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 — PAWEL KUJAWA
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. JIŘÍ MALÁŠEK, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2009

Anotace

Hlavním cílem mé bakalářské práce je návrh konstrukčního řešení šikmého pásového dopravníku pro přepravu stavební drti. Tato práce obsahuje také stručný popis hlavních částí dopravníků a funkční výpočet základních rozměrů podle normy ČSN ISO 5048. Dále je proveden návrh pohonu dopravníku , řešení napínacího zařízení a možné řešení násypky.

Klíčová slova : Pásový dopravník, stavební drť, pohon dopravníku, napínací zařízení, násypka.

Annotation

In this bachelor thesis there is designed the construction of the inclined belt conveyor for transport of the building crushed material. The thesis also includes the description of individual parts of the belt conveyor. The functional calculation of main proportions is performed according to the norm ČSN ISO 5048. There is designed the conveyor‘s traction and finally there are preformed the solution of the tension system and possible solution of the hopper.

Keywords : Belt conveyor, broken concrete, conveyor traction, tension system, hopper.

Bibliografická citace mé práce dle ČSN ISO 690:

KUJAWA, P. *Pásový dopravník.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

.

Prohlášení :

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně na základě informací ze zdrojů uvedených v seznamu použité literatury a s využitím poznatků a připomínek mého vedoucího bakalářské práce pana Ing. Jiřího Maláška, Ph.D.

V Brně, 24. května 2009

……..
Podpis

Poděkování:

Děkuji tímto všem, kteří mi poskytli důležité informace a rady při řešení problému v této bakalářské práci. Chci poděkovat zejména mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za cenné rady a doporučení, a hlavně své rodině za podporu ve studiu na této vysoké škole.

OBSAH :

1. ÚVOD ..... - 9 -
1.1. PÁSOVÝ DOPRAVNÍK ..... - 9 -
1.2. ROZDĚLENÍ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ: ..... - 9 -
1.3. POPIS HLAVNÍCH ČÁSTÍ PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU ..... - 10 -
1. HNACÍ BUBEN 10
1.4. KONCEPCE ŘEŠENÍ: 10
2. POPIS ČÁSTI 11
2.1. HNACÍ BUBEN 11
2.2. DOPRAVNÍ PÁS 12
2.3. HNANÝ BUBEN 13
2.4. VÁLEČKOVÁ STOLICE 14
2.4.1. HORNÍ VĚTEV 14
2.4.2. DOLNÍ VĚTEV 15
2.5. NAPÍNAVÍ ZAŘÍZENÍ 15
2.6. STĚRAČ PÁSU 16
2.7. NÁSYPKA 16
3. FUNKČNÍ VÝPOČET 17
3.1. SKLON DOPRAVNÍKU 17
3.2. VOLBA JMENOVITÉ RYCHLOSTI DOPRAVNÍHO PASU 17
3.3. TEORETICKÁ PLOCHA PRŮŘEZU DOPRAVOVANÉHO MATERIÁLU 17
3.3.1. TEORETICKY POTŘEBNÁ PLOCHA PRŮŘEZU 17
3.3.2. KONKRÉTNÍ PLOCHA PRŮŘEZU DOPRAVOVANÉHO MATERIÁLU 17
3.3.3. PLOCHA HORNÍ ČÁSTI NÁPLNĚ 17
3.3.4. PLOCHA DOLNÍ ČÁSTI NÁPLNĚ 18
3.3.5. SOUČINITEL KOREKCE PRŮŘEZU 19
3.3.6. SOUČINITEL KOREKCE NÁPLNĚ 19
3.4. KORIGOVANÁ PLOCHA PRŮŘEZU DOPRAVOVANÉHO MATERIÁLU 19
3.5. KONTROLA VOLBY PÁSU NA LOŽNÝ PROSTOR 19
3.5.1. DOPRAVOVANÉ MNOŽSTVÍ MATERIÁLU V $m^3 \cdot s^{-1}$ 19
3.5.2. DOPRAVOVANÉ MNOŽSTVÍ MATERIÁLU V $kg \cdot h^{-1}$ 20
3.6. ODPORY V PÁSU 20

3.6.1. HLAVNÍ ODPORY 20
3.6.2. HMOTNOST ROTUJÍCÍCH ČÁSTÍ VÁLEČKŮ NA 1. METRU NOSNÉ VĚTVE 20
3.6.3. HMOTNOST ROTUJÍCÍCH ČÁSTÍ VÁLEČKŮ NA 1. METRU VRATNÉ VĚTVE 20
3.6.4. HMOTNOST 1. METRU DOPRAVNÍHO PÁSU 21
3.6.5. HMOTNOST NÁKLADU NA 1. METRU DOPRAVNÍHO PÁSU 21
3.6.6. VEDLEJŠÍ ODPORY 21
3.6.7. ODPORY SETRVAČNÝCH SIL V MÍSTĚ NAKLÁDÁNÍ 21
3.6.8. ODPOR TŘENÍ 21
3.6.9. ODPOR PÁSU NA BUBNECH 22
3.6.10. ODPOR V LOŽISKÁCH BUBNU 22
3.6.11. PŘÍDAVNÉ HLAVNÍ ODPORY 22
3.6.12. ODPOR VYCHÝLENÍ HORNÍCH VÁLEČKŮ 22
3.6.13. PŘÍDAVNÉ VEDLEJŠÍ ODPORY 23
3.6.14. ODPOR ČISTIČŮ PÁSU 23
3.6.15. ODPOR VNĚJŠÍHO ČISTIČE PÁSU 23
3.6.16. ODPOR K PŘEPRAVENÍ DOPRAVNÍ VÝŠKY 23
3.7. POTŘEBNÁ OBVODOVÁ SÍLA POHÁNĚCÍHO BUBNU 23
3.8. POTŘEBNÝ PROVOZNÍ VÝKON MOTORU 23
3.9. POTŘEBNÝ PROVOZNÍ PŘÍKON MOTORU 24
3.10. PŘENOS OBVODOVÉ SÍLY NA POHÁNĚCÍM BUBNU 24
3.10.1. NEJMENŠÍ TAHOVÁ SÍLA V PÁSU PRO HORNÍ VĚTEV 24
3.10.2. NEJMENŠÍ TAHOVÁ SÍLA V PÁSU PRO DOLNÍ VĚTEV 24
3.10.3. NEJVĚTŠÍ TAHOVÁ SÍLA V PÁSU 25
3.10.4. DOVOLENÁ SÍLA V PÁSU 25
3.10.5. SÍLA V NOSNÉ VĚTVI 25
3.10.6. SÍLA VE VRATNÉ VĚTVI 25
3.11. VÝSLEDNÁ SÍLA 25
4. PEVNOSTNÍ VÝPOČET 26
4.1. NAPÍNACÍ BUBEN 26
4.1.1. SPOJITÉ ZATÍŽENÍ 26
4.1.2. URČENÍ PRŮBĚHU VVU 26
4.1.3. VÝPOČET REAKCÍ 27
4.1.4. VÝPOČET MAXIMÁLNÍHO OHYBOVÉHO MOMENTU 27
4.1.5. MODUL PRŮŘEZU V OHYBU 28
4.1.6. MAXIMÁLNÍ OHYBOVÉ NAPĚTÍ NA BUBNU 28

