

Anotace

Anotace závěrečné práce:

Cílem práce je konstrukční zpracování šnekového dopravníku dle zadání. Konstrukčním zpracováním je myšlen výpočet jeho hlavních částí a vytvoření jeho výkresové dokumentace. Hlavními částmi šnekového dopravníku jsou hřídel, šnekovice a žlab.

Abstrakt:

Purposes work is konstruktional processing worm conveyor according to setting. Constructional processing is thought calculation his feature and creation his graphical documentation. Feature worm conveyor they are schaft, helical and manger

Klíčová slova:

Dopravník, šnek, průměr, uložení, výkon motoru

Keywords:

Conveyer, spiral, worm, shaft, engine power

Bibliografická citace:

KOPULETÝ, M. *Šnekový dopravník drobného kameniva*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009.38 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.





VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji tímto, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně na základě uvedené literatury pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 15. června 2009

.....

podpis



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

PODĚKOVÁNÍ

Za odbornou pomoc při řešení problémů a získání cenných skutečností bych chtěl poděkovat Doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. a všem zaměstnancům VUT FSI v Brně a dalším těm, kteří mě podporovali.

.....

Podpis

Obsah:

1. Úvod.....	9
2. Konstrukční zpracování.....	10
2.1. Výpočet.....	10
2.1.1. Základní rozměry.....	10
2.1.1.1. Průměr šnekovice.....	11
2.1.1.2. Výkon motoru.....	15
2.1.1.3. Kroučící moment.....	16
2.1.1.4. Volba motoru.....	17
2.1.1.5. Volba spojky.....	17
2.1.1.6. Pero na válcovém konci hřídele šnekovice.....	18
2.1.1.7. Silové zatížení.....	18
2.1.1.7.1. Výpočet celkové hmotnosti.....	19
2.1.1.7.2. Výpočet radiální síly.....	19
2.1.1.7.3. Výpočet axiální síly.....	19
2.1.1.7.4. Výpočet liniového zatížení.....	21
2.1.1.8. Ohybový moment.....	21
2.1.1.9. Redukované napětí.....	22
2.1.1.10. Bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti.....	24
2.1.1.11. Maximální průhyb šneku.....	25
2.2. Uložení.....	26
2.2.1. Výpočet kluzných ložisek.....	27
2.2.2. Výpočet šroubu na střih.....	28
2.2.3. Valivá ložiska.....	29
2.2.3.1. Výpočet valivých ložisek.....	30
2.3. Žlab.....	31
3. Závěr.....	32



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

1. Úvod

Cílem bakalářské práce je vytvoření konstrukčního řešení šnekového dopravníku.

Šnekové dopravníky slouží k přemísťování sypkého materiálu, v šikmém a vodorovném směru. Základní rozdělení šnekového dopravníku určujeme podle jeho hlavní části, jíž je šnekovice. Podle šnekovice rozdělujeme šnekové dopravníky na pravotočivé, levotočivé, jednošnekové, dvoušnekové atd.

Podstatou šnekového dopravníku je síla kterou potřebujeme k přemísťování dopravovaných materiálů. Tato síla je vyvolávána otáčejícím se šnekem. Podmínkou pohybu je však tření mezi dopravovaným materiálem a stěnou žlabu, které musí být větší než tření materiálu o povrch šneku.

Šnekové dopravníky lze označit za velmi spolehlivé málo poruchové dopravní zařízení jímž lze přemísťovat jakýkoliv sypký materiál. Šnekové dopravníky se však nehodí pro dopravu lepkavých, hrubozrnných a silně abrazivních materiálů a to z důvodu poklesu životnosti šneku.

Naším úkolem je navrhnout dopravník, který by dopravoval množství 65t/hod kameniva s maximální zrnitostí 63mm do délky 20m a s převýšením 3,5m.

2. Konstrukční zpracování

Nejdůležitější částí šnekového dopravníku je šnek, který se skládá ze dvou základních dílů. Prvním dílem je hřídel, která může být vytvořena z plného materiálu, nebo z trubky. Druhým dílem šnekového dopravníku je šnekovice, která je vytvořena z plechu a o určitém stoupání omotávána kolem hřídel.

2.1. Výpočet

Pro výpočet platí normy ČSN ISO 1050 Šnekové dopravníky, ČSN ISO TR 9172 Bezpečnostní předpisy pro šnekové dopravníky.

Výpočtem určíme průměr D , otáčky n , výkon elektromotoru P a axiální sílu F_a

2.1.1. Základní rozměry

Základní vztahem ze kterého vycházím je vztah objemového dopravního výkonu [1].

$$Q_v = \frac{Q}{\gamma} \quad [\text{m}^3 \text{h}^{-1}] \quad (1)$$

Zadané hodnoty:

$$Q = 65\,000 \text{ [kg h}^{-1}\text{]}$$

$$\gamma = 1650 \text{ [kg m}^{-3}\text{]}$$

$$Q_v = \frac{65000}{1650} [\text{m}^3 \text{h}^{-1}] = 39,39 [\text{m}^3 \text{h}^{-1}]$$

Objemový dopravní výkon bude:

$$Q_v = 39,39 [\text{m}^3 \text{h}^{-1}]$$

2.1.1.1. Průměr šnekovice

Pomocí vztahu pro výpočet objemového dopravního výkonu určím průměr šneku. Vztah pro výpočet objemového dopravního výkonu určím dle literatury [1]

$$Q_v = 3600 \frac{\pi D^2}{4} s C_H n \psi \quad [\text{m}^3 \text{h}^{-1}] \quad (2)$$

Průměr, který zjistím z výpočtu daného vzorce upravím zaokrouhlením na nejbližší vyšší hodnotu, kterou si zvolím z řady vybraných čísel v příslušných normách [2].

Pro výpočet průměru si musím určit z norem [2] a podkladů, popř. vypočítat, zbývající veličiny, které budu do vzorce dosazovat.

Stoupaní volím podle norem a podkladů na přibližnou hodnotu, kterou určím z následujícího vzorce [1].

$$s \approx 0,8D \quad [\text{m}] \quad (3)$$

Vzhledem k tomu že vzorec pro určení hodnoty stoupaní obsahuje hodnotu, kterou mám vypočítat dosadíme do vzorce pro výpočet průměru šnekovice hodnotu 0,8D.

Hodnoty veličin, jimiž jsou otáčky šneku a součinitel plnění volím podle druhu přepravovaného materiálu a jeho vlastnostech.



