

Dopravník betonových směsí

Josef Trčka

Bakalářská práce
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

nascannované zadání s. 1

nascannované zadání s. 2

ABSTRAKT

V této bakalářské práci jsem nejdříve vypracoval teoretický základ problematiky šnekových dopravníků. Dále jsem řešil úpravu konkrétního šnekového dopravníku pro společnost TAŠ-STAPPA beton spol. s r.o. Zlín, která se zabývá výrobou a přepravou betonových směsí. Nakonec jsem se podílel na návrhu úpravy daného šnekového dopravníku.

Klíčová slova: problematika, šnekový dopravník, společnost, betonové směsi

ABSTRACT

First I worked out theoretical basic of a screw-gibbon conveyer. In my thesis afterthat, solved concrete type of the screw gibbon conveyer for the company TAŠ-STAPPA beton spol. s r.o. Zlín, who engage in manufacturing and conveying cement. Finally I participated in creation the screw-gibbon conveyer project.

Keywords: problems, screw-gibbon conveyer, company, cement

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Františku Volkovi CSc. za odborné vedení bakalářské práce, cenné rady a připomínky při jejím vypracovávání.

Dále děkuji Ing. Milanu Zahradníčkovi ze společnosti SILOsystem za poskytnutí materiálů a cenných rad, panu Ing. Ludvíku Pískovi ze společnosti Kovos za pomoc při řešení praktické části.

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 ZÁKLADNÍ DRUHY ŠNEKOVÝCH DOPRAVNÍKŮ.....	10
1.1 ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK TRUBKOVÝ.....	10
1.2 ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK ŽLABOVÝ	10
1.3 ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK BEZOSÝ	10
1.4 ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK S HYDROPOHONEM.....	11
1.5 ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK VYBÍRACÍ.....	11
1.6 ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK ŠTĚPKY	12
2 TRUBKOVÉ ŠNEKOVÉ DOPRAVNÍKY - DÁVKOVACÍ.....	13
2.1 POUŽITÍ	13
2.2 VYRÁBĚNÉ VELIKOSTI.....	13
2.3 DOPRAVNÍ VÝKON	14
2.3.1 Volba materiálů šnekovice.....	14
2.3.2 Otáčky šnekového dopravníku.....	14
2.3.3 Součinitel plnění šnekového dopravníku	17
2.4 VÝPOČET VELIKOSTI ELEKTROMOTORU	18
2.4.1 Součinitel vlečného odporu.....	18
2.5 VÝPOČET SIL DO LOŽISKA	19
2.5.1 Pro výpočet sil na šnekovém dopravníku jsou použity výpočtové vztahy :	20
2.5.1.1 Výkon elektromotoru.....	20
2.5.1.2 Úhlová rychlost.....	20
2.5.1.3 Střední průměr lamely šnekového dopravníku	20
2.5.1.4 Úhel stoupání šnekovice	21
2.5.1.5 Kolmá síla F.....	21
2.5.1.6 Posouvající síla FA	21
2.5.1.7 Třecí úhel	22
2.6 PRŮHYB TRUBKOVÉ HŘÍDELE	24
2.6.1 Výpočet průhybu hřídele.....	25
2.6.1.1 Reakce do podpěr.....	25
2.6.1.2 Maximální kroutící moment	26
2.6.1.3 Maximální průhyb.....	26
2.6.1.4 Plošný moment setrvačnosti	26
2.6.2 Střední hodnoty E, G u některých materiálů (při normální teplotě)	27
2.7 ŠNEKOVÉ DOPRAVNÍKY VODOROVNÉ	28
2.7.1 Názvosloví a značky	28
2.8 ZHODNOCENÍ POZNATKŮ A VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32