4.1.7. BEZPEČNOST BUBNU V OHYBU 29
4.2. PEVNOSTNÍ VÝPOČET OSY HNANÉHO BUBNU 29
4.2.1. SILOVÉ REAKCE V OSE 30
4.2.2. KONTROLA HŘÍDELE V MÍSTĚ B KDE JE NEJVĚTŠÍ MOMENT 30
4.2.3. MODUL PRŮŘEZU V OHYBU V MÍSTĚ B 30
4.2.4. KONTROLA HŘÍDELE V MÍSTĚ A PRŮŘEZ JE NEJMENŠÍ 31
4.2.5. MODUL PRŮŘEZU V OHYBU V MÍSTĚ B 31
5. ZÁVĚR 31
6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 32
6.1. SEZNAM POUŽITÉ LITERATŮRY 32
6.2. SEZNAM WEBOVÝCH STRÁNEK 32
7. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ 33
8. SEZNAM PŘÍLOH 36

ÚVOD

1.1. Pásový dopravník

Pásové dopravníky jsou stroje určené pro přepravu sypných látek i kusového zboží. Přeprava je možná díky prováděná tažným orgánem v podobě pásu napnutého mezi dvěma bubny.První buben je hnací a druhý vratný, který nejčastěji plní také funkci napínacího bubnu. Dopravní pás je po celé délce podpírán válečky v nosné i vratné větvi. Nakládání a vykládání přepravovaného materiálu je nejčastěji samočinné a nepřetržité. Pásové dopravníky mají některé výhody oproti jiným dopravním prostředkům. Mezi ně patří malá energetická náročnost, velká dopravní vzdálenost, jednoduchá údržba, a hlavně vysoký dopravní výkon.

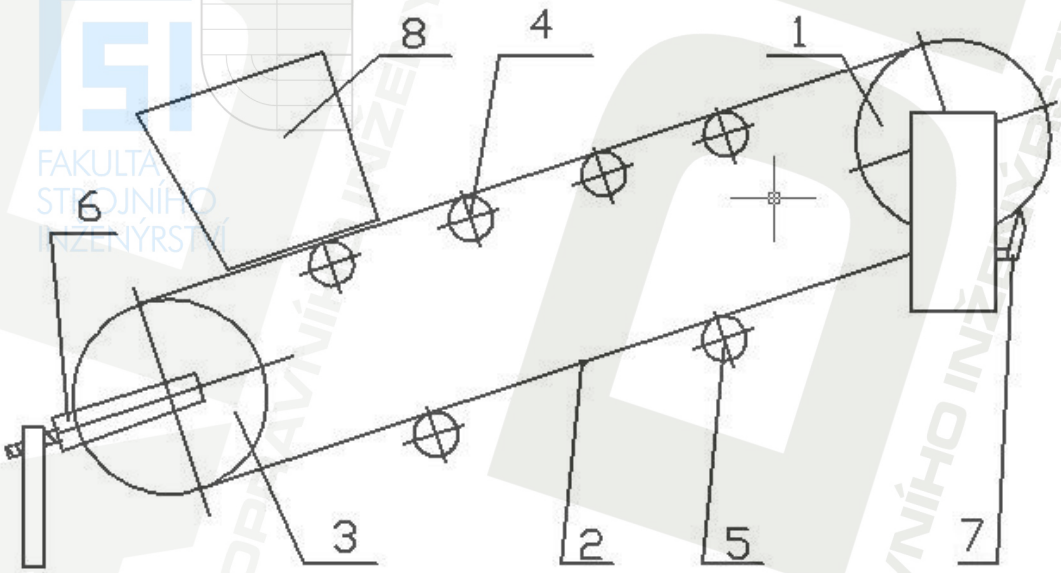
1.2. Rozdělení pásových dopravníků:

- Podle sklonu a tvaru dopravní trasy:
1) vodorovné
2) šikmé
3) lomené

- Podle tažného elementu
1) s ocelovým pásem
2) s gumovým pásem nebo s PVC pásem
3) s ocelogumovým pásem
4) s pásem z drátěného pletiva

- Podle konstrukce
1) stabilní
2) mobilní
3) přestavitelné

1.3. Popis hlavních částí pásového dopravníku



Obr. 1 Schéma pásového dopravníku

1. Hnací buben
2. Dopravní pás
3. Hnaný buben
4. Válečky nosné větve
5. Válečky vratné větve
6. Napínací zařízení
7. Násypka
8. Čistič pásu

1.4. Koncepce řešení:

Dopravník slouží k přepravě stavební drti. Je to šikmý, stabilní dopravník s gumovým pásem, který se plní materiálem z násypky a je odstraňován přepadem přes poháněcí buben. Násypka je součástí dopravníku a je uchycena do nosného rámu. Stojiny jsou připevněny pomocí šroubů k betonovým podstavcům.

2. Popis části :

2.1. Hnací buben

Pohon dopravníku je zajištěn elektrobubnem, který na rozdíl od použití externího elektromotoru s převodovkou, zjednodušuje konstrukci poháněcí stanice a zmenšuje také využitý prostor.

Jedná se o elektrobuben od firmy INTEROLL vybavený třífázovým asynchronním motorem se čtyřmi poly a planetovou převodovkou. Převodovka má dva stupně rychlosti a dovoluje také reverzní chod.Elektrobuben je mazán a zároveň chlazen olejem. Před přehřátím a následným poškozením motoru chrání teplotní spínač.Podle vypočítaného potřebného výkonu volím typ TM 323 Series 6300.

Technické údaje :

Výkon P = 5,5 kW

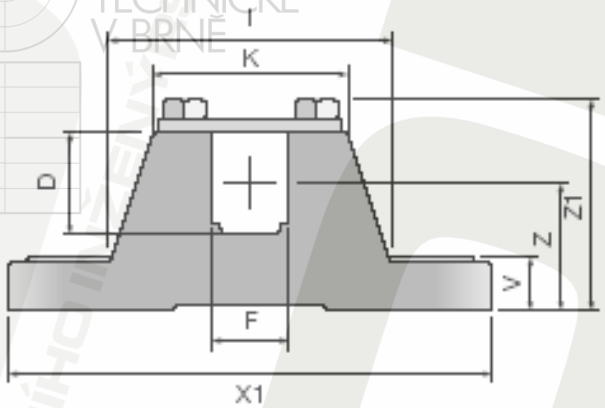
Kroutící moment : M = 524 Nm

Průměr bubnu : 320 mm

Šířka bubnu : 600 mm

Obr. 2 Elektrobuben Interoll

Elektrobuben je přichycen k nosné konstrukci pomocí montážních úchytek.