Obr.1- Šnekovice

Základní vlastnosti materiálů	Příklad	ψ	n [ot.s ⁻¹]	v [m s ⁻¹]
Neabrazivní, lehký práškovitý	Uhelný prach	0,45	2 až 4	0,5
Neabrazivní zrnitý a práškovitý abrazivní	cement, písek, drobné uhlí	0,30	1 až 2	0,2 až 0,4
Velmi zrnitý a hrubě kusovitý	Koks, kamení	0,15	0,2 až 1	0,1

Tab.1 – Volba ψ , n , v dle vlastností materiálu – Zdroj [1]

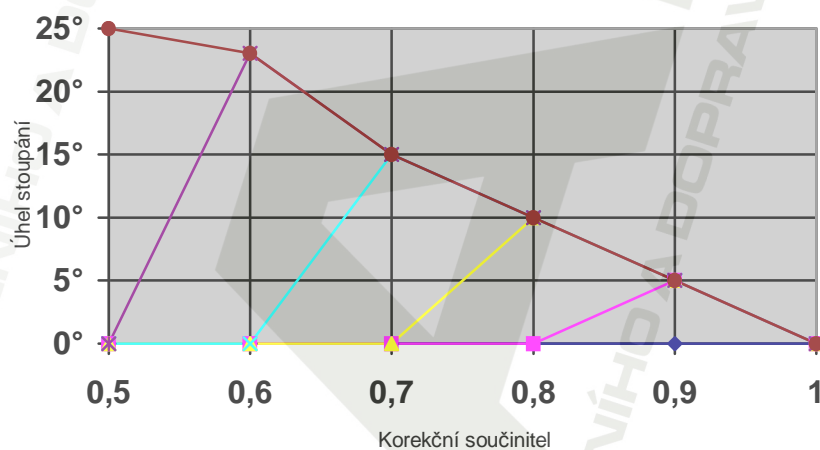
Podle této tabulky volíme:

$$n = 1 \text{ [ot.s}^{-1}\text{]}$$

$$\psi = 0,15 \text{ [-]}$$

Hodnotu součinitele snižující dopravované množství vzhledem ke sklonu dopravníku při dopravě vzhůru určují ze závislosti tohoto součinitele na úhlu sklonu šneku.

Graf pro zjištění korekčního součinitele



Tab.2-Graf pro zjištění korekčního součinitele – Zdroj [1]

Podle zadání šnekového dopravníku určím úhel sklonu dopravníku. Podle tohoto úhlu si z grafu vyčtem hodnotu korekčního součinitele C_H .

$$\sin \alpha = \frac{h}{L} \quad (4)$$

Zadané hodnoty:

$$h = 3,5 \text{ [m]}$$

$$L = 20 \text{ [m]}$$

$$\sin \alpha = \frac{3,5}{20} = 0,175 \Rightarrow \alpha = 10[^\circ]$$

Uhel sklonu dopravníku bude:

$$\alpha = 10[^\circ]$$

Po zjištění všech potřebných hodnot se dosadí do vzorce(1).

Zadané hodnoty:

$$Q_v = 39,39 \text{ [m}^3\text{h}^{-1}\text{]}$$

$$s = 0,8D \text{ [m]}$$

$$C_H = 0,8 \text{ [-]}$$

$$n = 1 \text{ [ot.s}^{-1}\text{]}$$

$$\psi = 0,15 \text{ [-]}$$

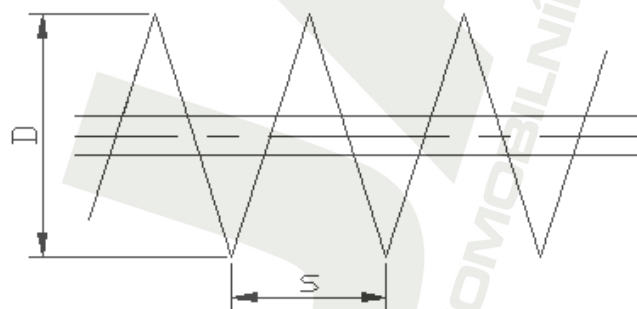
$$Q_v = 3600 \frac{\pi D^2}{4} s C_H n \psi \quad [\text{m}^3 \text{h}^{-1}] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{4Q_v}{3600\pi 0,8C_H n \psi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 39,39}{3600 \cdot \pi \cdot 0,8 \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot 0,8}} \text{ [m]} = 0,525 \text{ [m]}$$

Vzhledem k rozměrům a druhu přepravovaného materiálu musím vypočítaný průměr zvětšit a to na hodnotu $D = 640\text{mm}$. Tento rozměr si zvolím z norem [2] z řady vybraných čísel.

Průměr šnekovnice bude:

$$D = 0,640 \text{ [m]}$$



Obr.2 – Průměr šnekovnice a stoupaní

Podle průměru, který jsem určil z řady vybraných čísel přepočítám zpětně stoupaní a otáčky šneku.

$$s = 0,8D \text{ [m]}$$

$$s = 0,8 \cdot 0,640 [m] = 0,512 [m]$$

Stejně jako u výpočtu průměru i zde zvolím podle normy [2] z řady vybraných čísel a to nejbližší vyšší číslo.

$$\Rightarrow s = 0,640 [m]$$

Stoupání šnekovice bude:

$$s = 0,640 [m]$$

Šnekovice je vyráběna z materiálu 11 373. Je tvořena z plechu, který je tvářen za tepla do tvaru závitů. Takto přetvořené plechy se navařují na trubku, která tvoří osu šnekovice.

Pro přepočítání rychlosti použijí následující vzorec [1].

$$v = s \cdot n \quad [m \cdot s^{-1}] \quad (5)$$

Zadané hodnoty:

$$s = 0,640 [m]$$

$$n = 1 \text{ ot.} [s^{-1}]$$

$$v = s \cdot n \quad [m \cdot s^{-1}]$$

$$v = 0,640 \cdot 1 = 0,640 [m \cdot s^{-1}]$$

Převodní rychlost bude:

$$v = 0,640 [m \cdot s^{-1}]$$

Vzhledem k volbě stoupání a průměru šnekovice z vybraných čísel [2], provedu kontrolu výpočtu dopravního výkonu.

$$s = 0,640 [m]$$

$$C_H = 0,8 [-]$$

$$n = 1 [\text{ot.} \cdot s^{-1}]$$

$$\psi = 0,15 [-]$$

$$D = 0,640 [m]$$

$$Q_v = 3600 \frac{\pi D^2}{4} s C_H n \psi \quad [m^3 \cdot h^{-1}]$$

$$Q_v = 3600 \frac{\pi 0,64^2}{4} \cdot 0,64 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,15 \quad [\text{m}^3 \text{h}^{-1}]$$

$$Q_v = 89,03 \quad [\text{m}^3 \text{h}^{-1}]$$

Výsledek kontroly dopravního výkonu:

$$Q_v = 89,03 \quad [\text{m}^3 \text{h}^{-1}]$$

Z provedené kontroly dopravního výkonu mě vychází, že šnekový dopravník je schopen přepravit mnohonásobně více materiálu než je požadované množství. Zvolené hodnoty však ponechávám a to z ohledem na přepravovaný materiál.