3	PARAMETRY ŠNEKOVÉHO DOPRAVNÍKU.....	33
3.1	VŠEOBECNĚ.....	33
3.1.1	Volba materiálů šnekovice.....	34
3.1.2	Otáčky šnekového dopravníku.....	34
3.1.3	Součinitel plnění šnekového dopravníku.....	34
3.1.4	Povrchová úprava dopravníku.....	34
3.2	PRŮHYB TRUBKOVÉ HŘÍDELE.....	35
3.2.1	Výpočet základních údajů.....	35
3.2.2	Schéma výpočtu úpravy šnekového dopravníku.....	36
3.2.3	Úprava délky šnekového dopravníku.....	39
3.2.4	Návrh meziložiska.....	39
3.2.5	Návrh pouzdra na ukončení šnekovice a labyrintu ve spojce.....	39
3.2.6	Vyřešení vibrační spojky.....	39
3.2.7	Příklady výpočtu.....	40
3.3	KONTROLA.....	42
3.3.1	Kontrola dopravníku.....	42
3.3.2	Kontrola materiálu.....	42
3.4	DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	45
3.4.1	Konstrukční hledisko.....	45
3.4.2	Ekonomické zhodnocení.....	45
	ZÁVĚR.....	47
	SEZNAM NOREM.....	48
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	49
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	50
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	52
	SEZNAM TABULEK.....	53
	SEZNAM PŘÍLOH.....	54

ÚVOD

Přepřavovat materiál lze různým způsobem. Všeobecně se hovoří o přepravě mechanické, pneumatické nebo hydraulické. Na přepravu betonových směsí se používají různé druhy dopravníků. U nás se nejčastěji používají dopravníky šnekové.

Šnekové dopravníky slouží pro dávkování a dopravu sypkých a jemně zrnitých materiálů. Způsob jejich konstrukce umožňuje instalaci přímo pod výpad ze zásobníků nebo násypek.

Šnekové dopravníky jsou vyráběny v provedení trubkovém nebo korytovém v několika typových řadách dle jednotlivých výrobců dopravníků.

Ve společnosti TAŠ-STAPPA beton s r.o. se v roce 2005 vyskytl problém s úpravou šnekového dopravníku, na jehož řešení jsem se podílel. Problém spočíval v prodloužení dopravníku o 3 m a úpravě některých částí dle požadavků firmy TAŠ-STAPPA beton s r.o.

Daný problém jsem řešil ve spolupráci s firmou KOVOS Zlín spol. s r.o. a SILOsystem spol. s r.o.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ DRUHY ŠNEKOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

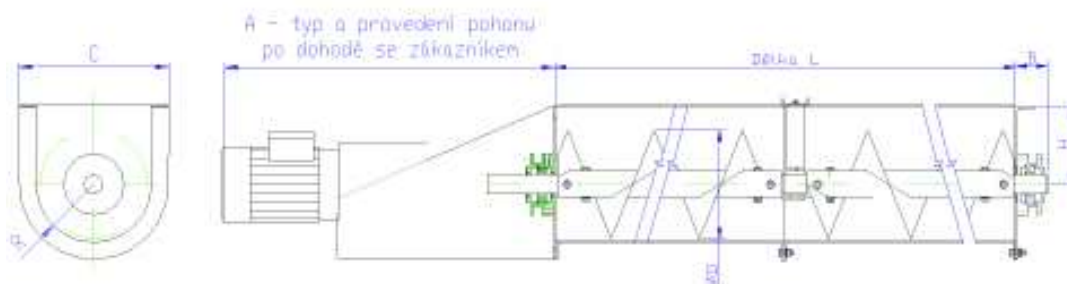
Šnekové dopravníky dělíme do několika skupin podle tvaru a typu pohonu. Zde jsou uvedeny nejzákladnější a nejčastěji používané typy šnekových dopravníků.

1.1 Šnekový dopravník trubkový

Dopravník šnekový trubkový, je stroj, určený pro dopravu sypkých neabrazivních materiálů. Materiál je dopravován pomocí šnekovice navažené na středové hřídeli, otáčející se ve šnekové skříni ve tvaru trubky. Stroj je určen pro montáž do technologických celků pro přípravu krmných směsí pro zvířata a betonových směsí podobných průmyslových provozů, skládajících se ze skladovacích zařízení materiálů a následných technologických zařízení pro zpracování sypkých hmot.

1.2 Šnekový dopravník žlabový

Žlabový šnek, je stroj, určený pro vodorovnou dopravu sypkých neabrazivních materiálů. Při zachování parametrů výkonu je doporučený max. sklon dopravníku od vodorovné roviny do 10° . Materiál je dopravován pomocí šnekové hřídele otáčející se ve šnekové skříni ve tvaru žlabu od vpádu k výpádu. Stroj je určen pro montáž do technologických celků pro přípravu krmných směsí pro zvířata a betonových směsí podobných průmyslových provozů, skládajících se ze skladovacích zařízení materiálů a následných technologických zařízení pro zpracování sypkých hmot.