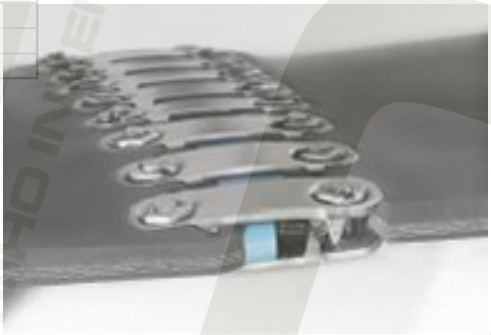
Obr. 3 Uchycení elektrobubnu

2.2. Dopravní pás

Plynulou přepravu dopravovaného materiálu zajišťuje gumotextilní pás. V souladu s výpočtem je zvolen pás od firmy GUMEX, s.r.o., typu EP 250/2. Pás se skládá ze nosné kostry, tvořené dvouvrstvou textilní vložkou. Horní krycí vrstva je 3 mm silná a je velice odolná proti abrazivním účinkům dopravovaného materiálu a atmosférickým vlivům.Dolní vrstva je 2 mm silná a odolává před abrazivními účinky bubnů a nosných válečků. Pracovní teplota pásu je v mezích od 60 °C do -60 °C .

Obr. 4 Průřez pásem

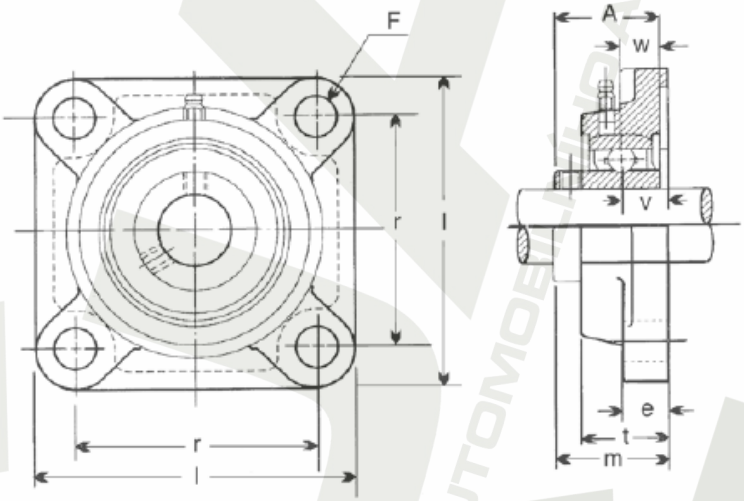
Šířka pásu je 500 mm a bude spojen pomocí spojovacích elementů od firmy FLEXCO o pevností spoje 630 N/mm.



Obr. 5 Spojky FLEXO

2.3. Hnaný buben

Hnaný buben v daném konstrukčním řešení splňuje také funkci napínacího bubnu. Jedná se o svarek složený z bezešvé trubky o vnějším průměru 320 mm a šířce ? mm , dvou čel a osy. Všechny části jsou vyrobeny z oceli 11 373 ČSN 42 5715. Buben bude osazen ve dvou ložiskových domcích typu UCF 213. Průměr osy v ložisku je 65 mm.



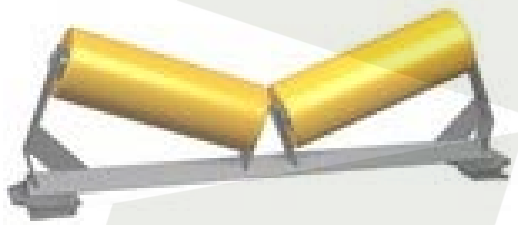
Obr. 6 Ložiskový domek

2.4. Válečková stolice

Válečky podpírají pás s dopravovaným materiálem v horní větvi a samotný pás v dolní větvi. Válečky se do pražců volně vkládají. Samotné stolice se upevní pomocí šroubů k nosnému rámu.

2.4.1. Horní větev

Pro spolehlivou přepravu materiálu v horní větev je použitá dvouválečková korytková stolice firmy CV - S od firmy TRANZA s.r.o. Úhel sklonu válečků je 20° a sklon ve směru pohybu pásu je 2°. Takové provedení zabraňuje ve vybočování pásu z trajektorie.



Obr. 7 Korytková stolice TRANZA

2.4.1.1. Válečky v horní větvi

Volím hladké válečky od firmy TRANZA s.r.o.

Průměr : D = 76 mm
Délka : 315 mm
Hmotnost : 2 kg
Ložiska : 6204

Obr. 8 Váleček TRANZA

2.4.2. Dolní větev

Ve vratné větvi je postačující jednoválečkova stolice typu RB – S od firmy TRANZA s.r.o.

Obr. 9 Válečková stolice pro vratnou větev

Hladké válečky také od firmy TRANZA s.r.o.

Průměr : 76 mm

Délka : 600 mm

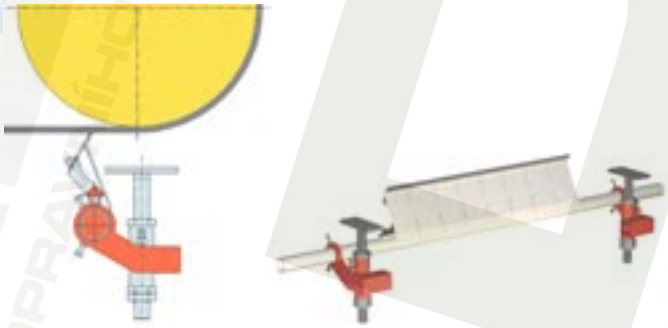
Hmotnost : 5 kg

2.5. Napínaví zařízení

Pro správný chod dopravníku musí být pás neustále napjatý. Tuto funkci plní v tomto konstrukčním řešení napínací zařízení hnaný buben. Napínací zařízení se skládá ze dvou hlavních částí. První část je vodící a je přivařená pevně k rámu. Druhou částí je bezešvá ocelová trubka obdélníkového tvaru, která je uložená ve vodítku a může se volně vysouvat. K jednomu konci je přišroubován ložiskový domek pro napínací buben a ke druhému konci je přivařená závitová tyč. Napínání se realizuje otáčením matice, která se opírá o vzpěru. Vzpěra je součástí rámu a je k němu přivařená.

2.6. Stěrač pásu

Čističe pásu se používá k odstraňování pozůstalého materiálu z pásu. Používají se zejména při dopravování lepkých a mokrých materiálů. Pro tento dopravník je použit vnější stěrač pásu a je umístěn pod hnacím bubnem. Zvolil jsem čistič od firmy HOSCH s.r.o., který dovoluje také reverzní chod pásu.



Obr. 10 Čistič pásu HOSCH

2.7. Násypka

Násypka slouží k efektivnímu plnění dopravního pásu. Směruje materiál ze sypacího zařízení na pás tak , aby nedocházelo k úniku materiálu přes okraje pásu.V mém případě je násypka součástí dopravníku (je k němu přišroubována).