2.1.1.2. Výkon motoru

Podle skutečných hodnot přepočítaných na velikost průměru, kterou jsem zvolil z řady vybraných čísel dle norem vypočítám výkon motoru. Pro výpočet použiji následující vzorec.

$$P = \frac{Q \cdot g}{3600} \cdot (l_v \cdot w \pm h) \quad [\text{W}] \quad (6)$$

Mimo hodnotu celkového součinitele odporu, který musím určit z tabulky, známe všechny hodnoty ze zadání.

Materiál	γ [kg m ⁻³]	w [-]	Materiál	γ [kg m ⁻³]	w [-]
Cement	1200	3,0	Piliny dřevěné	250 až 600	1,8
Cukr	750	3,5	Sádra	850	2,8
Grafit	350	2,0	Štěrk, kamení	1650	5,0
Chmel	560	2,3	Uhlí	900	3,0
Oves	500	2,0	Uhelný prach	800	2,3
Pšenice	750	2,3	Vápno hydrát	640	2,5

Tab.3 – Součinitel odporu – Zdroj [1]

Zadané hodnoty:

$$Q = 65000 \quad [\text{kg h}^{-1}]$$

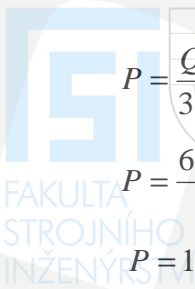
$$l_v = 19,69 \text{ [m]}$$

$$w = 5 \text{ [-]}$$

$$h = 3,5 \text{ [m]}$$



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



$$P = \frac{Q \cdot g}{3600} \cdot (l_v \cdot w \pm h) \text{ [W]}$$

$$P = \frac{65000 \cdot 9,98}{3600} \cdot (19,69 \cdot 5 \pm 3,5) \text{ [W]}$$

$$P = 18,04 \text{ [kW]}$$

Výsledné hodnoty:

$$P = 18,04 \text{ [kW]}$$

2.1.1.3. Kroučící moment

Z tohoto výpočtu stanovím potřebný kroučící moment na hřídeli šneku.

$$P = M_k \cdot \omega \text{ [W]} \Rightarrow M_k = \frac{P}{\omega} \text{ [Nm]} \quad (7)$$

Zadané hodnoty:

$$P = 18040 \text{ [W]}$$

$$\omega = 2\pi n \text{ [rad s}^{-1}\text{]}$$

$$n = 1 \text{ [ot. s}^{-1}\text{]}$$

$$M_k = \frac{P}{\omega} \text{ [Nm]}$$

$$M_k = \frac{18040}{2\pi \cdot 1} = 2872,6 \text{ [Nm]}$$

Výsledná hodnota kroučícího momentu je:

$$M_k = 2872,6 \text{ [Nm]}$$

2.1.1.4. Volba motoru

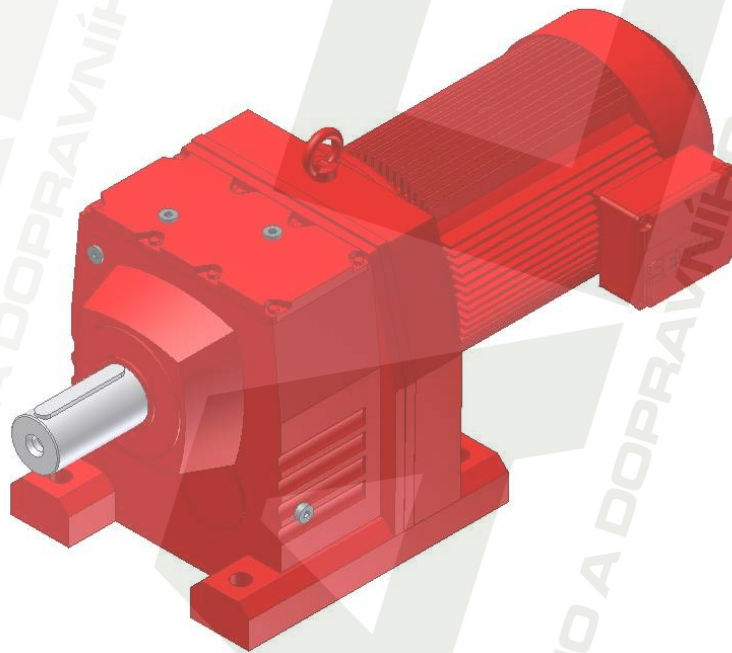
Z katalogu firmy SEW euro-drive [3] volím motor a převodovku s označením R137 DV180L4. Tento motor s převodovkou má tyto výkonnostní parametry:

$$P = 22 \text{ [kW]}$$

$$n = 60 \text{ [ot./min]}$$

$$M_k = 3\,450 \text{ [Nm]}$$

$$i = 24,12 \text{ [-]}$$



Obr.3-Motor a převodovka – Zdroj [3]

2.1.1.5. Volba spojky

Mezi výstupní hřídel motoru a výstupní hřídel šnekového dopravníku je vložena spojka.

