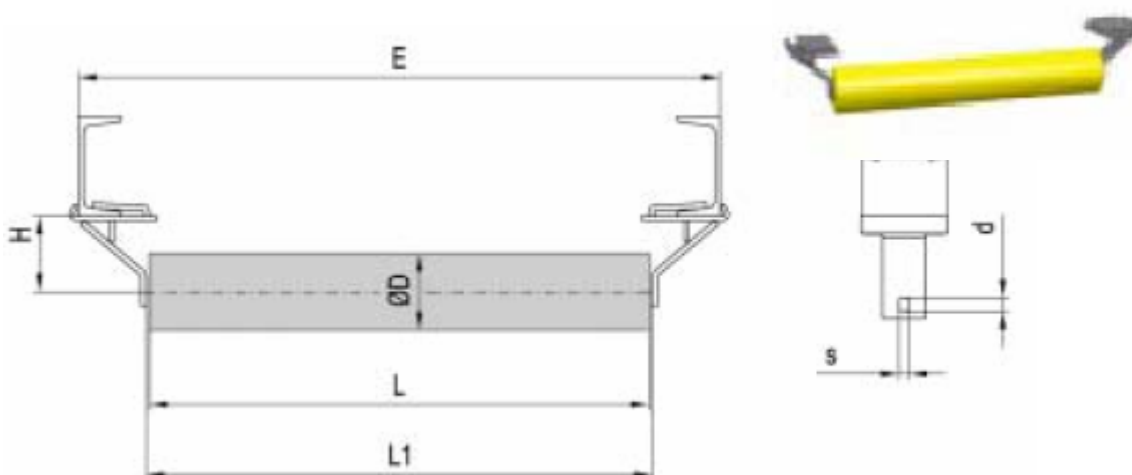
Tab. 4 - Rozměry dvouválečkové stolice

α	Rozměry (mm)									Hmotnost (kg)
	E	D	L	L1	H	J	K	b	s	
20°	800	76	315	323	88	242	100	140	14	5,7

2.2.2 Dolní větev

Pro dolní větev postačuje volba jednoválečkové stolice.

- jednoválečková stolice od firmy TRANZA a.s.



Obr. 5 – Jednoválečková stolice

Tab. 6-Rozměry jednoválečkové stolice

Rozměry (mm)								Hmotnost (kg)
E	D	L	L1	H	b	d	s	
700-1150	76	500-950	508-958	84	100	20	14	1,4

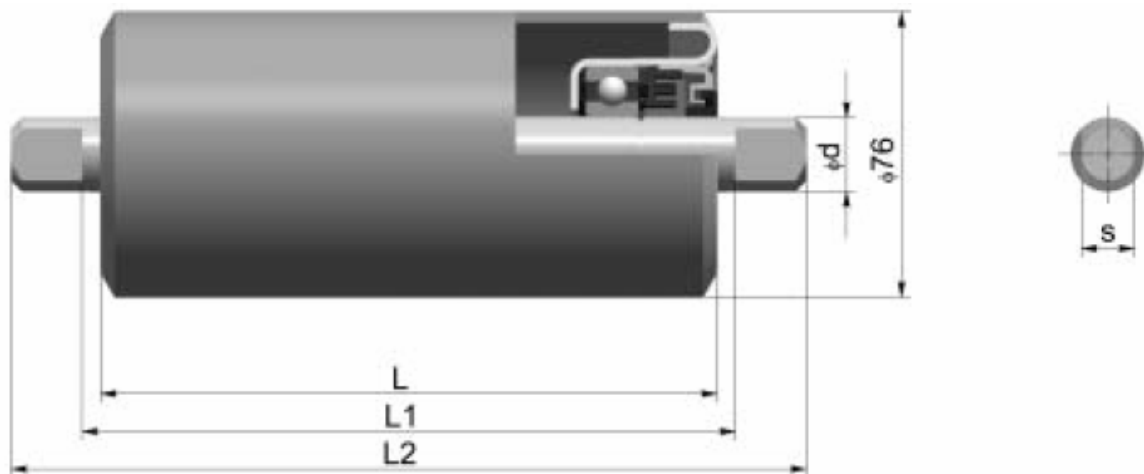
2.3 Válečky

Válečky podírají a vedou dopravní pás a svým uspořádáním ve válečkové stolici vytvářejí požadovaný ložný profil. Jsou jednou z nejdůležitějších součástí dopravníku a mají značný vliv na jeho vlastnosti. Válečky by měli mít co nejmenší odpor proti otáčení, nízkou hmotnost, jednoduchou konstrukci, dokonalé utěsnění, nenáročnost na údržbu.

Zvolil jsem válečky s pevnou osou, jsou snadno vyměnitelné, mají nízký odpor proti pohybu a používají se převážně pro menší šíře pásu.

2.3.1 Horní větev

- volím hladký váleček od firmy TRANZA a.s.
- typové označení: F – 76 x 315 / 6204 / A / PP.1003