3. Funkční výpočet

3.1. Sklon dopravníku

$$\sin\delta = \frac{H}{L}$$

$$\sin\delta = \frac{5}{18} \tag{3.1}$$

$$\sin\delta = 16{,}13°$$

3.2. Volba jmenovité rychlosti dopravního pasu

Stavební drť : od 1,25 $m \cdot s^{-1}$ do 2,5 $m \cdot s^{-1}$
Volím rychlost : 1,5 $m \cdot s^{-1}$ dle [2]

3.3. Teoretická plocha průřezu dopravovaného materiálu

3.3.1. Teoreticky potřebná plocha průřezu

$$S_T = \frac{Q}{\rho \cdot v \cdot 3600}$$

$$S_T = \frac{130000}{2300 \cdot 1{,}5 \cdot 3600} \tag{3.2}$$

$$S_T = 0{,}01045 \quad m^2$$

3.3.2. Konkrétní plocha průřezu dopravovaného materiálu

$$S = S_1 + S_2$$

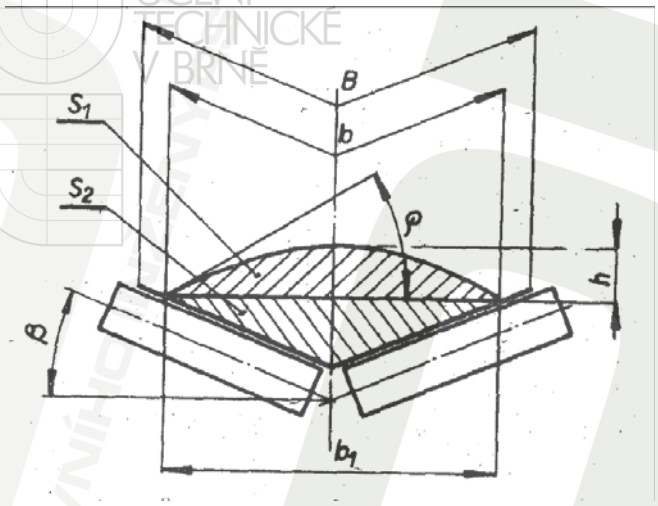
$$S = 0{,}008 + 0{,}01286 = 0{,}0209 m^2 \tag{3.3}$$

3.3.3. Plocha horní části náplně

$$S_1 = (b \cdot \cos\alpha)^2 \cdot \frac{tg\theta}{6} \tag{3.4}$$

$$S_1 = (0{,}4 \cdot \cos 20°)^2 \cdot \frac{tg 18{,}75°}{6}$$

$$S_1 = 0{,}008 m^2$$



Obr. 11 Průřez náplně pásu

Ložná šířka pásu

$$b = 0{,}9 \cdot B - 0{,}05$$
$$b = 0{,}9 \cdot 0{,}5 - 0{,}05 \qquad (3.5)$$
$$b = 0{,}4m$$

B = 500 mm zvoleno dle [2]

Dynamický sypný úhel

$$\theta = 0{,}75 \cdot \alpha$$
$$\theta = 0{,}75 \cdot 20° \qquad (3.6)$$
$$\theta = 18{,}75°$$

3.3.4. Plocha dolní části náplně

$$S_2 = \left(\frac{b}{2} \cdot \cos\lambda\right) \cdot \left(\frac{b}{2} \cdot \sin\lambda\right)$$
$$S_2 = \left(\frac{0{,}4}{2} \cdot \cos 20°\right) \cdot \left(\frac{0{,}4}{2} \cdot \sin 20°\right) \qquad (3.7)$$
$$S_2 = 0{,}01286m^2$$

Λ = 20° , zvoleno dle [5]

3.3.5. Součinitel korekce průřezu

$$k = 1 - \frac{S_1}{S} \cdot (1 - k_1)$$

$$k = 1 - \frac{0{,}008}{0{,}0209} \cdot (1 - 0{,}583) \qquad (3.8)$$

$$k = 0{,}74$$

3.3.6. Součinitel korekce náplně

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 \delta - \cos^2 \theta}{1 - \cos^2 \theta}}$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 16{,}13° - \cos^2 18{,}75°}{1 - \cos^2 18{,}75°}} \qquad (3.9)$$

$$k_1 = 0{,}583$$

3.4. Korigovaná plocha průřezu dopravovaného materiálu

$$S_K = S \cdot k$$

$$S_K = 0{,}0209 \cdot 0{,}74 \qquad (3.10)$$

$$S_K = 0{,}0155 m^2$$

3.5. Kontrola volby pásu na ložný prostor

$$S_K \geq S_T$$

$$0{,}0155 \geq 0{,}01045$$

Navrhovaný pás vyhovuje

3.5.1. Dopravované množství materiálu v $m^3 \cdot s^{-1}$

$$I_V = S \cdot v \cdot k$$

$$I_V = 0{,}0209 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}74 \qquad (3.11)$$

$$I_V = 0{,}0232 m^3 \cdot s^{-1}$$

3.5.2. Dopravované množství materiálu v $kg \cdot h^{-1}$

$$
\begin{aligned}
I_m &= I_V \cdot \rho \cdot 3600 \\
I_m &= 0{,}0232 \cdot 2300 \cdot 3600 \\
I_m &= 192096 kg \cdot h^{-1} \\
I_m &\geq Q
\end{aligned}
\tag{3.12}
$$

3.6. Odpory v pásu

3.6.1. Hlavní odpory

$$
\begin{aligned}
F_H &= f \cdot L \cdot g \cdot \left[q_{RO} + q_{RU} + \left(2 \cdot q_B + q_G\right) \cdot \cos\delta\right] \\
F_H &= 0{,}018 \cdot 18 \cdot 9{,}81 \cdot \left[5{,}6 + 1{,}65 + \left(2 \cdot 2{,}24 + 35{,}57\right) \cdot \cos 16{,}13°\right] \\
F_H &= 161{,}5 N
\end{aligned}
\tag{3.13}
$$

Globální součinitel tření f

$$
\begin{aligned}
f &= f_1 \cdot k_2 \\
f &= 0{,}018 \cdot 1 \\
f &= 0{,}018 \\
f_1 &= 0{,}018 \text{ dle [2]}
\end{aligned}
\tag{3.14}
$$

3.6.2. Hmotnost rotujících částí válečků na 1. metru nosné větve

$$
\begin{aligned}
q_{RO} &= \frac{2 \cdot q_1 \cdot p_1}{L} \\
q_{RO} &= \frac{2 \cdot 2 \cdot 25}{18} \\
q_{RO} &= 5{,}6 kg \cdot m^{-1} \\
q_1 &= 2 kg \text{ dle [5]}
\end{aligned}
\tag{3.15}
$$

3.6.3. Hmotnost rotujících částí válečků na 1. metru vratné větve

$$
\begin{aligned}
q_{RU} &= \frac{q_2 \cdot p_2}{L} \\
q_{RU} &= \frac{3{,}3 \cdot 9}{18} \\
q_{RU} &= 1{,}65 kg \cdot m^{-1} \\
q_2 &= 3{,}3 kg \text{ dle [5]}
\end{aligned}
\tag{3.16}
$$