Zvolil jsme [5] axiální čepovou spojku BKN 250/2 s těmito hlavními parametry:

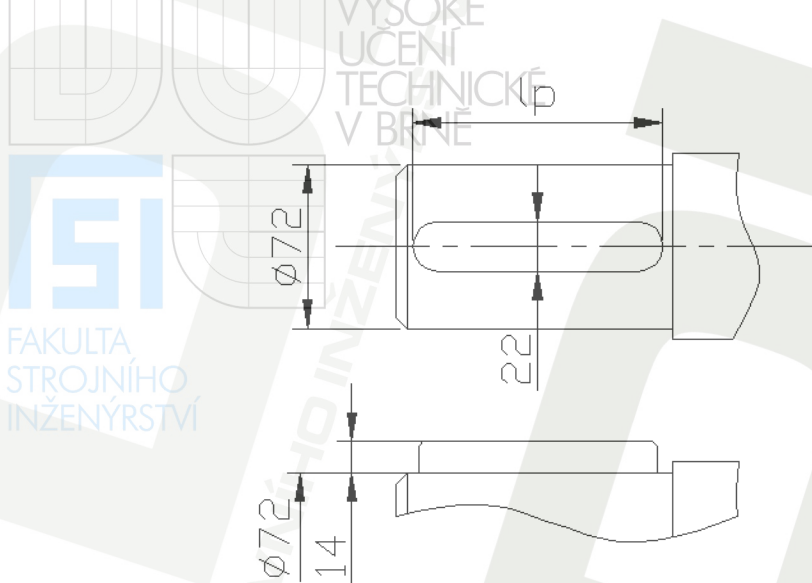
·jmenovitý přenášený kroutící moment $M_N=3200 \text{ [Nm]}$

·maximální provozní otáčky $n_{\max}=3600 \text{ [ot. min}^{-1}\text{]}$

·průměry hřídelů $d_{\min}=70 \text{ [mm]}$

$d_{\max}=90 \text{ [mm]}$

2.1.1.6. Pero na válcovém konci hřídele šnekovice:



Obr.4 – Pero na válcovém konci hřídele šnekovice

Zadané hodnoty:

$$M_K = 3450 \text{ [Nm]}$$

$$h_p = 14 \text{ [mm]}$$

$$p_D = 120 \text{ [MPa]}$$

$$d_h = 75 \text{ [mm]}$$

$$l_p = \frac{4 \cdot M_K}{h_p \cdot p_D \cdot d} \text{ [mm]} \quad (8)$$

$$l_p = \frac{4 \cdot 3450}{14 \cdot 120 \cdot 75} \text{ [mm]}$$

$$l_p = 0,109 \text{ [mm]}$$

Délka pera bude:

$$l_p = 0,109 \text{ [mm]}$$

2.1.1.7. Silové zatížení

Hřídel a šnekovice jsou namáhány radiální i axiální silou.

Radiální síla je vyvolána vlastní hmotností hřídele, šnekovice a přepravovaného materiálu a slouží k výpočtu liniového zatížení. Toto zatížení si určím pro vzdálenost 3m, což je vzdálenost mezi ložisky, v nichž je hřídel uložena.

Axiální síla je také vyvolána vlastní tíhou hřídele, šnekovice a přepravovaného materiálu. Musím k ní však připočíst sílu vyvolanou pohybem materiálu.

2.1.1.7.1. Výpočet celkové hmotnosti:

Do celkové hmotnosti zahrnuji hmotnost hřídele, šnekovice a přepravovaného materiálu. Z výkresové dokumentace je určeno (pro celý šnek délky 20m):

$$m_{tr} = 249,8 \text{ [kg]}$$

$$m_{\xi} = 1146 \text{ [kg]}$$

$$m_{mat} = 487,5 \text{ [kg]}$$

$$m_c = m_{tr} + m_{\xi} + m_{mat} \text{ [kg]} \quad (9)$$

$$m_c = 249,8 + 1146 + 487,5 \text{ [kg]}$$

$$m_c = 1883,3 \text{ [kg]}$$

Celková hmotnost bude:

$$m_c = 1883,3 \text{ [kg]}$$

2.1.1.7.2. Výpočet radiální síly:

Zadané hodnoty:

$$m_c = 1883,3 \text{ [kg]}$$

$$\alpha = 10 \text{ [}^\circ\text{]}$$

$$F_r = m \cdot g \cdot \cos \alpha \text{ [N]} \quad (10)$$

$$F_r = 1883,3 \cdot 9,8 \cdot \cos 10^\circ \text{ [N]}$$

$$F_r = 18175,9 \text{ [N]}$$

Radiální síla bude:

$$F_r = 18175,9 \text{ [N]}$$

2.1.1.7.3. Výpočet celkové axiální síly:

Axiální síla F_a je tvořena součtem axiální síly F_{am} vyvolanou celkovou hmotností a axiální silou F_{amat} vyvolanou účinky přepravovaného materiálu.

Axiální síla od hmotnosti šneku F_{am} :

Zadané hodnoty:

$$m_c = 1883,3 \text{ [kg]}$$

$$\alpha = 10 \text{ [}^\circ\text{]}$$

$$F_{am} = m \cdot g \cdot \sin \alpha \text{ [N]} \quad (11)$$

$$F_{am} = 1883,3 \cdot 9,8 \cdot \sin 10^\circ \text{ [N]}$$

$$F_{am} = 3204,9 \text{ [N]}$$

Axiální síla od hmotnosti šneku F_{am} bude:

$$F_{am} = 3204,9 \text{ [N]}$$

Axiální síla vyvolaná účinky přepravovaného materiálu F_{amat} :

Zadané hodnoty:

$$M_K = 3450 \text{ [Nm]}$$

$$\alpha = 10 \text{ [}^\circ\text{]}$$

$$R_s = 0,24 \text{ [m]}$$

$$\varphi = 22 \text{ [}^\circ\text{]}$$

$$F_{amat} = \frac{M_K}{R_s \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} \text{ [N]} \quad (12)$$

$$F_{amat} = \frac{3450}{0,24 \cdot \operatorname{tg} 32^\circ} \text{ [N]}$$

$$F_{amat} = 23004,8 \text{ [N]}$$

Axiální síla vyvolaná účinky přepravovaného materiálu F_{amat} bude:

$$F_{amat} = 23004,8 \text{ [N]}$$

Celková axiální síla F_a :

Zadané hodnoty:

$$F_{am} = 3204,9 \text{ [N]}$$

$$F_{amat} = 23004,8 \text{ [N]}$$

$$F_a = F_{am} + F_{amat} \text{ [N]} \quad (13)$$

$$F_a = 3204,9 + 23004,8 \text{ [N]}$$

$$F_a = 26209,7 \text{ [N]}$$

Celková axiální síla F_a bude:

$$F_a = 26209,7 \text{ [N]}$$

2.1.1.7.4. Výpočet liniového zatížení:

Liniové zatížení je způsobeno účinku radiální síly.