Obr. 7 – Váleček

Tab. 8 - Rozměry horního válečku

Rozměry (mm)			Hmotnost (mm)	
L	L1	L2	Rotující části	Celková
315	323	341	2,0	2,9

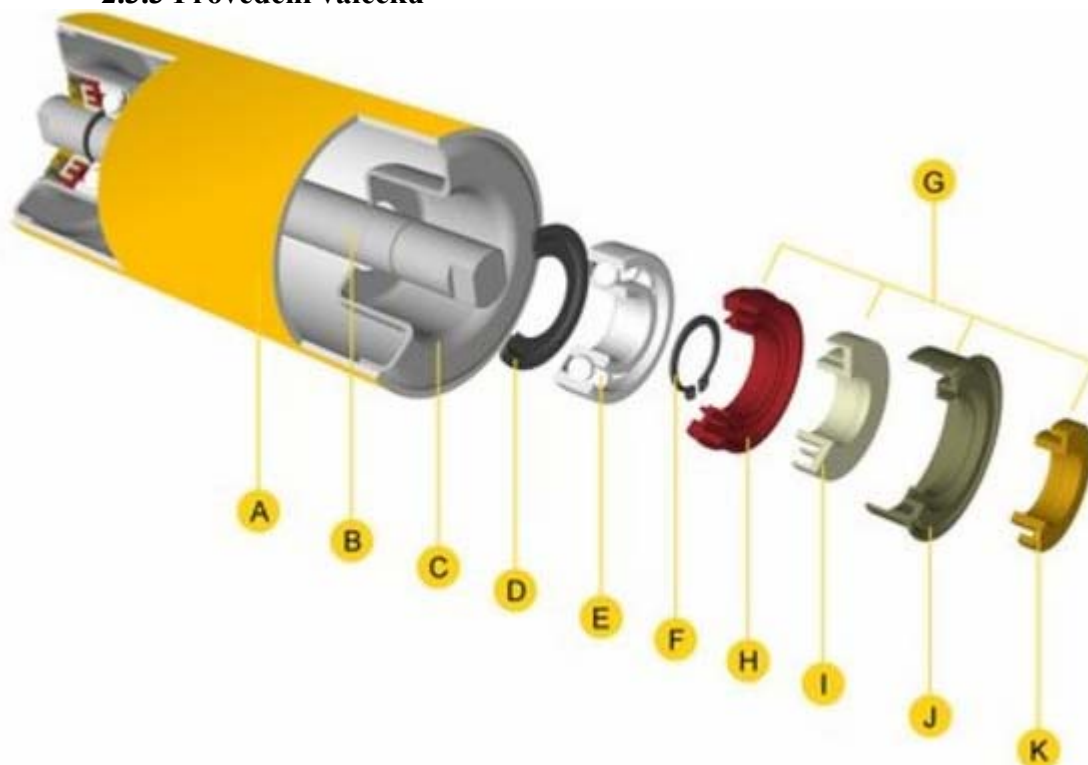
2.3.2 Dolní větev

- volím hladký váleček od firmy TRANZA a.s.
- typové označení: F – 76 x 600 / 6204 / A / PP.1003

Tab. 9-Rozměry dolního válečku

Rozměry (mm)			Hmotnost (mm)	
L	L1	L2	Rotující části	Celková
600	608	626	3,3	5,0

2.3.3 Provedení válečku



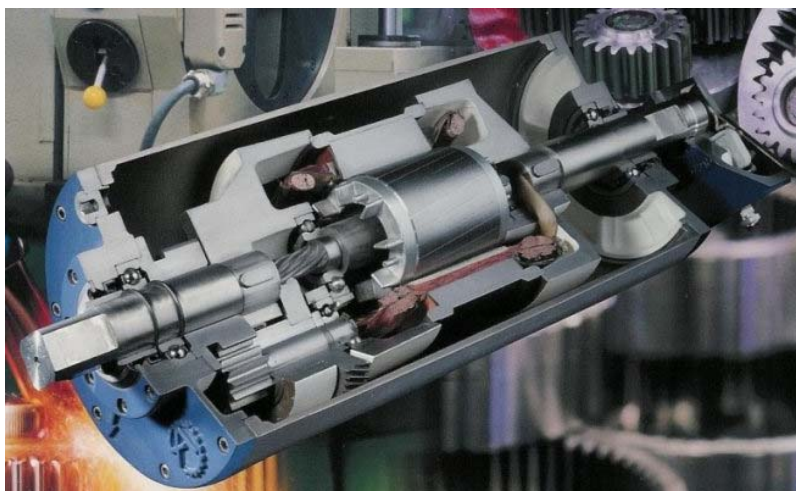
Obr. 10- Provedení válečku

- a) plášť
 - vyroben z bezešvých nebo podélně svařovaných přesných ocelových trubek tř. ISO 4 200
- b) osa
 - tažena z tyčí tř. ISO 1035 – 1, ISO 1035 – 4, EN 10278
 - broušena s tolerancí ISO h6
- c) ložiskové pouzdro
 - lisováno z kvalitního, hluboko-tažného plechu
 - uložení ložiska je s tolerancí ISO M7
- d) těsnění
 - vyrobeno ze speciálního materiálu na bázi polyamidu
- e) ložisko
 - jednořadá kuličková ložiska do 70% prostoru naplněná mazivem odpuzujícím vodu
 - bez potřeby mazat po celou dobu životnosti
- f) pojistný kroužek
- g) labyrintový systém těsnění
 - systém se skládá z několika těsnících elementů, které chrání ložisko před znečištěním
 - elementy jsou vyrobeny z polyamidu (vnitřní a vnější labyrint) a z polypropylenu s UV stabilizátorem (vnější krytka a hřídelový kroužek)

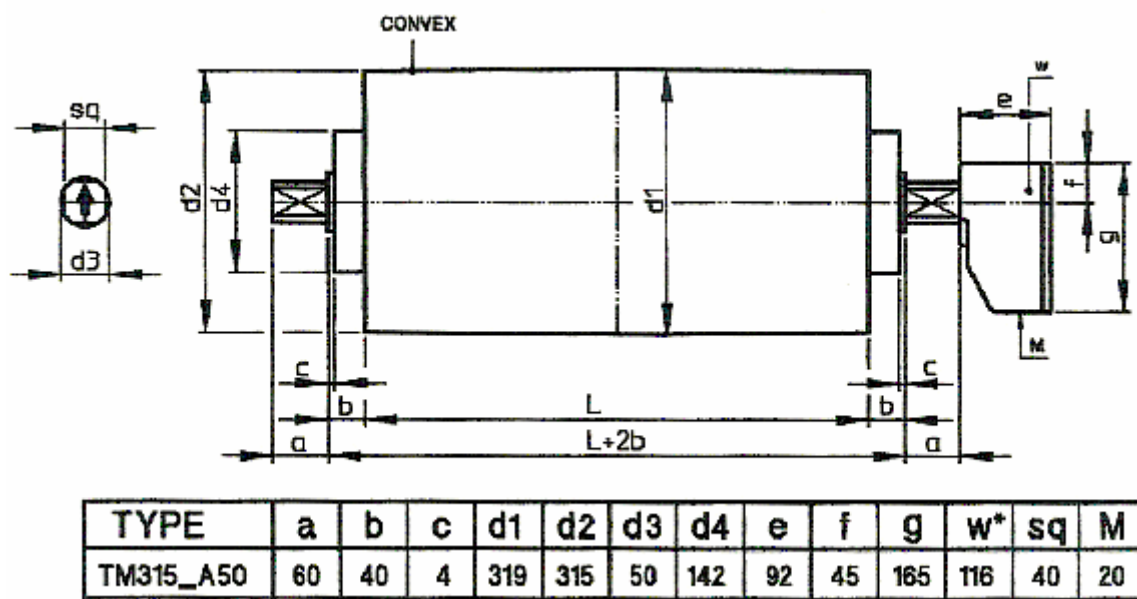
2.4 Hnací buben

Jako pohon pásového dopravníku jsem zvolil elektrobuben od firmy VAN DER GRAAF a to kvůli jeho četným přednostem. :