3.6.4. Hmotnost 1. metru dopravního pásu

$$q_B = 2{,}24 kg \cdot m^{-1} \tag{3.17}$$

q_b dle [4]

3.6.5. Hmotnost nákladu na 1. metru dopravního pásu

$$q_G = \frac{I_V \cdot \rho}{v}$$

$$q_G = \frac{0{,}0232 \cdot 2300}{1{,}5} \tag{3.18}$$

$$q_G = 35{,}57 kg \cdot m^{-1}$$

3.6.6. Vedlejší odpory

$$F_N = F_{ba} + F_f + F_O + F_t \tag{3.19}$$

$$F_N = 80 + 15{,}38 + 55{,}44 + 2{,}3$$

$$F_N = 153{,}12 N$$

3.6.7. Odpory setrvačných sil v místě nakládání

$$F_{ba} = I_V \cdot \rho \cdot (v - v_0)$$

$$F_{ba} = 0{,}0232 \cdot 2300 \cdot (1{,}5 - 1{,}46) \tag{3.20}$$

$$F_{ba} = 80 N$$

3.6.8. Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování

$$F_f = \frac{\mu_2 \cdot I_v^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l_b}{\left(\frac{v + v_0}{2}\right) \cdot b_l^2}$$

$$F_f = \frac{0{,}6 \cdot 0{,}0232^2 \cdot 2300 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}5}{\left(\frac{1{,}5 + 1{,}46}{2}\right) \cdot 0{,}4^2} \tag{3.21}$$

$$F_f = 15{,}38 N$$

μ_2 =0,6 dle [2]

Minimální urychlovací délka

$$l_{bmiin} = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_1}$$

$$l_{bmiin} = \frac{1{,}5^2 - 1{,}46^2}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}6} \tag{3.22}$$

$$l_{bmiin} = 0{,}01m$$

μ_1=0,6 dle [2]

3.6.9. Odpor pásu na bubnech

$$F_O = 9 \cdot B \cdot \left(140 + 0{,}01 \cdot \frac{F}{B}\right) \cdot \frac{d}{D}$$

$$F_O = 9 \cdot 0{,}5 \cdot \left(140 + 0{,}01 \cdot \frac{7000}{0{,}5}\right) \cdot \frac{0{,}0132}{0{,}3} \tag{3.23}$$

$$F_O = 55{,}44N$$

3.6.10. Odpor v ložiskách bubnu

$$F_t = 0{,}005 \cdot \frac{d_0}{D} \cdot F_T$$

$$F_t = 0{,}005 \cdot \frac{0{,}02}{0{,}3} \cdot 7000 \tag{3.24}$$

$$F_t = 2{,}3N$$

3.6.11. Přídavné hlavní odpory

$$F_{S1} = F_\varepsilon + F_{gl1}$$

$$F_{S1} = 4{,}6 + 0 \tag{3.25}$$

$$F_{S1} = 4{,}6N$$

3.6.12. Odpor vychýlení horních válečků

$$F_\varepsilon = \mu_0 \cdot L_\varepsilon \cdot q_B \cdot g \cdot \cos\lambda \cdot \cos\delta \cdot \sin\varepsilon$$

$$F_\varepsilon = 0{,}4 \cdot 16{,}6 \cdot 2{,}24 \cdot 9{,}81 \cdot \cos 20° \cdot \cos 16{,}13° \cdot \sin 2° \tag{3.26}$$

$$F_\varepsilon = 4{,}6N$$

kde $\varepsilon = 2°$ dle [2]

$\mu_0 =$ 0,3 až 0,4 zvoleno $\mu_0 = 0{,}4$ dle [5]

3.6.13. Přídavné vedlejší odpory

$$F_{S2} = F_r + F_a$$
$$F_{S2} = 260{,}3 + 0 \qquad (3.27)$$
$$F_{S2} = 260{,}3N$$

3.6.14. Odpor čističů pásu

$$F_r = F_{r1} + F_{r2}$$
$$F_r = 260{,}3 + 0 \qquad (3.28)$$
$$F_r = 260{,}3N$$

3.6.15. Odpor vnějšího čističe pásu

$$F_{r1} = A \cdot p \cdot \mu_3$$
$$F_{r1} = 0{,}01 \cdot 60000 \cdot 0{,}4 \qquad (3.29)$$
$$F_{r1} = 260{,}299N$$

p = 60000 N/m2 dle [2]

3.6.16. Odpor k přepravení dopravní výšky

$$F_{st} = q_G \cdot H \cdot g$$
$$F_{st} = 35{,}57 \cdot 5 \cdot 9{,}81 \qquad (3.30)$$
$$F_{st} = 1745{,}2N$$

3.7. Potřebná obvodová síla poháněcího bubnu

$$F_U = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{St}$$
$$F_U = 161{,}5 + 153{,}12 + 4{,}6 + 260{,}3 + 1745{,}2 \qquad (3.31)$$
$$F_U = 2324{,}72N$$

3.8. Potřebný provozní výkon motoru

$$P_A = F_U \cdot v$$
$$P_A = 2324{,}72 \cdot 1{,}5 \qquad (3.32)$$
$$P_A = 3486W$$

3.9. Potřebný provozní příkon motoru

$$P_M = \frac{P_A}{\eta}$$

$$P_M = \frac{3486}{0{,}95} \qquad (3.33)$$

$$P_M = 3670W$$

η=0,95 dle [2]

3.10. Přenos obvodové síly na poháněcím bubnu

$$F_{2\min} \geq F_U \cdot \xi \cdot \frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1}$$

$$F_{2\min} \geq 2770 \cdot 1{,}7 \cdot \frac{1}{e^{0{,}35\pi} - 1} \qquad (3.34)$$

$$F_{2\min} \geq 2351{,}2N$$

Součinitel rozběhu $\xi = 1{,}3 \div 2$ zvoleno $\xi = 1{,}7$ dle [2]

$\mu = 0{,}35$ dle [2]

$\varphi = 180° \triangleright \varphi = \pi$ rad

3.10.1. Nejmenší tahová síla v pásu pro horní větev

$$F_{\min} \geq \frac{a_0 \cdot (q_B + q_G) \cdot g}{8 \cdot (h/a)_{adm}} \qquad (3.35)$$