Zadané hodnoty:

$$F_r = 18175,9 \text{ [N]}$$

$$L = 20,0 \text{ [m]}$$

$$q = \frac{F}{L} \text{ [Nm}^{-1}\text{]} \quad (14)$$

$$q = \frac{18175,9}{20,0} \text{ [Nm}^{-1}\text{]}$$

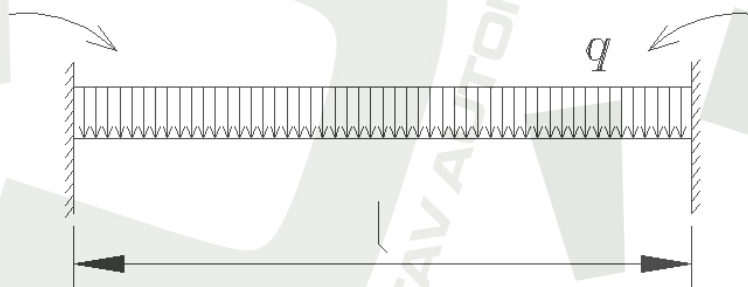
$$q = 908,8 \text{ [Nm}^{-1}\text{]}$$

Liniové zatížení bude:

$$q = 908,8 \text{ [Nm}^{-1}\text{]}$$

2.1.1.8. Ohybový moment na hřídeli

Ohybový moment vzniká působením liniového zatížení. Vzhledem k uložení počítám ohybový moment pro vzdálenost 3m, což je rozteč ložisek, a počítám jej zjednodušeně jako oboustranně vetknutý nosník.



Obr.5 - Liniové zatížení

Zadané hodnoty:

$$q = 908,8 \text{ [Nm}^{-1}\text{]}$$

$$l = 3,0 \text{ [m]}$$

$$M_o = \frac{q \cdot l^2}{12} \text{ [Nm]} \quad (9)$$

(15)

$$M_o = \frac{908,8 \cdot 3,0^2}{12} \text{ [Nm]}$$

$$M_o = 681,6 \text{ [Nm]}$$

Ohybový moment bude:

$$M_o = 681,6 \text{ [Nm]}$$

Modul průřezu v ohybu hřídele šneku:

$$W_o = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} \text{ [m}^3\text{]} \quad (16)$$

Zadané hodnoty:

$$D_{tr} = 0,102 \text{ [m]}$$

$$d_{tr} = 0,092 \text{ [m]}$$

$$W_o = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_{tr}^4 - d_{tr}^4}{D_{tr}} \text{ [m}^3\text{]}$$

$$W_o = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{0,102^4 - 0,092^4}{0,102} = 3,59 \cdot 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]}$$

Modul průřezu bude:

$$W_o = 3,59 \cdot 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]}$$

2.1.1.9.Redukované napětí

Redukované napětí je potřebné k vypočítání bezpečnosti vzhledem k meznímu stavu pružnosti. Redukované napětí se stanoví dle podmínky HMH.

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3\tau^2} [Mpa] \quad (17)$$

Pro výpočet si musím nejdříve vypočítat ohybové napětí σ_o a smykové napětí τ .

Ohybové napětí σ_o :

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} [Mpa] \quad (18)$$

Zadané hodnoty:

$$M_o = 681,6 [Nm]$$

$$W_o = 3,59 \cdot 10^{-5} [m^3]$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} [Mpa]$$

$$\sigma_o = \frac{681,6}{3,59 \cdot 10^{-5}} [Mpa]$$

$$\sigma_o = 17,5 [Mpa]$$

Ohybové napětí bude:

$$\sigma_o = 17,5 [Mpa]$$

Namáhání na krut τ_K .

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} [Mpa] \quad (19)$$

Modul průřezu v krutu hřídele šneku:

Zadané hodnoty:

$$D_{tr} = 0,102 [m]$$

$$d_{tr} = 0,092 [m]$$

$$W_K = \frac{D_{tr}^4 - d_{tr}^4}{D_{tr}} [m^3]$$

$$W_K = \frac{0,102^4 - 0,092^4}{0,102} [m^3]$$

$$W_K = 7,04 \cdot 10^{-5} [m^3]$$

Modul průřezu v krutu hřídele šneku bude:

$$W_K = 7,04 \cdot 10^{-5} [m^3]$$

Zadané hodnoty:

$$M_K = 3450 [Nm]$$

$$W_K = 7,04 \cdot 10^{-5} [m^3]$$

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} [Mpa]$$

$$\tau_K = \frac{3450}{7,04 \cdot 10^{-5}} [Mpa]$$

$$\tau_K = 48,99 [Mpa]$$

Smykové napětí bude:

$$\tau_K = 48,99 [Mpa]$$

Redukované napětí:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3\tau_K^2} [Mpa]$$

Zadané hodnoty:

$$\sigma_o = 17,5 [Mpa]$$

$$\tau_K = 48,99 [Mpa]$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3\tau_K^2} [Mpa]$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{17,5^2 + 3 \cdot 48,99^2} [Mpa]$$

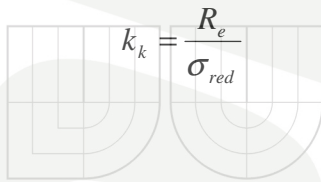
$$\sigma_{red} = 86,6 [Mpa]$$

Redukované napětí bude:

$$\sigma_{red} = 86,6 [Mpa]$$

2.1.1.10. Bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti

Bezpečnost počítám pro materiál 11 373, u kterého si z tabulek [4] volím minimální mez kluzu $R_e = 235 [Mpa]$.



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

(20)

Zadané hodnoty:

$$R_e = 235 \text{ [Mpa]}$$

$$\sigma_{red} = 86,6 \text{ [Mpa]}$$

$$k_k = \frac{R_e}{\sigma_{red}} \text{ [-]}$$

$$k_k = \frac{235}{86,6} \text{ [-]}$$

$$k_k = 2,7 \text{ [-]}$$

Bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti bude:

$$k_k = 2,7 \text{ [-]}$$

2.1.1.11. Maximální průhyb šneku

$$j = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \text{ [m]}$$

(21)

Zadané hodnoty:

$$q = 908,8 \text{ [Nm}^{-1}\text{]}$$

$$l = 3 \text{ [m]}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ [-]}$$

$$I = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^4\text{]}$$

$$j = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \text{ [m]}$$

$$j = \frac{908,8 \cdot 3^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 8,2 \cdot 10^{-3}} \text{ [m]}$$

$$j = 11,1 \cdot 10^{-8} \text{ [m]}$$

Maximální průhyb bude:

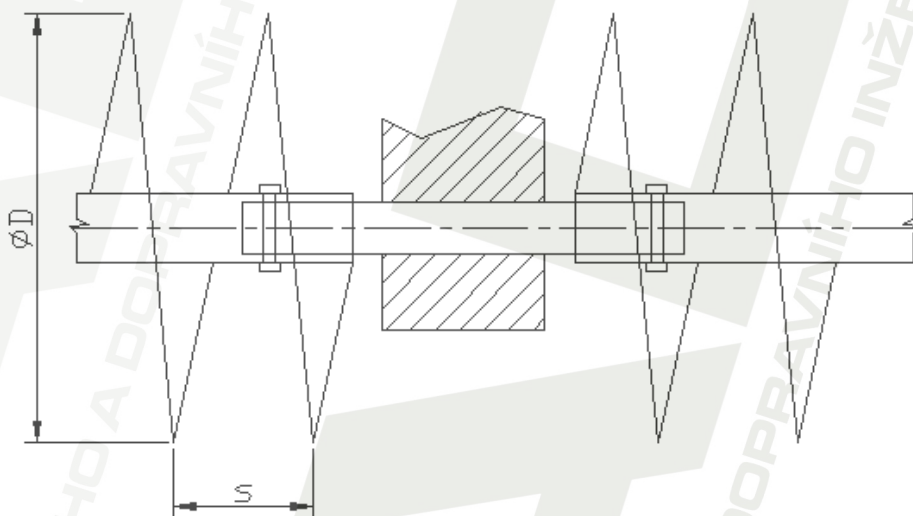
$$j = 11,1 \cdot 10^{-8} \text{ [m]}$$

Maximální průhyb je tak malý že jej mohu v konstrukci zanedbat.

2.2. Uložení:

Vzhledem k délce šnekového dopravníku musím vodící hřídel průběžně uložit na kluzná ložiska.

Podle literatury [1] a norem [2] provedu uložení vždy po délce 3 metrů. U těchto ložisek musím vzhledem k prostředí kde ložiska pracují zajistit mazání.



Obr.6 – Uložení hřídele

Kluzná ložiska, která jsou použita pro průběžné uložení šnekovice musím zkontrolovat na otláčení.

K této kontrole musím vypočítat radiální sílu, která působí na jedno ložisko.

Zjednodušeně lze velikost radiální síly na jedno ložisko určit ze vstahu:

$$F = \frac{F_r}{8} \text{ [N]} \quad (22)$$

Zadané hodnoty:

$$F_r = 18175,9 \text{ [N]}$$

$$F = \frac{F_r}{8} \text{ [N]}$$

$$F = \frac{18175,9}{8} \text{ [N]}$$

$$F = 2272 \text{ N}$$

Radiální síla na jedno ložisko bude:

$$F = 2272 \text{ [N]}$$

Po výpočtu potřebné síly mohou přistoupit k samotné kontrole ložiska.

Kluzná ložiska jsou vyrobená z bronzu. tzn., že mají tyto vlastnosti.

$p_{\max} = 50 \text{ MPa}$, rychlost do $v = 6 \text{ m/s}$, teplota do 250°C .

Při použití těchto ložisek musí mít hřídel minimální tvrdost 250HB

2.2.1. Výpočet kluzných ložisek:

Délka ložiska:

$$\lambda = \frac{l_L}{d} \Rightarrow l_L = \lambda \cdot d \text{ [m]} \quad (23)$$

Zadané hodnoty:

$$\lambda = 0,5 \text{ [-]}$$

$$d = 0,095 \text{ [m]}$$

$$\lambda = \frac{l_L}{d} \Rightarrow l_L = \lambda \cdot d \text{ [m]}$$

$$l_L = 0,5 \cdot 0,095 \text{ [m]}$$

$$l_L = 0,048 \text{ [m]}$$

Délka ložiska bude:

$$l_L = 0,048 \text{ [m]}$$

Otlačení:

Výpočet tlaku na plochu ložiska, který nesmí být větší než tlak, který toto ložisko snese.

$$p = \frac{F}{S} \leq p_D \text{ [MPa]} \quad (24)$$

Zadané hodnoty:

$$F = 2272 \text{ [N]}$$

$$l_L = 0,048 \text{ [m]}$$

$$d = 95 \text{ [mm]}$$

$$p_D = 50 \text{ MPa}$$

$$p = \frac{F}{S} \leq p_D \text{ [MPa]}$$

$$p = \frac{F}{d \cdot l_L} \text{ [MPa]}$$

$$p = \frac{2272}{95 \cdot 48} \text{ [MPa]}$$

$$p = 0,5 \text{ [MPa]}$$

Tlak na plochu ložiska bude:

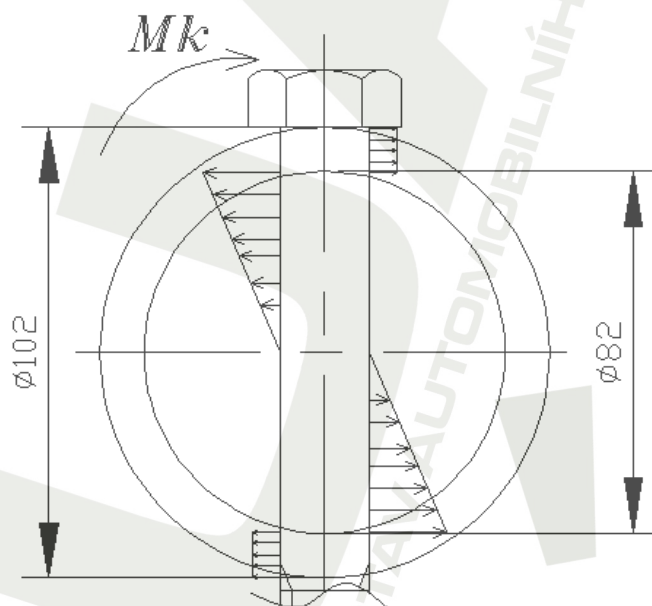
$$p = 0,5 \text{ [MPa]}$$

Vzhledem k velikosti maximálního dovoleného tlaku je ložisko několika násobně předimenzováno. Ložisko nám zde slouží jako podpěrný prvek, který má zamezit průhybu hřídele.

V místech kde jsou umístěna průběžná kluzná ložiska musí být hřídel dělená. Toto dělení si provádí kvůli montáži šnekovice do žlabu. Ve spoji, který je proveden pomocí šroubů dochází k namáhání na střih. Pro spoj bude použit šroub s dříkem a s korunovou maticí, která bude zajištěna pomocí závlačky.