- plně zapouzdřená, robustní a zároveň jednoduchá konstrukce
 - až o 30% nižší spotřeba energie než u klasického elektropohonu
 - chlazení a mazání jednou olejovou náplní
 - utěsnění pomocí VITON - simerinku se speciálním dosedem
 - obě pevná osová zakončená elektropohonu jsou přes stator a pohonnou jednotku vzájemně pevně propojena, tímto řešením se zaručí stejnoměrný přenos kroutícího momentu na dopravník
 - šroubové spojení pláště bubnu s čely tělesa bubnu umožňuje snadnou demontáž
 - všechny ozubené součásti jsou vyrobeny z legované oceli a speciálně tvrzené oceli, hlazené a leštěny. Tím je dosaženo správného přenosu síly, minimální hlučnosti a vysoké životnosti.
 - nejsou použity žádné kolektorové kroužky nebo kartáče, které se rychle opotřebovávají
 - kontrola a výměna oleje se provádí bez demontáže elektrobubnu
 - bubny jsou vyrobeny v souladu s normou IEC a ochranou třídou IP 66
- volím typ TM 315.50, \varnothing bubnu 315 mm, výkon 5,5 kW, délky 600 mm



Obr. 11 – Elektrobuben

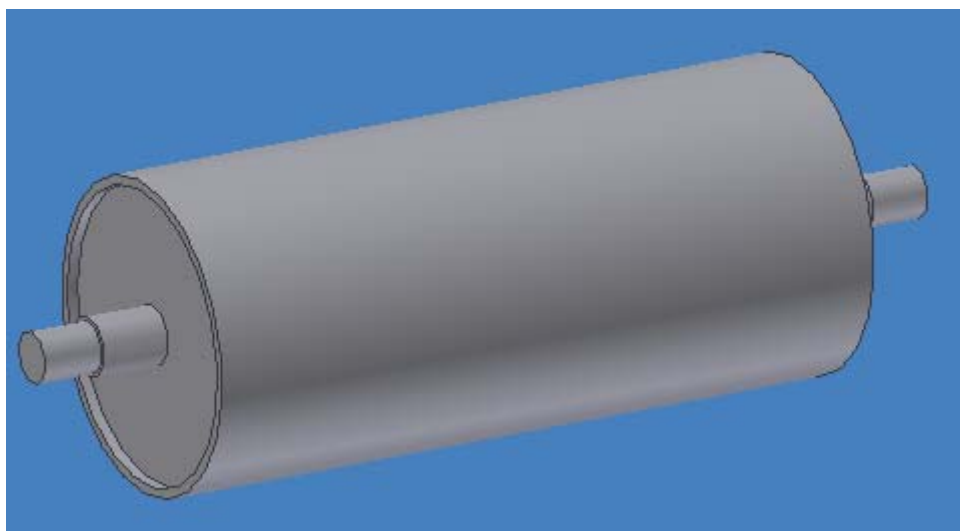


Obr. 12 – Rozměry elektrobubny

2.5 Hnaný buben

Hnaný buben je vyroben z ocelové bezešvé trubky zaslepené z obou stran kruhovým plechem a přivařený k ose bubnu.

- průměr bubnu 270 mm, délka 600 mm
- materiál ocel 11 373 ČSN 42 5715



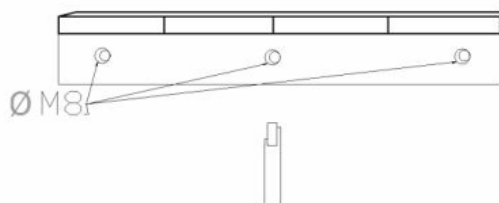
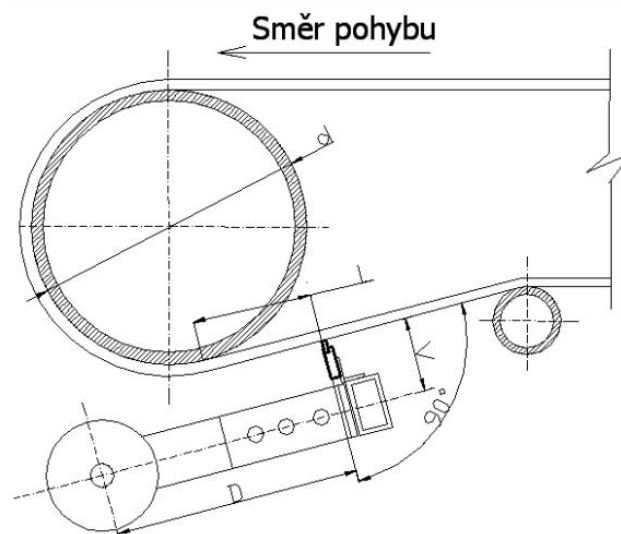
Obr. 13 – Hnaný buben

2.6 Čistič pásu

Spodní stěrač

Stěrače dopravních pásů se používají ke stírání sypkých a lepkavých převážených materiálů. Zabezpečují intenzivní čištění dopravníku při nízkých provozních nákladech.

Tento typ spodního stěrače je nejlépe vhodný ke stírání materiálu na spodní větvi pásového dopravníku v místě kde pás opouští hnací válec. Stírací břit dokonale kopíruje dopravní pás a tím dochází k ideálnímu setření nalepeného materiálu. Výměnná stírací lišta se dodává v celku což zamezuje zbytečným únikům materiálu jako například u segmentových stěračů.



Obr. 14 – Čistič pásu

3 Výpočty

3.1 Funkční výpočet

3.1.1 Volba dopravního pásu

Volba rychlosti dopravního pásu dle dopravovaného materiálu

- dle [3] str.148, tab. 8.3 volím $v = 1,5 \text{ m/s}$

Volba šířky dopravního pásu

Teoreticky potřebná minimální plocha průřezu náplně

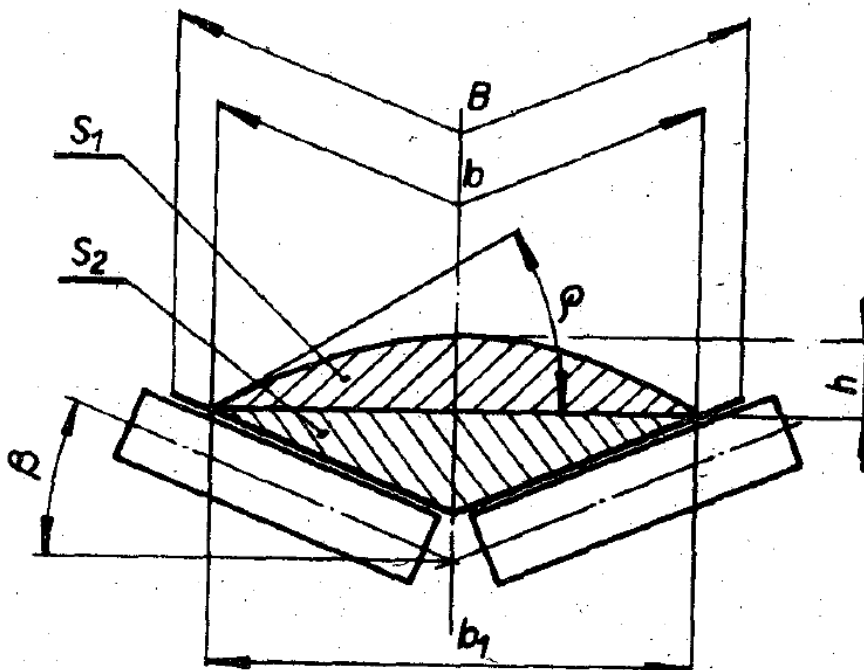
$$S_t = \frac{Q}{\rho \cdot v} \quad (3.1)$$