Obr 1. Šnekový dopravník žlabový

1.3 Šnekový dopravník bezosý

Dopravník šnekový bezosý, je stroj, určený pro dopravu sypkých neabrazivních materiálů. Materiál je dopravován pomocí šnekovice bez středové hřídele, otáčející se ve šnekové

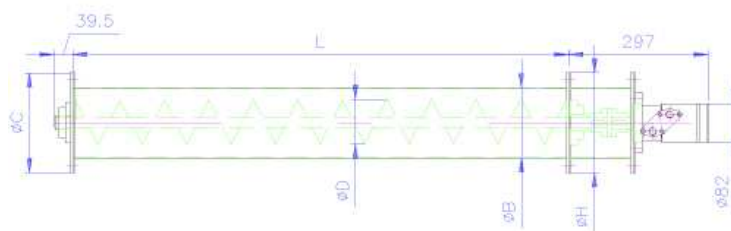
skříni ve tvaru trubky. Stroj je určen pro montáž do technologických celků pro přípravu krmných směsí pro zvířata a betonových směsí podobných průmyslových provozů, skládajících se ze skladovacích zařízení materiálů a následných technologických zařízení pro zpracování sypkých hmot.



Obr 2. Šnekový dopravník bezosý

1.4 Šnekový dopravník s hydropohonem

Dopravník šnekový s hydropohonem, je stroj, určený pro dopravu sypkých neabrazivních materiálů. Materiál je dopravován pomocí šnekovice navažené na středové hřídeli, otáčející se ve šnekové skříni ve tvaru trubky. Stroj je určen pro montáž do technologických celků pro přípravu krmných směsí pro zvířata a betonových směsí podobných průmyslových provozů, skládajících se ze skladovacích zařízení materiálů a následných technologických zařízení pro zpracování sypkých hmot