2.2.2. Výpočet šroubů na střih:

$$\tau = \frac{F_s}{S} \leq \tau_D \quad (25)$$



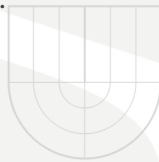
Obr.7 – Kontrola šroubů na střih

Síla v místě stříhu:

Zadané hodnoty:

$$d_{tr} = 0,092 \text{ [MPa]}$$

$$M_K = 3450 \text{ [N]}$$



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

ISI
FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

$$M_K = F_S \cdot \frac{d_{tr}}{2} \text{ [Nm]} \Rightarrow (26)$$

$$F_S = \frac{2 \cdot M_K}{d_{tr}} \text{ [N]}$$

$$F_S = \frac{2 \cdot 3450}{0,092} \text{ [N]}$$

$$F_S = 84146,3 \text{ [N]}$$

Průměr šroubů:

Zadané hodnoty:

$$\tau_D = 150 \text{ [MPa]}$$

$$F_S = 84146,3 \text{ [N]}$$

$$\tau = \frac{F_S}{S} \leq \tau_D \text{ [MPa]} \Rightarrow$$

$$d = \sqrt{\frac{4F_S}{2 \cdot \pi \cdot \tau_D}} \text{ [MPa]}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 84146,3}{2 \cdot \pi \cdot 150}} \text{ [mm]}$$

$$d = 18,89 \text{ [mm]}$$

Průměr šroubů bude:

$$d = 18,89 \text{ [mm]}$$

Podle vypočítaného průměru volíme pro spoj šnekovice šroub M20x140 ČSN 021111-08

2.2.3. Valivá ložiska:

Šnekový dopravník je uložen na ložiscích mimo žlab. Vzhledem ke směru působení axiální síly a sklonu dopravníku, volíme pro zachycení axiální síly kuželíkové ložisko 30217 ČSN 02 4720 umístěné ve spodní části (na straně motoru).

2.2.3.1. Výpočet valivých ložisek:

Valivá ložiska kontroluji na základní hodinovou trvanlivost.

$$L_h = \frac{16666}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e} \right)^{\frac{10}{3}} \quad (27)$$

Zadané hodnoty:

$$n = 60 \text{ [ot. min}^{-1}\text{]}$$

$$p = 10/3 \text{ [-]}$$

$$F = 2272 \text{ [N]}$$

$$F_a = 26209,7 \text{ [N]}$$

$$X = 0,4 \text{ [-]}$$

$$Y = 0,69 \text{ [-]}$$

Abych mohl vypočítat základní hodinovou trvanlivost, musím nejdříve vypočítat dynamické ekvivalentní zatížení.

$$F_e = X \cdot F + Y \cdot F_a \text{ [N]} \quad (28)$$

$$F_e = 0,4 \cdot 2272 + 0,69 \cdot 26209,7 \text{ [N]}$$

$$F_e = 18993,5 \text{ [N]}$$

Dynamické ekvivalentní zatížení bude:

$$F_e = 18993,5 \text{ [N]}$$

$$L_h = \frac{16666}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e} \right)^{\frac{10}{3}} \text{ [hod]}$$

$$L_h = \frac{16666}{60} \cdot \left(\frac{110000}{18993,5} \right)^{\frac{10}{3}} \text{ [hod]}$$

$$L_h = 0,97 \cdot 10^5 \text{ [hod]}$$

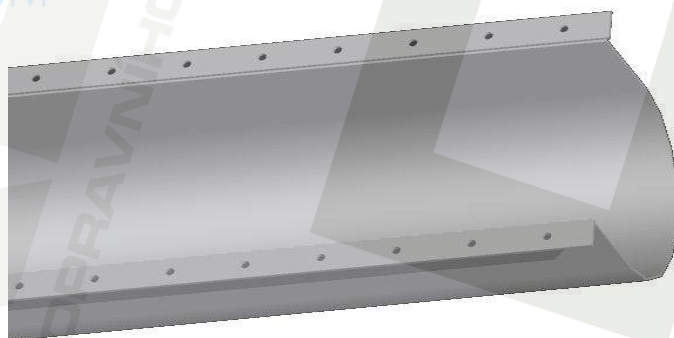
Základní hodinová trvanlivost bude:

$$L_h = 0,97 \cdot 10^5 \text{ [hod]}$$

2.3. Žlab:

Žlab je součástí šnekového dopravníku a tvoří kolem šnekovice plechové koryto kterým je veden přepravovaný materiál. Jeho velikost závisí na velikosti šnekovice a dopravovaném materiálu.

Žlab, jak již bylo uvedeno, má tvar koryta a na jeho horní otevřené části jsou jeho okraje vyhnuty ven. Tyto to vyhnuté části slouží k připevnění víka žlabu ale také plní funkci výstužného prvku žlabu.

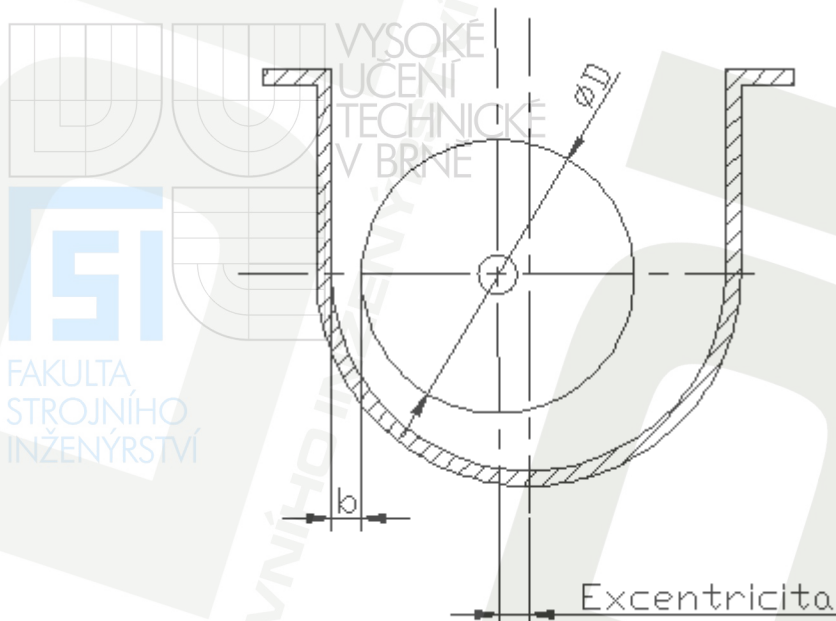


Obr.8 - Žlab

Žlab závisí také na délce šnekového dopravníku, protože vzhledem k možnostem výroby a požadavkům určité přesnosti a také k dostupnosti velikosti materiálu musím žlab jako celek rozdělit na části. Velikost těchto částí se většinou volí 1,5 až 6 m.