$$S_t = \frac{130000}{2400 \cdot 1,5 \cdot 3600}$$

$$S_t = 1,003 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

- dle [3] str.149, tab. 8.4 volena šířka pásu $B = 500 \text{ mm}$

3.1.2 Volba nosné válečkové stolice



Obr. 15 – Průřez náplně dvouválečkové stolice

Ložná šířka pásu

$$\begin{aligned} b &= 0,9B - 0,05 \\ b &= 0,9 \cdot 0,5 - 0,05 \\ b &= 0,4 \text{ m} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Dynamický sypný úhel

$$\begin{aligned} \Theta &= 0,75 \cdot \alpha \\ \Theta &= 0,75 \cdot 22^\circ \\ \Theta &= 16,5^\circ \end{aligned} \quad (3.3)$$

Plocha horní části náplně

$$\begin{aligned} S_1 &= (b \cdot \cos \lambda)^2 \cdot \frac{\operatorname{tg} \Theta}{6} \\ S_1 &= (0,4 \cdot \cos 20^\circ)^2 \cdot \frac{\operatorname{tg} 16,5^\circ}{6} \\ S_1 &= 6,97 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \\ - \text{ dle [5] } \lambda &= 20^\circ \end{aligned} \quad (3.4)$$

Plocha spodní části náplně

$$\begin{aligned} S_2 &= \left(\frac{b}{2} \cdot \cos \lambda\right) \cdot \left(\frac{b}{2} \cdot \sin \lambda\right) \\ S_2 &= \left(\frac{0,4}{2} \cdot \cos 20^\circ\right) \cdot \left(\frac{0,4}{2} \cdot \sin 20^\circ\right) \\ S_2 &= 1,286 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Celková plocha náplně

$$\begin{aligned} S &= S_1 + S_2 \\ S &= 6,97 \cdot 10^{-3} + 1,296 \cdot 10^{-2} \\ S &= 1,982 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (3.6)$$

3.1.3 Určení korekce pro dopravní výkon

Sklon dopravníku

$$\begin{aligned}\sin \delta &= \frac{H}{L_C} \\ \sin \delta &= \frac{5}{24} \\ \delta &= 12^\circ\end{aligned}\tag{3.7}$$

- kde $L_C = 24m$ voleno s ohledem na zadání

Součinitel korekce vrchlíku náplně

$$\begin{aligned}k_1 &= \sqrt{\frac{\cos^2 \delta - \cos^2 \Theta}{1 - \cos^2 \Theta}} \\ k_1 &= \sqrt{\frac{\cos^2 12^\circ - \cos^2 16,5^\circ}{1 - \cos^2 16,5^\circ}} \\ k_1 &= 0,68125\end{aligned}\tag{3.8}$$

Součinitel sklonu

$$\begin{aligned}k &= 1 - \frac{S_1}{S}(1 - k_1) \\ k &= 1 - \frac{6,97 \cdot 10^{-3}}{1,982 \cdot 10^{-2}}(1 - 0,68125) \\ k &= 0,88791\end{aligned}\tag{3.9}$$

3.1.4 Největší dopravní výkon

$$\begin{aligned}I_V &= S \cdot v \cdot k \\ I_V &= 1,982 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5 \cdot 0,88791 \\ I_V &= 2,639 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 / \text{s}\end{aligned}\tag{3.10}$$

$$\begin{aligned}I_m &= I_V \cdot Q_m \cdot 3\,600 \\I_m &= 2,639 \cdot 10^{-2} \cdot 2\,400 \cdot 3\,600 \\I_m &= 228\,074 \text{ kg} / h\end{aligned}\tag{3.11}$$

$$\begin{aligned}I_m &\geq Q \\228\,074 \text{ kg} / h &\geq 130\,000 \text{ kg} / h \\&\Rightarrow \text{množství dopraveného materiálu vyhovuje}\end{aligned}$$

3.1.5 Určení hlavních odporů

Hmotnost nákladu na 1m délky pásu

$$\begin{aligned}q_G &= \frac{I_V \cdot \rho}{v} \\q_G &= \frac{2,639 \cdot 10^{-2} \cdot 2\,400}{1,5} \\q_G &= 42,2 \text{ kg} / m\end{aligned}\tag{3.12}$$

Hmotnost rotujících částí válečků na 1m horní větve

$$\begin{aligned}q_{RO} &= \frac{2 \cdot q_1 \cdot p_1}{L_C} \\q_{RO} &= \frac{2 \cdot 2 \cdot 56}{24} \\q_{RO} &= 9,3 \text{ kg} / m\end{aligned}\tag{3.13}$$

- dle [6] $q_1 = 2 \text{ kg}$

Hmotnost rotujících částí válečků na 1m dolní větve

$$\begin{aligned}q_{RU} &= \frac{q_2 \cdot p_2}{L_C} \\q_{RU} &= \frac{3,3 \cdot 15}{24} \\q_{RU} &= 2,1 \text{ kg} / m\end{aligned}\tag{3.14}$$

- dle [6] $q_2 = 3,3 \text{ kg}$

Hmotnost 1m dopravního pásu

$$\begin{aligned}q_B &= 6,05 \text{ kg} / m \\&\text{- dle [7] } q_B = 6,05 \text{ kg} / m\end{aligned}$$

Celkový hlavní odpor

$$\begin{aligned}
 F_H &= f \cdot L_C \cdot g(q_{RO} + q_{RU} + 2q_B + q_G) \\
 F_H &= 0,02 \cdot 24 \cdot 9,81(9,3 + 2,1 + 2 \cdot 6,05 + 42,2) \\
 F_H &= 307,3N
 \end{aligned}
 \tag{3.15}$$