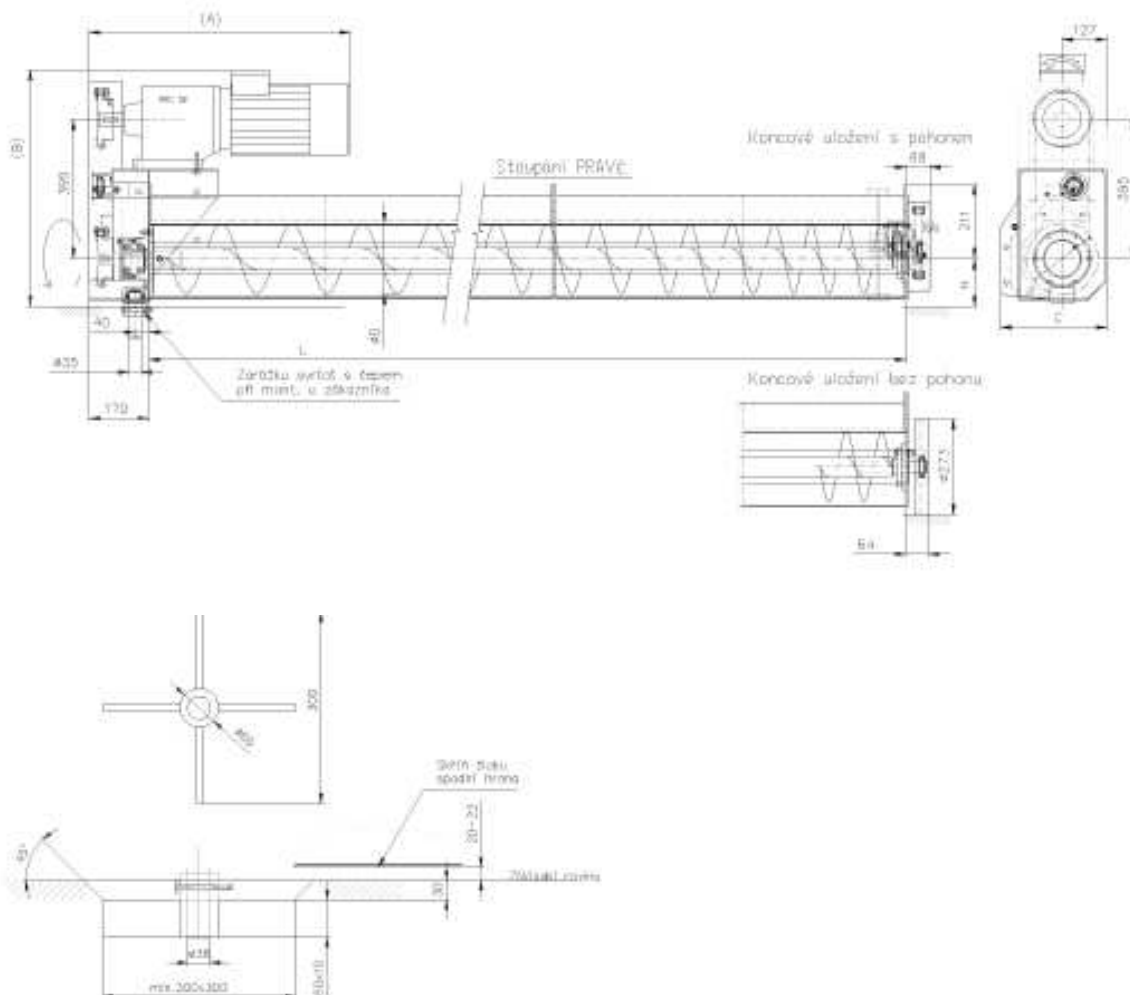


Obr 3. Šnekový dopravník s hydropohonem

1.5 Šnekový dopravník vybírací

Vybírací šnek, je stroj, určený pro vodorovnou dopravu sypkých neabrazivních materiálů. Materiál je dopravován pomocí progresivní šnekové hřídele otáčející se ve šnekové skříni ve tvaru C z kruhové plochy k výpadu. Stroj je určen pro montáž do technologických celků

pro přípravu krmných směsí pro zvířata a betonových směsí podobných průmyslových provozů, skládajících se ze skladovacích zařízení materiálů a následných technologických zařízení pro zpracování sypkých hmot.



Obr 4. Šnekový dopravník vybírací

1.6 Šnekový dopravník štěpky

Žlabový šnek, určený pro vodorovnou dopravu sypkých neabrazivních materiálů. Při zachování parametrů výkonu je doporučený max. sklon dopravníku od vodorovné roviny do 20°. Materiál je dopravován pomocí šnekové hřídele otáčející se ve šnekové skříni ve tvaru žlabu od vpádu k výpadu. Stroj je určen pro montáž do technologických celků pro dopravu štěpků na plnění zásobníku kotle s přihrnováním k vpádu pomocí listových pružin (max. průměr 2000 mm) a podobných průmyslových provozů, skládajících se ze skladovacích zařízení materiálů a následných technologických zařízení pro zpracování sypkých hmot.

2 TRUBKOVÉ ŠNEKOVÉ DOPRAVNÍKY - DÁVKOVACÍ

Dávkovací šnekové dopravníky jsou určeny k dopravě materiálů zpravidla ve vodorovném směru na krátké vzdálenosti. Regulací otáček dopravníku je možno měnit množství dopravovaného materiálu (dávkovat).

2.1 Použití

Dávkovací šnekový dopravník je určen k dopravě práškových až jemně zrnitých materiálů do zrnitosti cca 10 mm. Je žádoucí, aby podíl materiálu v horní oblasti zrnitosti nepřesahoval 20 % dopravovaného množství. U zrnitých materiálů (u zrnitostí nad cca 4 mm) není přípustné dopravovat tříděné materiály s omezeným obsahem jemných zrn.

U práškových materiálů nesmí vlhkost přesáhnout 1 %, u zrnitých materiálů je maximální vlhkost 5 %. Dpravovaný materiál však ani při výskytu vlhkosti nesmí být lepivý. Vliv vlhkosti je nutno posoudit zejména při dopravě materiálů s hlinitými příměsemi.