V mém případě, kdy je délka šnekového dopravníku 20 m, rozdělím žlab rovnoměrně na 4 díly.

Žlab také musím vyrobit v požadované šířce a to v závislosti na velikosti průměru šnekovice a na přesnosti výroby ale také na velikosti přepravovaného materiálu. Mezi žlabem a šnekem tak vzniká mezera jejíž velikost se obvykle volí 5 mm a výše. V našem případě s ohledem na výše uvedené podmínky volby šířky mezery mezi žlabem a šnekovicí a v závislosti na přepravovaném materiálu volím excentrické uložení, což znamená že na jedné straně je větší mezera než na druhé viz Obr.6. Velikost malé mezery je 5mm a velikost větší mezery je 15mm.



Obr.9 - Excentricita

3. Závěr:

Šnekový dopravník vyrobený dle výše navrženého konstrukčního zpracování poslouží požadovanému účelu a splní všechny požadavky. Podpěrná ocelová konstrukce, která je navržena na sestavě šnekového dopravníku, je pouze návrh a není doložena výpočtem, protože přesahuje rozsah bakalářské práce.

Vzhledem k přepravovanému materiálu je vhodnější použít pásový dopravník, který tyto požadavky splní také, a který není tak náročný na výkon pohonu a je mnohem tišší.



Seznam použité literatury:

[1] Gajdůšek, J., Škopán, M.: Teorie dopravníků a manipulačních zařízení, skripta VUT Brno

[2] ČSN ISO 1050 Zařízení pro plynulou dopravu nákladů

[3] Katalog firmy SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG, 2008.

<http://www.sew-eurodrive.cz>

[4] LEINWEBER J., VÁVRA P.: Strojnické tabulky. 1.vyd. Úvaly: ALBRA, 2003. 865s.
ISBN 80-86490-74-2

[5] Oficiální stránky Elprim - tech s.r.o

<http://www.elprim.cz>

Seznam tabulek a obrázků:



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

Tabulky:

Tab.1 – Volba ψ , n , v dle vlastností materiálu

Tab.2 – Graf pro zjištění korekčního součinitele

Tab.3 – Součinitel odporu

Obrázky:

Obr.1 – Šnekovice

Obr.2 – Průměr šnekovice a stoupání

Obr.3 – Motor a převodovka

Obr.4 – Pero na válcovém konci hřídele šnekovice

Obr.5 – Liniové zatížení

Obr.6 – Uložení hřídele

Obr.7 – Kontrola šroubu na stříh

Obr.8 – Žlab

Obr.9 – Excentricita

Seznam použitých zkratek:

Označení veličiny	Název	Jednotka
δ	počet ložisek	[-]
a	mocnitel dle druhu ložiska	[-]
b	vůle mezi šnekovicí žlabem	[m]
C	základní dynamická únosnost	[N]
C_H	součinitel pro snížení dopravního množství vzhledem ke sklonu dopravníku	[-]
D	průměr šnekovice	[m]
d	vnitřní průměr ložiska	[m]
d_{ζ}	průměr čepu	[m]
d_h	průměr válcového konce hřídele	[m]
d_{ξ}	průměr šroubu	[m]
D_{tr}	vnější průměr trubky	[m]
d_{tr}	vnitřní průměr trubky	[m]
E	modul pružnosti v tahu	[MPa]
F	radiální síla působící na jedno ložisko	[N]
F_a	axiální síla	[N]
F_{am}	axiální síla vyvolaná celkovou hmotností	[N]
F_{amat}	axiální síla vyvolaná pohybem přepravovaného materiálu	[N]
F_e	dynamické ekvivalentní zatížení	[N]
F_r	radiální síla	[N]
F_S	síla v místě stříhu	[N]
F_t	třecí síla	[N]
g	tíhové zrychlení	[m s ⁻²]
h	dopravní výška	[m]
h_P	výška pera	[m]
i	převodový poměr	[-]
I	kvadratický moment průřezu	[m ⁴]

j	průhyb	[m]
K_k	bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti	[-]
L	délka šneku	[m]
l	rozteč ložisek	[m]
L_h	základní hodinová trvanlivost	[hod]
l_L	délka ložiska	[m]
l_p	délka pera	[m]
l_v	vodorovná dopravní vzdálenost	[m]
m_c	celková hmotnost	[kg]
M_k	kroutící moment	[Nm]
m_{mat}	hmotnost materiálu	[kg]
M_o	ohybový moment	[Nm]
m_ξ	hmotnost šnekovice	[kg]
m_{tr}	hmotnost trubky	[kg]
n	otáčky šneku	[ot s ⁻¹]
P	výkon motoru	[W]
p	tlak na ložisko	[Pa]
Q	dopravní výkon	[kg h ⁻¹]
q	liniové zatížení	[N m ⁻¹]
Q_v	objemový dopravní výkon	[m ³ h ⁻¹]
R_e	mez kluzu	[MPa]
R_s	účinný poloměr šnekovice	[m]
s	stoupání šnekovice	[m]
S	plocha stříhu	[m ²]
v	přepravní rychlost	[m s ⁻¹]
v_ξ	obvodová rychlost čepu	[m s ⁻¹]
w	celkový součinitel odporu	[-]
W_K	modul průřezu v krutu hřídele šneku	[m ³]
W_o	modul průřezu	[m ³]
α	úhel sklonu šneku	[°]
γ	sypná objemová hmotnost dopravovaného materiálu	[kg m ⁻³]
σ_o	ohybové napětí	[MPa]

σ_{red}	redukované napětí	[MPa]
τ, τ_D	smykové napětí, dovolená hodnota napětí	[MPa]
φ	třecí úhel mezi materiálem a šnekem	[°]
ψ	součinitel plnění	[-]
ω	úhlová rychlost	[rad s ⁻¹]

Seznam příloh:

- 1) Sestava šnekového dopravníku + kusovník
- 2) Sestava uložení hřídele + kusovník
- 3) Svařovací sestava šnekovice + kusovník

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