- dle [4] str.7 voleno $f = 0,02$

3.1.6 Určení vedlejších odporů

Odpor setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti urychlování

$$\begin{aligned}
 F_{bA} &= I_V \cdot \rho(v - v_0) \\
 F_{bA} &= 2,639 \cdot 10^{-2} \cdot 2400(1,5 - 0) \\
 F_{bA} &= 95 N
 \end{aligned}
 \tag{3.16}$$

- kde v_0 voleno 0

Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování

$$\begin{aligned}
 F_f &= \frac{\mu_2 \cdot I_V^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l_b}{\left(\frac{v + v_0}{2}\right)^2 \cdot b_l^2} \\
 F_f &= \frac{0,7 \cdot (2,639 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 2400 \cdot 9,81 \cdot 0,5}{\left(\frac{1,5 + 0}{2}\right)^2 \cdot 0,4^2} \\
 F_f &= 36 N
 \end{aligned}
 \tag{3.17}$$

- dle [4] str.12, tab. 2 voleno $\mu_2 = 0,7$

$$\begin{aligned}
 l_{b\min} &= \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_1} \\
 l_{b\min} &= \frac{1,5^2 - 0^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,7} \\
 l_{b\min} &= 0,229 \dots \dots \text{volím } l_b = 0,5m
 \end{aligned}
 \tag{3.18}$$

- dle [4] str.12, tab. 2 voleno $\mu_1 = 0,7$

Odpor ohybu pásu na bubnech

$$F_o = 9B \left(140 + 0,01 \frac{F}{B} \right) \cdot \frac{d}{D}$$
$$F_o = 9 \cdot 0,5 \left(140 + 0,01 \frac{5\,000}{0,5} \right) \cdot \frac{0,0108}{0,315} \quad (3.19)$$
$$F_o = 37\,N$$

Odpor v ložiskách hnaného bubnu

$$F_t = 0,005 \frac{d_0}{D} F$$
$$F_t = 0,005 \frac{0,04}{0,315} \cdot 5\,000 \quad (3.20)$$
$$F_t = 3,2\,N$$

Celkový vedlejší odpor

$$F_N = F_{bA} + F_f + F_o + F_t$$
$$F_N = 95 + 63,7 + 37 + 3,2 \quad (3.21)$$
$$F_N = 198,9\,N$$

3.1.7 Určení přídatných odporů

Odpor vychýlených bočních válečků

$$F_\varepsilon = \mu_0 \cdot L_\varepsilon \cdot q_B \cdot g \cdot \cos \lambda \cdot \cos \delta \cdot \sin \varepsilon$$
$$F_\varepsilon = 0,4 \cdot 24 \cdot 6,05 \cdot 9,81 \cdot \cos 20 \cdot \cos 12 \cdot \sin 2 \quad (3.22)$$
$$F_\varepsilon = 18,3\,N$$

- dle [5] $\varepsilon = 2^\circ$
- dle [4] str.13, tab. 3 voleno $\mu_0 = 0,4$

Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením

$$F_{gL} = \frac{\mu_2 \cdot I_V^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l}{v^2 \cdot b_l^2}$$
$$F_{gL} = \frac{0,7 \cdot 2,639 \cdot 10^{-2} \cdot 2\,400 \cdot 9,81 \cdot 0,5}{1,5^2 \cdot 0,4^2} \quad (3.23)$$
$$F_{gL} = 15,9\,N$$

Odpor čističe pásu

$$\begin{aligned}F_r &= A \cdot p \cdot \mu_3 \\F_r &= 0,005 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 0,4 \\F_r &= 160N\end{aligned}\tag{3.24}$$

- dle [4] str.13, tab. 3 voleno $p = 8 \cdot 10^4 N / m^2$

Celkový přídatný odpor

$$\begin{aligned}F_S &= F_\varepsilon + F_{gl} + F_r \\F_S &= 18,3 + 15,9 + 160 \\F_S &= 194,2N\end{aligned}\tag{3.25}$$

3.1.8 Odpor k překonání dopravní výšky

$$\begin{aligned}F_{St} &= q_G \cdot H \cdot g \\F_{St} &= 42,2 \cdot 5 \cdot 9,81 \\F_{St} &= 2070N\end{aligned}\tag{3.26}$$

3.1.9 Obvodová síla potřebná na poháněcím bubnu

$$\begin{aligned}F_U &= F_H + F_N + F_S + F_{St} \\F_U &= 282,3 + 198,9 + 194,2 + 2070 \\F_U &= 2745,4N\end{aligned}\tag{3.27}$$

3.1.10 Určení pohonu

Potřebný výkon poháněcího bubnu

$$\begin{aligned}P_A &= F_U \cdot v \\P_A &= 2745,4 \cdot 1,5 \\P_A &= 4118W\end{aligned}\tag{3.28}$$

Potřebný výkon motoru

$$\begin{aligned}P_M &= \frac{P_A}{\eta_1} \\P_M &= \frac{4118}{0,85} \\P_M &= 4845W\end{aligned}\tag{3.29}$$

- dle [4] str.9, voleno $\mu_1 = 0,85$

3.1.11 Určení sil v pásu

Přenos obvodové síly na poháněcím bubnu

$$\begin{aligned}F_{2,\min} &\geq F_{U,\max} \frac{1}{e^{\mu\varphi} - 1} \\F_{2,\min} &\geq 4\,388 \frac{1}{e^{\pi \cdot 0,4} - 1} \\F_{2,\min} &\geq 1\,746\text{N}\end{aligned}\tag{3.30}$$

- dle [4] str.13, tab. 4 voleno $\mu = 0,4$

Minimální tahová síla pro horní větev

$$\begin{aligned}F_{\min} &\geq \frac{a_0(q_B + q_G)g}{8 \cdot (h/a)_{adm}} \\F_{\min} &\geq \frac{1 \cdot (6,05 + 42,2) \cdot 9,81}{8 \cdot 0,012} \\F_{\min} &\geq 4\,931\text{N}\end{aligned}\tag{3.31}$$

- dle [4] str.10, voleno $(h/a)_{adm} = 0,012$

Minimální tahová síla pro dolní větev

$$\begin{aligned}F_{\min} &\geq \frac{a_u \cdot q_B \cdot g}{8 \cdot (h/a)_{adm}} \\F_{\min} &\geq \frac{2 \cdot 6,05 \cdot 9,81}{8 \cdot 0,012} \\F_{\min} &\geq 1\,237\text{N}\end{aligned}\tag{3.32}$$

Největší tahová síla v pásu

$$\begin{aligned}F_{\max} &\approx F_1 \approx F_U \cdot \xi \left(\frac{1}{e^{\mu\varphi} - 1} + 1 \right) \\F_{\max} &\approx F_1 \approx 2\,742,3 \cdot 1,6 \left(\frac{1}{e^{\pi \cdot 0,4} - 1} + 1 \right) \\F_{\max} &\approx F_1 \approx 6\,134\text{N}\end{aligned}\tag{3.33}$$