2.2 Vyráběné velikosti

Šnekové dopravníky jsou nejčastěji vyráběny v následujících velikostech :

Velikosti šnekového dopravníku
DSD 100
DSD 150
DSD 200
DSD 250
DSD 315
DSD 350
DSD 400
DSD 450
DSD 500

Tab 1. Velikosti šnekového dopravníku

2.3 Dopravní výkon

Množství materiálu, dopravovaného šnekovým dopravníkem se vypočte dle vzorce

$$Q_V = F_S \times s \times n_s \times 60 \times \phi$$

kde :

Q_V	dpravované množství	[m ³ /hod]
F_S	plocha šnekovice	[m ²]
s	stoupání šnekovice	[m]
n_s	otáčky šnekovice	[1/min]
ϕ	součinitel plnění šneku	[-]

Plocha šnekovice je dána průměrem použité lamely a velikostí trubky hřídele. Vypočte se ze vztahu

$$F_S = \frac{D_S^2 - d_h^2}{4} \times \pi$$

kde :

F_S	plocha šnekovice	[m ²]
D_S	vnější průměr lamely šneku	[m]
d_h	průměr trubky hřídele	[m]

2.3.1 Volba materiálů šnekovice

Šnekovice jsou vyráběny z materiálů, odpovídajícím abrazivitě dopravovaného materiálu.

V zásadě se používají materiály 11 373, 11 523, Hardox 400 nebo Cr 400.

Síla materiálu rovněž odpovídá dopravovanému materiálu. Běžně se používají síly 5,6 nebo 8 mm.

2.3.2 Otáčky šnekového dopravníku

Volba otáček šnekového dopravníku je dána požadovaným výkonem a maximální obvodovou rychlostí. Otáčky šnekového dopravníku se přizpůsobují otáčkám převodovky. Obecně

se otáčky pohybují v rozmezí od 12,5 do 134 ot./min, což znamená obvodovou rychlost šneku od 0,21 m/s do 2,59 m/s.

Obvyklé obvodové rychlosti šnekových dopravníků se pohybují v rozmezí cca 0,8 – 1,5 m/s.

Uvedená tabulka poskytuje první informaci o otáčkách šnekového dopravníku v závislosti na jeho velikosti a obvodové rychlosti.

Velikost	Otáčky pro obvodovou rychlost		Nejběžněji používaný rozsah otáček
	0,8 m/s	1,5 m/s	
DSD 100	(190)	(358)	48 – 140
DSD 150	105	(196)	26 – 140
DSD 200	80	(150)	20 – 140
DSD 250	62	117	16 – 140
DSD 315	53	99	13 – 140
DSD 350	47	88	12 – 140
DSD 400	41	76	10 – 140

Tab 2. Otáčky a obvodová rychlost šnekového dopravníku dle velikosti

Dále uvedená tabulka shrnuje volbu rychlosti otáčení a obvodové rychlosti šneků v závislosti na druhu dopravovaného materiálu. V tabulce byly použity údaje z cca 250 šnekových dopravníků, dodaných v letech 1998 – 1999.

Druh materiálu	Druh materiálu	Velikost dopravníku	Otáčky min.	Otáčky max.	Obvodová rychlost min.	Obvodová rychlost max.
----------------	----------------	---------------------	-------------	-------------	------------------------	------------------------

Druh materiálu	Druh materiálu	Velikost dopravníku	Otáčky min.	Otáčky max.	Obvodová rychlost min.	Obvodová rychlost max.
Zrnitý	Zrnitý křemičitý písek, přírodní písek	250	22	118	0,37	1,51
		315		86		
		350	21	152	0,36	2,59
		400		52		1,02
	Vápenec, mramor	350	13	130	0,22	2,21
		400	35	141	0,68	2,73
	Suchá maltová směs	150		101		0,77
		315	21	117	0,32	1,14
		350		134		2,28
		400		94		1,82
	Cement, vápno, sádra	350				
	Perlit, styropor, vermikulit	350		114		1,94
		400		100		1,94
	Přísady, pojiva	100		71		0,29
		350	21	122	0,36	2,08
	Ostatní	350	12	127	0,21	2,16
Práškový	Vápenec, mramor	250	21	87	0,27	1,12
		350	21	125	0,36	2,13
		400		52		1,02
	Suchá maltová směs	350		121		2,06
	Cement, vápno, sádra	200	21	87	0,21	0,87
		250	21	87	0,27	1,12