$a_0 = 0{,}7m$

$(h/a)_{adm} = 0{,}016$ dle [2]

$$F_{\min} \geq \frac{0{,}7 \cdot (35{,}57 + 2{,}24) \cdot 9{,}81}{8 \cdot 0{,}016}$$

$$F_{\min} \geq 2030N$$

3.10.2. Nejmenší tahová síla v pásu pro dolní větev

$$F_{\min} \geq \frac{a_u \cdot q_B \cdot g}{8 \cdot (h/a)_{adm}}$$

$$F_{\min} \geq \frac{2 \cdot 2{,}24 \cdot 9{,}81}{8 \cdot 0{,}016} \qquad (3.36)$$

$$F_{\min} \geq 343{,}35N$$

$$a_u = 2m$$

3.10.3. Největší tahová síla v pásu

$$F_{\max} \approx F_1 \approx F_U \cdot \xi \cdot \frac{e^{\mu \cdot \varphi}}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1}$$
$$F_{\max} \approx 2770 \cdot 1{,}7 \cdot \frac{e^{0{,}35\pi}}{e^{0{,}35 \cdot \varphi} - 1} \tag{3.37}$$
$$F_{\max} \approx 7058N$$

3.10.4. Dovolená síla v pásu

$$F_{Dp} = R_{mp} \cdot B$$
$$F_{Dp} = 250 \cdot 500 \tag{3.38}$$
$$F_{Dp} = 125000N$$
$$F_{Dp} \geq F_{\max}$$

3.10.5. Síla v nosné větvi

$$F_{N1} = F_{\max}$$
$$F_{N1} = 7058N$$

3.10.6. Síla ve vratné větvi

$$F_{N2} = \frac{F_1}{e^{\mu \cdot \varphi}}$$
$$F_{N2} = \frac{7058}{e^{\pi \cdot 0{,}35}} \tag{3.39}$$
$$F_{N2} = 2352{,}66N$$

3.11. Výsledná síla F_V

$$F_V = F_2 + F_1$$
$$F_V = 2352{,}66 + 7058 \tag{3.40}$$
$$F_V = 9410{,}66N$$

4. Pevnostní výpočet

4.1. Napínací buben

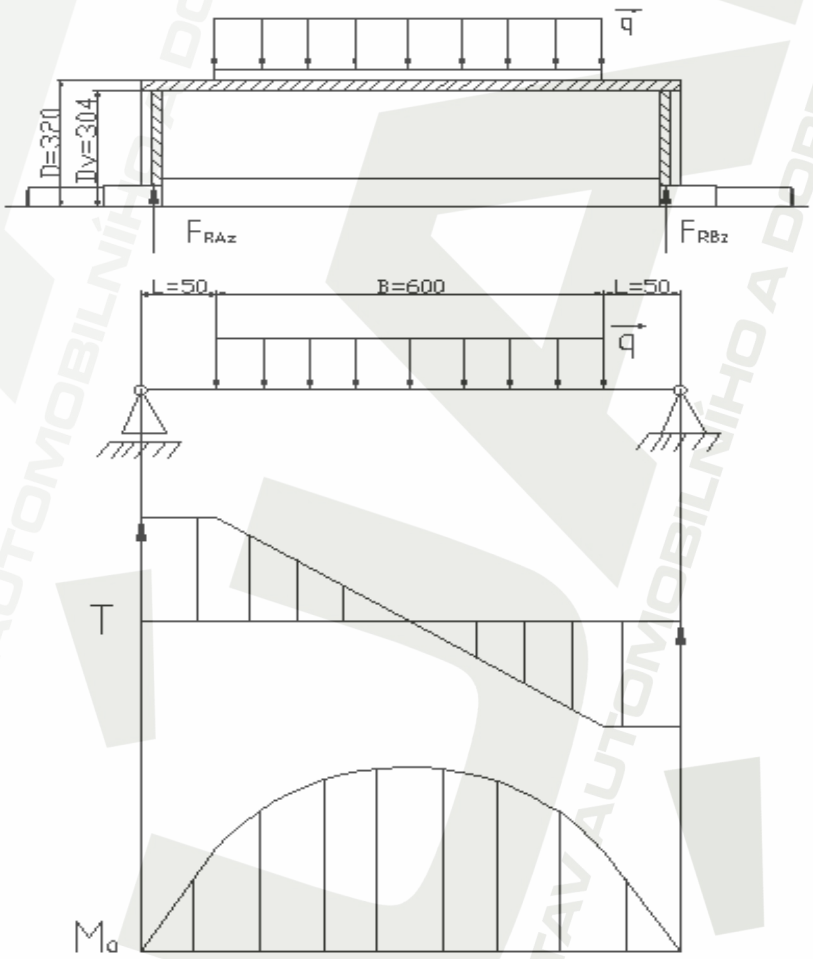
4.1.1. Spojité zatížení

$$q = \frac{F_V}{B}$$

$$q = \frac{9410{,}66}{0{,}5} \tag{4.1}$$

$$q = 18821{,}32\,N$$

4.1.2. Určení průběhu VVU



4.1.3. Výpočet reakcí F_{RAz}, F_{RBz}

$$\sum M_{Ay} : F_{RBz} \cdot (B + 2L) - q \cdot B \cdot \left(\frac{(B + 2L)}{2} \right) = 0 \tag{4.2}$$

$$F_{RBz} = \frac{q \cdot B \cdot (B + 2L)}{2 \cdot (B + 2L)}$$

$$F_{RBz} = \frac{F_V}{2} \tag{4.3}$$

$$F_{RBz} = \frac{9411}{2}$$

$$F_{RBz} = 4705N$$

$$\sum F_z : F_{RAz} + F_{RBz} - q \cdot B = 0 \tag{4.4}$$

$$F_{RAz} = -F_{RBz} + q \cdot B$$

$$F_{RAz} = -\frac{F_{\max}}{2} + \frac{F_{\max}}{B} \cdot B$$

$$F_{RAz} = -\frac{F_{\max}}{2} + F_{\max} \tag{4.5}$$

$$F_{RAz} = \frac{9411}{2}$$

$$F_{RAz} = 4705N$$

4.1.4. Výpočet maximálního ohybového momentu

$$x_1 = 2 \cdot L + \frac{B}{2}$$

$$\sum F_z : -T_1 - q \cdot (x_1 - L) + F_{RAz} = 0 \tag{4.6}$$

$$T_1 = -q \cdot (x_1 - L) + F_{RAz}$$

$$T_1 = -\frac{F_{\max}}{B} \cdot (x_1 - L) + \frac{F_{\max}}{2}$$

$$T_1 = -\frac{F_{\max}}{B} \cdot \left(\frac{(B + 2L)}{2} - L \right) + \frac{F_{\max}}{2} \tag{4.7}$$

$$T_1 = -\frac{9411}{500} \cdot \left(\frac{600}{2} - 50 \right) + \frac{9411}{2}$$

$$T_0 = 0N$$

$$\sum M_y = M_{OI} - F_{RAz} \cdot x_1 + \int_0^{x_1 - A} q \cdot x \cdot dx = 0 \tag{4.8}$$

$$M_{OI} = F_{RAz} \cdot x_1 - \frac{q}{2} \cdot (x_1 - L)^2$$

$$M_{OI} = F_{RAz} \cdot \frac{(B+2L)}{2} - \frac{q}{2} \cdot \left(\frac{(B+2L)}{2} - L \right)^2$$