- dle [4] str.10, voleno $\xi = 1,6$

3.2 Pevnostní výpočty

3.2.1 Kontrola pevnosti pásu

$$\begin{aligned}F_{dov} &\geq F_{\max} \\F_p \cdot B &\geq F_{\max} \\40 \cdot 500 &\geq 6134 && (3.34) \\20\,000N &\geq 6134N \\&\Rightarrow \text{pás pevnostně vyhovuje} \\&- \text{ dle [7] } F_p = 40N / mm\end{aligned}$$

3.2.2 Silové namáhání osy bubnu

Síla v nosné větvi

$$F_{\max} \approx F_1 \approx 6134N \quad (3.35)$$

Síla ve vratné větvi

$$\begin{aligned}F_2 &= \frac{F_1}{e^{\mu\varphi}} \\F_2 &= \frac{6\,312}{e^{\pi \cdot 0,4}} && (3.36) \\F_2 &= 1\,797N\end{aligned}$$

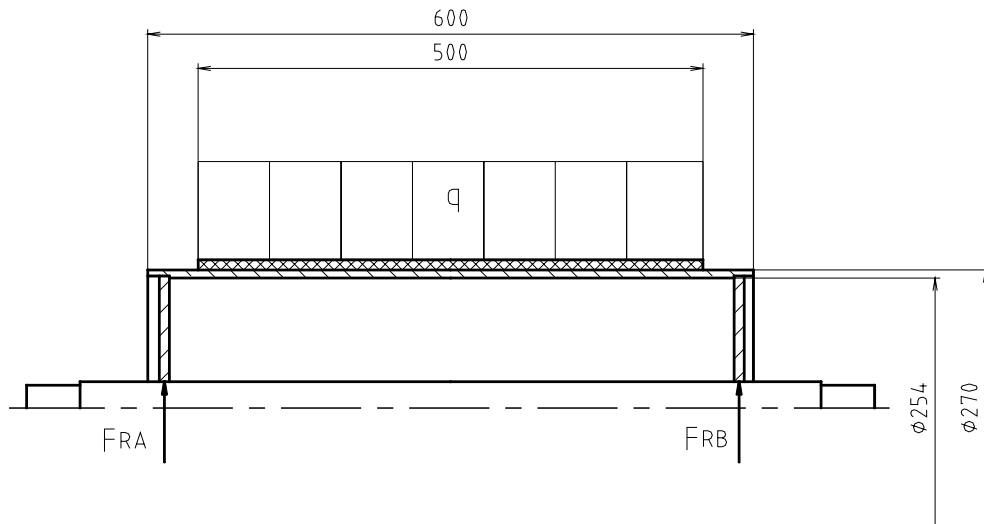
Výsledná síla namáhající osu bubnu

$$\begin{aligned}F_C &= F_1 + F_2 \\F_C &= 6134 + 1\,797 && (3.37) \\F_C &= 7\,931N\end{aligned}$$

3.2.3 Kontrola hnaného bubnu

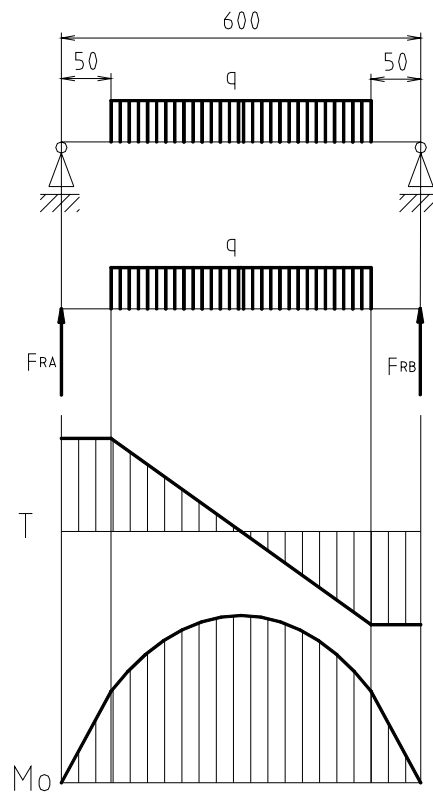
3.2.3.1 Kontrola pláště na ohyb

- Materiál ocel 11 373
- Dle [2] $\sigma_{Odob.} = 50MPa$



Obr. 16 – Zatížení bubnu

Určení VVU



Obr. 17 – VVU

Velikost spojitého namáhání

$$\begin{aligned}q &= \frac{F_C}{B} \\q &= \frac{7\,931}{0,5} \\q &= 15\,862\text{ N/m}\end{aligned}\tag{3.38}$$

Určení reakcí

$$\begin{aligned}T: \quad F_{RA} - q \cdot B + F_{RB} &= 0 \Rightarrow F_{RA} = q \cdot B - F_{RB} \\M_{OA}: \quad q \cdot B \cdot 300 - F_{RB} \cdot 600 &= 0 \Rightarrow F_{RB} = \frac{q \cdot B \cdot 300}{600}\end{aligned}\tag{3.39}$$

$$\begin{aligned}F_{RB} &= \frac{q \cdot B \cdot 300}{600} \\F_{RB} &= \frac{15\,862 \cdot 0,5 \cdot 300}{600}\end{aligned}\tag{3.40}$$

$$F_{RB} = 3\,966\text{ N}$$

$$\begin{aligned}F_{RA} &= q \cdot B - F_{RB} \\F_{RA} &= 15\,862 \cdot 0,5 - 3\,966 \\F_{RA} &= 3\,966\text{ N}\end{aligned}\tag{3.41}$$

Průřezový modul v ohybu

$$\begin{aligned}W_o &= \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} \\W_o &= \frac{\pi(0,270^4 - 0,254^4)}{32 \cdot 0,270}\end{aligned}\tag{3.42}$$

$$W_o = 4,19 \cdot 10^{-4}\text{ m}^3$$

Napětí v ohybu

$$\begin{aligned}\sigma_o &= \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_{RB} \cdot 0,5 \cdot 0,6}{W_o} \\ \sigma_o &= \frac{3\,966 \cdot 0,5 \cdot 0,6}{4,19 \cdot 10^{-4}} \\ \sigma_o &= 2,84\text{ MPa}\end{aligned}\tag{3.43}$$