Druh materiálu	Druh materiálu	Velikost dopravníku	Otáčky min.	Otáčky max.	Obvodová rychlost min.	Obvodová rychlost max.
		315		60		0,91
		350	12	127	0,21	2,16
		400		52		1,02
Přísady, pojiva		150	28	113	0,21	0,86
		250	22	118	0,28	1,51
		315	25	99	0,38	1,5
		350	22	136	0,37	2,31
		400	21	128	0,41	2,48
Ostatní		400		50		0,98

Tab 3. Rychlosti otáčení a obvodové rychlosti šneků v závislosti na druhu dopravovaného materiálu

2.3.3 Součinitel plnění šnekového dopravníku

Součinitel optimálního plnění (φ) je nutno volit v závislosti na charakteristice dopravovaných hmot, jejich rychlosti posuvu, konstrukci a pracovních podmínkách šnekového dopravníku.

Všeobecně se používají pro dané případy následující součinitelé (φ):

- 0,45 – pro dopravované hmoty neabrazivní, velmi jemné až málo zrnité, volně sypké s nízkým součinitelem (λ) (mouka, obilí apod.) a při použití konstrukcí šnekových dopravníků bez středních ložisek
- 0,30 – pro dopravované hmoty málo a středně abrazivní od velmi jemných do středně zrnitých (sůl, písek, cukr, cement slinek, uhlí apod.), při použití šnekových dopravníků se střenými ložisky
- 0,15 – pro těžké lepivé, nadměrně abrazivní dopravované hmoty v celém rozsahu doporučené zrnitosti (škvára, ruda, šterk apod.), při použití šnekových dopravníků se středními ložisky

Hodnoty součinitele plnění (φ) se snižují v těchto případech:

- při stoupání šnekovice $> 0,6$ až $1 D$
- při stoupání šnekového dopravníku (cca o 2 % na 1° sklonu)

při malém průměru šnekovice (D), kdy se žlab dopravníku překlápá v místě středních ložisek.

Protože tento typ dopravníku je umístěn zpravidla přímo pod zásobníkem, dochází k velmi dobrému plnění. Proto plnění dopravníku volíme $\varphi = 1$.

Plnění $\varphi = 1$, t.j. 100%, platí v první části šnekového dopravníku. V dalších částech za násypkou volíme pak stoupání progresivní, t.j. zvětšující se. Zabrání se tak přechování materiálu v trubce dopravníku.

2.4 Výpočet velikosti elektromotoru

Velikost pohonu je dána výpočtem podle vztahu

$$P = \frac{1}{367} \times Q_v \times \rho_m \times L \times k$$

kde :

P	výkon pohonu dopravníku	[kW]
Q_v	dopravní výkon	[m ³ /h]
ρ_m	sypaná hmotnost materiálu	[t/m ³]
L	délka dopravníku (vzdálenost násypu - výsyp)	[m]
k	součinitel vlečného odporu	[-]

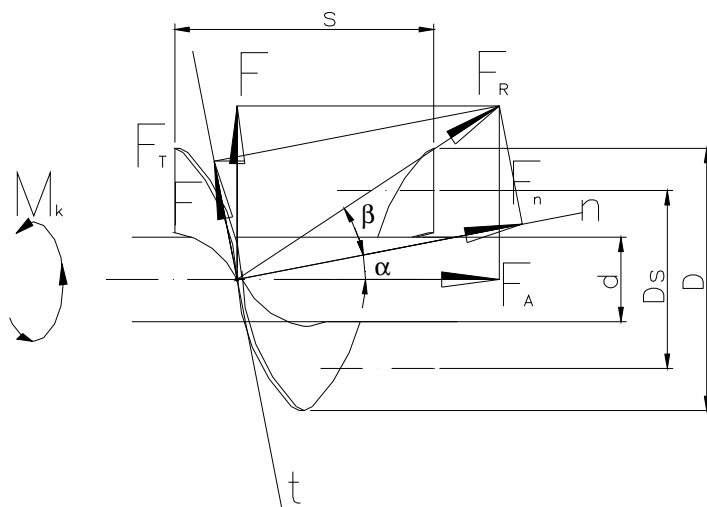
2.4.1 Součinitel vlečného odporu

Součinitel vlečného odporu je výsledkem empirických zjištění z provozu. Hodnota je závislá na druhu dopravovaného materiálu, výkonu a délky dopravy.