$$M_{OI} = \frac{F_{\max}}{2} \cdot \frac{(B+2L)}{2} - \frac{\frac{F_{\max}}{B}}{2} \cdot \left(\frac{(B+2L)}{2} - L \right)^2 \tag{4.9}$$

$$M_{OI} = \frac{9411}{2} \cdot \frac{600}{2} - \frac{\frac{9411}{500}}{2} \cdot \left(\frac{600}{2} - 50 \right)^2$$

$$M_{OI} = 823{,}5 N \cdot m$$

$$M_{O\max} = M_{OI}$$

$$M_{O\max} = 823{,}5 N \cdot m$$

4.1.5. Modul průřezu v ohybu

$$W_{OB} = \frac{\pi}{32 \cdot D} \cdot (D^4 - D_V^4)$$

$$W_{OB} = \frac{\pi}{32 \cdot D} \cdot (0{,}32^4 - 0{,}304^4) \tag{4.10}$$

$$W_{OB} = 6 \cdot 10^{-4} m^4$$

4.1.6. Maximální ohybové napětí na bubnu

$$\sigma_O = \frac{M_{O\max}}{W_{OB}}$$

$$\sigma_O = \frac{823{,}5}{6 \cdot 10^{-4}} \tag{4.11}$$

$$\sigma_O = 1{,}38 MPa$$

4.1.7. Bezpečnost bubnu v ohybu

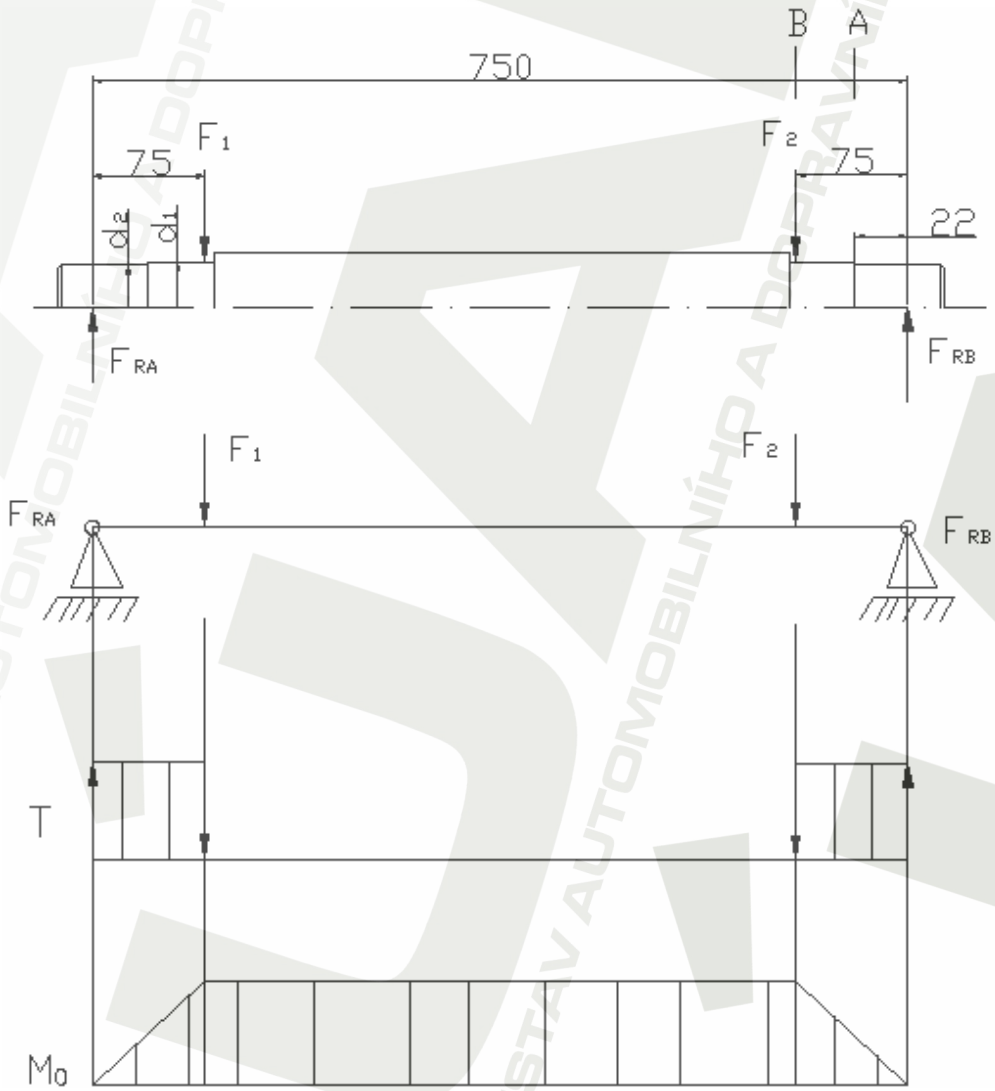
$$k_B = \frac{\sigma_{ODOV}}{\sigma_O}$$

$$k_B = \frac{130}{1{,}38} \qquad (4.12)$$

$$k_B = 94$$

- Pro výrobu bubnu zvolen materiál 11 353 dle [1] s dovoleným napětím v ohybu : σ_{ODOV} = 130 MPa

4.2. Pevnostní výpočet osy hnaného bubnu



4.2.1. Silové reakce v ose

$$F_1 = -F_{RAz}$$
$$F_1 = -4705N$$
$$F_2 = -F_{RBz} \tag{4.13}$$
$$F_2 = -4705N$$

$$\sum T = 0 \tag{4.14}$$
$$F_{RA} - F_1 - F_2 + F_{RB} = 0$$

$$\sum M_{OA} = 0 \tag{4.15}$$
$$F_1 \cdot 0{,}075 + F_2\, 0{,}675 + F_{RB}\, 0{,}75 = 0$$
$$F_{RB} = \frac{F_1 \cdot 0{,}075 + F_2\, 0{,}675}{0{,}75} \tag{4.16}$$
$$F_{RB} = 4705N$$
$$F_{RA} = 4705 + 4705_2 + 4705$$
$$F_{RA} = 4705N$$

4.2.2. Kontrola hřídele v místě B kde je největší moment

$$\sigma_{OB} = \frac{M_{O\max}}{W_{Od1}}$$
$$\sigma_{OB} = \frac{F_{RB} \cdot 0{,}075}{0{,}034} \tag{4.17}$$
$$\sigma_{OB} = 10{,}4MPa$$

4.2.3. Modul průřezu v ohybu v místě B

$$W_{Od1} = \frac{\pi \cdot d_1^3}{32}$$
$$W_{Od1} = \frac{\pi \cdot 0{,}07^3}{32} \tag{4.18}$$
$$W_{Od1} = 3{,}4 \cdot 10^{-5} m^3$$