Bezpečnost bubnu v ohybu

$$k_o = \frac{\sigma_{Odob}}{\sigma_o}$$

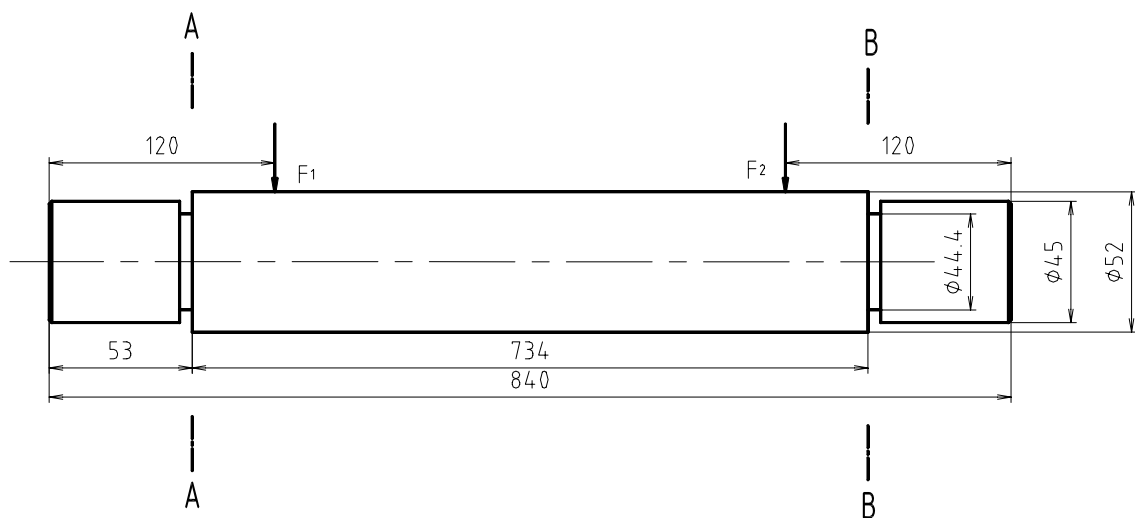
$$k_o = \frac{50}{2,84}$$

$$k_o = 17,6$$

(3.44)

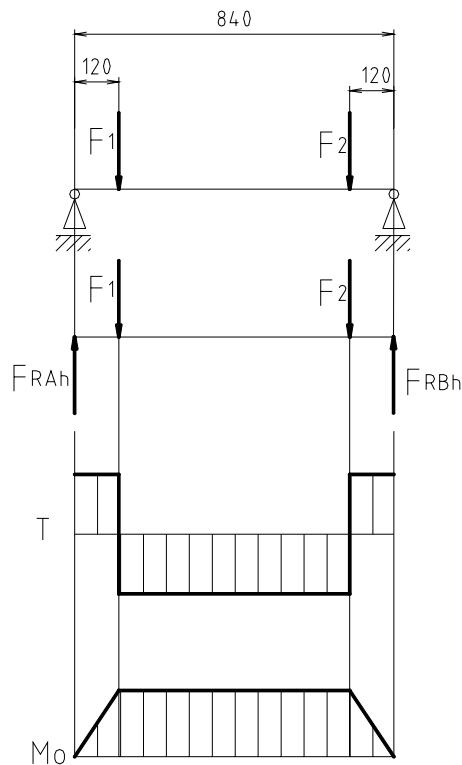
3.2.3.2 Kontrola osy na ohyb

- Materiál ocel 11 343
- Dle [2] $\sigma_{Odob} = 65MPa$



Obr. 18 – Osa hnaného bubnu

Určení VVU



Obr. 19 – Zatížení osy bubnu

Určení reakcí:

- síly F_1 a F_2 jsou reakcí zatíženého vratného bubnu

$$\begin{aligned} F_{11} &= -F_{RA} \\ F_{11} &= -3966N \end{aligned} \quad (3.45)$$

$$\begin{aligned} F_{22} &= -F_{RB} \\ F_{22} &= -3966N \end{aligned} \quad (3.46)$$

$$T: \quad F_{RAh} - F_{11} - F_{22} + F_{RBh} = 0 \Rightarrow F_{RAh} = F_{11} + F_{22} - F_{RBh}$$

$$M_{OA}: \quad F_{11} \cdot 0,12 + F_{22} \cdot 0,72 - F_{RBh} \cdot 0,84 = 0 \Rightarrow F_{RB} = \frac{F_{11} \cdot 0,12 + F_{22} \cdot 0,72}{0,84}$$

$$F_{RB} = \frac{F_1 \cdot 0,12 + F_2 \cdot 0,72}{0,84} \quad (3.47)$$

$$F_{RB} = \frac{3966 \cdot 0,12 + 3966 \cdot 0,72}{0,84}$$

$$F_{RB} = 3966N$$

$$\begin{aligned}F_{RAh} &= F_{11} + F_{22} - F_{RBh} \\F_{RAh} &= 3966 + 3966 - 3966\end{aligned}\quad (3.48)$$

$$\begin{aligned}F_{RAh} &= 3966N \\F_{11} &= -F_{RA} \\F_{11} &= -3966N\end{aligned}\quad (3.49)$$

$$\begin{aligned}F_{22} &= -F_{RB} \\F_{22} &= -3966N\end{aligned}$$

Kontrola osy na ohyb v nebezpečném místě A (platí i pro B) (3.50)

$$\begin{aligned}\sigma_o &= \frac{M_o}{W_o} = \frac{-F_{11}(0,12 - 0,053) - F_{22}(0,84 - 0,12 - 0,053) + F_{RBh}(0,84 - 0,053)}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \\ \sigma_o &= \frac{-3966(120 - 53) - 3966(840 - 120 - 53) + 3966(840 - 53)}{\frac{\pi 0,0444^3}{32}} \\ \sigma_o &= 24,5MPa\end{aligned}$$

Bezpečnost osy bubnu v ohybu:

$$\begin{aligned}k_o &= \frac{\sigma_{Odoz}}{\sigma_o} \\ k_o &= \frac{65}{24,5} \\ k_o &= 2,6\end{aligned}\quad (3.51)$$

4. Závěr

Dle požadovaných hodnot, jsem navrhnul pásový dopravník pro dopravu stavební drtě. Byly provedeny funkční výpočty s vhodnou volbou základních rozměrů. Součástí práce je výkresová dokumentace.