2.5 Výpočet sil do ložiska

Díky tření dopravovaného materiálu o šnekovici vznikají síly, které jsou zachycovány pevným ložiskem dopravníku. Při běžném provozu jsou síly do ložiska dány přenášeným výkonem, stoupáním šnekovice a otáčkami šnekovice.. Při zaplnění dopravníku, které v provozu může vzniknout například z důvodu ucpání výpadu však narůstá kroutící moment převodovky a síly, vyvozené v tomto stavu do ložiska jsou vyšší než za normálního provozu. Na tyto stavy je nutno ložisko navrhovat a kontrolovat.

Pro znázornění sil, působících na šnekový dopravník, slouží níže uvedený obrázek.



Obr 5. Znázornění sil

Všechny vyznačené síly působí v místě středního průměru lamely šneku. Význam jednotlivých označení je :

- d vnitřní průměr lamely šnekového dopravníku (průměr hřídele)
- D vnější průměr lamely šnekového dopravníku
- D_s střední průměr lamely šnekového dopravníku
- F kolmá síla, vyvozená kroutícím momentem poháněcí jednotky
- F_A posouvající síla ve směru osy hřídele
- F_N síla ve směru normály šnekovice
- F_R výslednice sil, působících na šnekový dopravník
- F_T síla ve směru tečny šnekovice

M_k	kroučící moment, vyvozený poháněcí jednotkou
n	normála k lamele šnekového dopravníku
t	tečna k lamele šnekového dopravníku
s	stoupání šnekového dopravníku
α	úhel stoupání šnekovice
β	třecí úhel materiálu

2.5.1 Pro výpočet sil na šnekovém dopravníku jsou použity výpočtové vztahy :

2.5.1.1 Výkon elektromotoru

$$P = M \times \omega$$

kde :

P	výkon pohonu dopravníku	[W]
m	kroučící moment	[Nm]
ω	úhlová rychlost	[rad/s]

2.5.1.2 Úhlová rychlost

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60}$$

kde :

ω	úhlová rychlost	[rad/s]
n	otáčky dopravníku	[ot/min]

2.5.1.3 Střední průměr lamely šnekového dopravníku

$$D_s = \frac{d + D}{2}$$

kde :

d	vnitřní průměr lamely šnekového dopravníku	[m]
-----	--	-----

D vnější průměr lamely šnekového
dopravníku [m]

D_s střední průměr lamely šnekového
dopravníku [m]

2.5.1.4 Úhel stoupání šnekovice

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{s}{\pi \times D_s}\right)$$

kde :

s stoupání lamely šnekového do-
pravníku [m]

D_s střední průměr lamely šnekového
dopravníku [m]

α úhel stoupání šnekovice [°]

2.5.1.5 Kolmá síla F

$$F = \frac{2 \times M_k}{D_s}$$

kde :

D_s střední průměr lamely šnekového
dopravníku [m]

F kolmá síla, vyvozená kroutícím
momentem [N]

M_k kroutící moment, vyvozený pohá-
něcí jednotkou [N]

2.5.1.6 Posouvající síla F_A

$$F_A = \frac{F}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)}$$

kde :

F	kolmá síla, vyvozená kroutícím momentem	[N]
F _A	posouvající síla ve směru hřídele	[N]
α	úhel stoupání šnekovice	[°]
β	třecí úhel materiálu	[°]

2.5.1.7 Třecí úhel

Volba třecího úhlu závisí na druhu dopravovaného materiálu. Volba je provedena z tabulek. Obecně lze říci, že maximální hodnota činí 45°, což odpovídá součiniteli smykového tření $f = 1$. Následující tabulka shrnuje vybrané dostupné hodnoty součinitelů smykového tření.

Dvojice materiálů	Součinitel smykového tření f			
	v klidu	za pohybu	v klidu	za pohybu
	stav třecích ploch			
	suché	mazané	suché	mazané
Ocel – ocel	0,15	0,1 – 0,12	0,15	0,05 – 0,1
ocel – měkká ocel	-	-	0,2	0,1 – 0,2
ocel – litina	0,3		0,18	0,05 – 0,15
měkká ocel – litina	0,2		0,18	0,05 – 0,15
ocel – bronz	0,15	0,1 – 0,15	0,15	0,1 – 0,15
měkká ocel – bronz	0,2		0,18	0,07 – 0,15
litina – litina		0,15	0,15	0,07 – 0,12
litina - bronz			0,15	0,07 – 0,15
bronz – bronz		0,1	0,2	0,07 – 0,1
měkká ocel – dub	0,6	0,12	0,4	0,1