4.2.4. Kontrola hřídele v místě A průřez je nejmenší

$$\sigma_{OA} = \frac{M_{OA}}{W_{Od2}}$$

$$\sigma_{OA} = \frac{F_{RB} \cdot 0{,}022}{2{,}7 \cdot 10^{-5}} \tag{4.19}$$

$$\sigma_{OA} = 3{,}84 MPa$$

4.2.5. Modul průřezu v ohybu v místě B

$$W_{Od2} = \frac{\pi \cdot d_2^3}{32}$$

$$W_{Od2} = \frac{\pi \cdot 0{,}065^3}{32} \tag{4.20}$$

$$W_{Od2} = 2{,}7 \cdot 10^{-5} m^3$$

4.2.6. Bezpečnost osy bubnu v ohybu:

$$k_H = \frac{\sigma_{ODOV}}{\sigma_{OB}}$$

$$k_H = \frac{130}{3{,}84} \tag{4.21}$$

$$k_H = 34$$

- Pro výrobu osy byl zvolen materiál 11 373 dle [1] s dovoleným napětím v ohybu : σ_{ODOV} = 130 MPa

5. ZÁVĚR

Podle zadaných parametrů byla navržená konstrukce dopravníku, pro stavební drť. Byl proveden funkční výpočet a pevnostní kontrola pláště a osy bubnu. Z výsledných hodnot je zřejmé, že obě součástí vyhovují.

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

6.1. SEZNAM POUŽITÉ LITERATŮRY

[1] LEINVEBER, , Jaroslav; VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky 4. doplněné vydání. Praha 6: Tiskárna Úvahy s.r.o., 2008, 914 s, ISBN 978– 8– 736– 05– 7

[2] Norma ČSN ISO 5048: 1994. Zařízení pro plynulou dopravu nákladů – Pásové dopravníky s nosnými válečky – Výpočet výkonu a tahových sil. Praha: Český normalizační institut, 1993. 16 s.

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

6.2. SEZNAM WEBOVÝCH STRÁNEK

[4] Katalog dopravních pásů GUMEX, s.r.o., http://www.gumex.cz/cz/dopravnikove_pasy/DOPRAVNIKOVEPASY---PRYZOVE/7/0

[5] Katalog válečkových stolic TRANZA, a.s., WWW: http://www.tranza.cz/content/TRANZA_IdlersEn.pdf

[6] Katalog elektrobubnu Interoll TM 323 Serie 6300 http://www.interroll.com/document_show.cfm/BD%20320%20PDF?wm=c%28961%29cl%252

[7] Katalog úchytů elektrububnu Interoll, http://www.interroll.com/document_show.cfm/BH%5Fbeltdrives%5Fsummary%5Fen?wm=c %28481%29cl%282%29cv%28200305120800%29&ext=.*

[8] Čistič pásu HOSCH typ B. http://www.vvvmost.cz/sterace-dopravnich-pasu-hosch/

[9] Ložiskový domek pro hnaný buben T.E.A. TECHNIK s.r.o. http://www.teatechnik.cz/katalog/ozubeni-prevody/celni-ozubena-kola/nerezova/

7. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Symbol	Název	Jednotka
a	Rozteč horních válečkových stolic	m
a_u	Rozteč dolních válečkových stolic	m
A	Plocha stěrače pásu	m
b	Ložná šířka pásu	m^2
b_1	Světlá šířka bočního vedení	m
B	Šířka dopravního pásu	m
d	Tloušťka pásu	m
d_1	Průměr hřídele v místě čela	m
d_2	Průměr hřídele v místě uložení ložiskového domku	m
D	Vnější průměr pláště bubnu	m
D_V	Vnitřní průměr pláště bubnu	m
e	Základ přirozeného logaritmu	-
f	Globální součinitel tření	-
F_1	Reakční síla působící na osu	N
F_2	Reakční síla působící na osu	N
$F_{2\,min}$	Obvodová síly na poháněcím bubnu	N
F_{ba}	Hlavní odpory	N
F_{Dp}	Dovolená síla v pásu	N
F_{max}	Největší tahová síla v pásu	N
F_{min}	Tahová síla v pásu pro horní větev	N
F_{N1}	Síla v nosné větvi	N
F_{N2}	Síla ve vratné větvi	N
F_O	Síla odporu pásu na bubnech	N
F_P	Maximální síla na 1 mm pásu	N / mm
F_r	Odpor čističe pásu	N
F_{RA}	Reakce v bodě A osy	N
F_{RB}	Reakce v bodě A osy	N
F_{RAz}	Reakce v bodě A bubnu	N
F_{RBz}	Reakce v bodě B bubnu	N

F_S	Síla odporu vychýlení horních válečků	N
F_T	Síla odporu v ložiskách bubnu	N
F_U	Potřebná obvodová síla poháněcího bubnu	N
F_V	Výsledná síla	N
g	Tíhové zrychlení	m / s^2
H	Dopravní výška	m
$(h/a)_{adm}$	Dovolený relativní průvěs pásu mezi válečkovými stolicemi	-
I_m	Hmotnostní dopravní výkon	kg / h
I_V	Objemový dopravní výkon	m^3 / s
k	Součinitel sklonu	-
k_1	Součinitel korekce průřezu vrchlíku náplně	-
k_B	Bezpečnost v ohybu bubnu	-
k_h	Bezpečnost v ohybu hřídele	-
l	Délka bočního vedení	m
l_b	Urychlovací délka	m
$l_{b\,\min}$	Minimální urychlovací délka	m
L	Délka mezi okrajem pásu a okrajem bubnu	m
M_O	Ohybový moment	Nm
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

R_m	Pevnost pásu na 1 mm šířky	N / mm
S	Celková plocha náplně	m^2
S_1	Plocha horní části náplně	m^2
S_2	Plocha spodní části náplně	m^2
S_K	Korigovaná plocha průřezu dopravovaného materiálu	m^2
S_T	Teoreticky potřebná minimální plocha průřezu náplně	m^2
T	Posouvající síla	N
v	Rychlost pásu	m / s
v_o	Složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu	m / s
W_O	Průřezový modul v ohybu	m^3
α	Sypný úhel	°
δ	Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu	°
ε	Úhel vychýlení osy válečku vzhledem k rovině kolmé k podélné ose	°
η	Účinnost asynchronního motoru	-
σ_{DOV}	Dovolené napětí v ohybu	MPa
σ_O	Maximální ohybové napětí v bubnu	MPa
σ_{OA}	Maximální ohybové napětí v ose v místě A	MPa
σ_{OB}	Maximální ohybové napětí v ose v místě B	MPa
θ	Dynamický sypný úhel dopravované hmoty	°
λ	Úhel sklonu bočních válečků	°
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 čističem pásu	-
ξ	Součinitel rozběhu	-
φ	Úhel opásání poháněcího bubnu	rad
ρ	Sypná hmotnost dopravované hmoty	kg / m^3

8. SEZNAM PŘÍLOH

Pásový dopravník : B-3P23-000
Pásový dopravník - Seznam položek : B-3P23-000
Hnaný buben : C-3P23-M3
Pohon dopravníku : D-3P23-M1
Pohon dopravníku – Seznam položek : D-3P23-M1