5. Seznam použitých zdrojů

5.1 Použitá literatura

[1] SVOBODA, P.; BRANDEJS, J.; KOVAŘÍK, R.; SOBEK, E.: Základy konstruování. Výběr z norem pro konstrukční cvičení. Brno, CERM 2001. 288 s. ISBN 80-7204-214-9

[2] LEINVEBER, J.; ŘASA, J.; VÁVRA, P.: Strojnické tabulky třetí, doplněné vydání. Praha, Scientia, 1999. 985 s. ISBN 80-7183-164-6

[3] GAJDUŠEK, J.; ŠKOPÁN, M.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, 1. vydání, VUT v Brně 1988

[4] Norma ČSN ISO 5048: Zařízení pro plynulou dopravu nákladů – Pásové dopravníky s nosnými válečky – Výpočet výkonu a tahových sil. Praha, Český normalizační institut, 1993. 15s.

5.2 Použité webové stránky

[5] Katalog válečků firmy TRANZA
http://www.tranza.cz/content/TRANZA_IdlersEn.pdf

[6] Katalog válečkových stolic firmy TRANZA
http://www.tranza.cz/content/TRANZA_RollersEn.pdf

[7] Katalog dopravníkových pásů
http://www.gumex.cz/cz/dopravnikove_pasy/DOPRAVNIKOVE-PASY---PRYZOVE/7/0

[8] Čistič pásu
<http://www.dopravnipasy.com/index.php?menu=175>

[9] Elektrobuben Van der Graf
<http://www.achenbach.cz/>
http://www.vandergraaf.com/download/d_315.pdf

[10] Ložiskový domek pro hnaný hřídel
<http://www.teatechnik.cz/doc/UCP.pdf>

6. Seznam použitých zkratek a symbolů

Označe	Název	Jednotka
a_o	Rozteč horních válečkových stolic	m
a_u	Rozteč dolních válečkových stolic	M
A	Dotyková plocha mezi pásem a čističem	m ²
b	Ložná šířka pásu	m
b_l	Světlá šířka bočního vedení	m
B	Šířka dopravního pásu	m
d	Tloušťka pásu	m
d_o	Průměr hřídel v ložisku	m
D	Průměr bubnu	m
e	základ přirozených logaritmů	-
f	Globální součinitel tření	-
F	Průměrný tah v pásu na bubnu	N
F_1	Tah v pásu ve větvi nabíhající na buben	N
F_2	Tah v pásu ve větvi sbíhající z bubnu	N
F_{11}	Síla namáhající osu hnaného bubnu	N
F_{22}	Síla namáhající osu hnaného bubnu	N
$F_{2,min}$	Minimální tahová síla v pásu pro přenos obvodové síly	N
F_{bA}	Odpory setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti urychlování	N
F_C	Výsledná síla namáhající osu bubnu	N
F_{dov}	Dovolená maximální síla v pásu	N
F_f	Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením	N
F_{gL}	Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením	N
F_H	Hlavní odpory	N
F_{max}	Největší tah v pásu	N
F_{min}	Nejmenší tah v pásu	N
F_N	Vedlejší odpory	N
F_o	Odpor ohybu pásu na bubnech	N
F_p	Maximální síla na 1 mm pásu	N/mm
F_{RA}	Silová reakce bubnu na spojitě zatížení v místě A	N
F_{RAh}	Silová reakce osy na namáhání od bubnu v místě A	N
F_{RB}	Silová reakce bubnu na spojitě zatížení v místě B	N
F_{RBh}	Silová reakce osy na namáhání od bubnu v místě B	N
F_S	Celkový přídavný odpor	N
F_{St}	Odpor k překonání dopravní výšky	N

F_t	Odpor v ložiskách hnaného bubnu	N
F_U	Potřebná obvodová síla na poháněcím bubnu	N
$F_{U,max}$	Maximální obvodová síla (rozběh plného pásu)	N
F_ε	Odpor vychýlených bočních válečků	N
F_γ	Odpor čističe pásu	N
g	Tíhové zrychlení	m/s^2
$(h/a)_{adm}$	Dovolený relativní průvès pásu mezi válečkovými stolicemi	-
H	Dopravní výška	m
I_m	Hmotnostní dopravní výkon	kg/h
I_v	Objemový dopravní výkon	m^3/s
k	Součinitel sklonu	-
k_l	Součinitel korekce vrchlíku náplně	-
k_o	Bezpečnost v ohybu	-
l	Délka bočního vedení	m
l_b	Urychlovací délka	m
l_{bmin}	Minimální urychlovací délka	m
L_C	Celková délka dopravníku	m
L_ε	Délka dopravníku s vychýlenými válečky	m
p	Tlak mezi čističem pásu a pásem	N/m^2
p_1	Počet stolic v horní větvi dopravníku	-
p_2	Počet stolic v dolní větvi dopravníku	-
P_A	Provozní výkon na poháněcím bubnu	W
P_M	Provozní výkon poháněcího bubnu	W
q	Spojité zatížení	N/m
q_1	Hmotnost jednoho rotujícího válečku horní větve	kg
q_2	Hmotnost jednoho rotujícího válečku dolní větve	kg
q_B	Hmotnost 1 m dopravního pásu	kg/m
q_G	Hmotnost nákladu na 1 m délky dopravního pásu	kg/m
q_{RO}	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku	kg/m
q_{RU}	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku	kg/m
Q	Dopravní výkon	kg/h
Q_m	Objemová hmotnost dopravovaného materiálu	kg/m^3
S	Celková plocha náplně	m^2
S_1	Plocha horní části náplně	m^2
S_2	Plocha spodní části náplně	m^2
S_t	Teoreticky potřebná minimální plocha průřezu náplně	m^2
v	Rychlost pásu	m/s
v_0	Složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu	m/s
W_O	Průřezový modul v ohybu	m^3
α	Sypný úhel	stupně
δ	Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu	stupně

ε	Úhel vychýlení osy válečku vzhledem k rovině kolmé k podélné ose	stupně
η_1	Účinnost	-
Θ	Dynamický sypný úhel dopravované hmoty	stupně
λ	Úhel sklonu bočních válečků	stupně
μ	Součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem	-
μ_0	Součinitel tření mezi nosnými válečky a pásem	-
μ_1	Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem	-
μ_2	Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi	-
μ_3	Součinitel tření mezi pásem a čistěčem pásu	-
ξ	Součinitel rozběhu	-
φ	Úhel opásání poháněcího bubnu	radiány
ρ	Sypná hmotnost dopravované hmoty	kg/m ³
σ_o	Napětí v ohybu	MPa
σ_{odov}	Dovolené napětí v ohybu	MPa

7. Seznam příloh

Výkres sestavy: PÁSOVÝ DOPRAVNÍK B – 3P22 – 000

Výkres podsestavy pohonu: POHON D – 3P22 – M1

Výrobní výkres osy hnaného bubnu: OSA HNANÉHO BUBNU C – 3P22 - 13

(Po domluvě s panem Ing. Jiřím Maláškem, Ph.D. kreslena osa s těsnými pery.)