Dvojice materiálů	Součinitel smykového tření f			
	v klidu	za pohybu	v klidu	za pohybu
	stav třecích ploch			
	suché	mazané	suché	mazané
litina – dub	0,65		0,4	0,2
dřevo – dřevo	0,5	0,1	0,2 – 0,5	0,07 – 0,15
kůže – dub	0,5		0,3 – 0,5	
kůže – litina	0,4	0,15	0,6	0,15
pryž – litina			0,8	0,5
konopné lano – dub	0,8		0,5	
korek – ocel	0,45			
korek – korek	0,59			
azbestové tkaniny – ocel		0,27 – 0,35		
brzdné materiály – ocel		0,27 – 0,43		
pryž – dlažební kámen		0,60 – 0,80		
pryž – asfaltová vozovka		0,71 – 1		
ucpávky kovové		0,08		
ucpávky kožené		0,07 – 0,3		

Tab 4. Vybrané dostupné hodnoty součinitelů smykového tření

Ze součinitele tření spočteme třecí úhel dle vztahu

$$\beta = \arctg(f)$$

kde :

f součinitel smykového tření [-]

β třecí úhel materiálu [°]

Při výpočtu sil na ložisko šnekového dopravníku je potřeba uvažovat s tím, že kroučící moment elektromotoru může být i cca 1,5 až 1,7 násobkem jmenovitého kroučícího momentu.

Následující tabulka udává síly na ložisko, vyvozené provozem šnekového dopravníku a síly, vyvozené maximálním kroučícím momentem. Pro výpočet byly uvažovány vždy maximální parametry dané velikosti dopravníku.

Velikost dopravníku	Max. použitý elektromotor	Axiální síla	Radiální síla od hmotnosti šnekovice	Radiální síla od řetězové- ho převodu
	[kW]	[N]	[N]	[N]
DSD 100	1,50	8 100	600	1 300
DSD 150	3,00	11 000	1 500	2 600
DSD 200	5,50	18 500	2 000	5 000
DSD 250	11,0	29 000	2 500	9 500
DSD 315	22,0	45 000	3 000	19 000
DSD 350	25,0	53 000	3 000	25 100
DSD 400	30,0	61 000	3 600	30 100

Tab 5. Síly na ložisko a síly vyvozené maximálním kroučícím momentem

Radiální síla od hmotnosti šnekovice působí vždy směrem dolů.

Radiální síla od řetězového převodu působí vždy ve směru, které závisí na umístění převodovky (t.j. ve směru 0 až 180 °). [6]

2.6 Průhyb trubkové hřídele

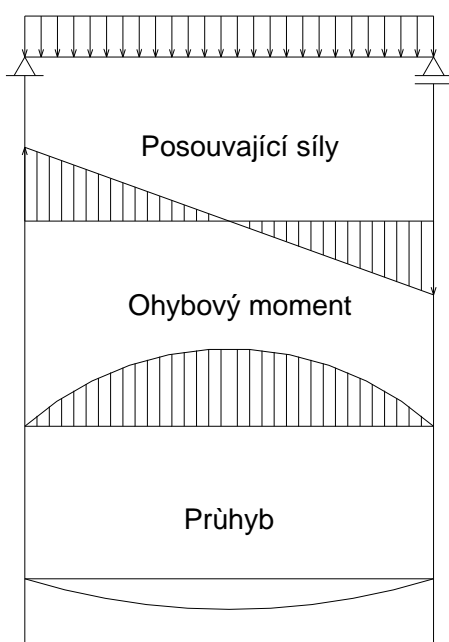
U delších dopravníků je vždy nutno kontrolovat průhyb hřídele. Při velkém průhybu dochází ke styku šnekovice s tělesem šnekového dopravníku. Výsledkem je pak opotřebením šneku ve střední části a snížení dopravního výkonu v této části. Podávací část může potom mít větší dopravní výkon než střední (opotřebením zmenšená) část a může tak docházet k pýchování materiálu a ucpávání šneku.

Dalším faktorem je velká hlučnost dopravníku při chodu bez materiálu.

Všeobecné pravidlo stanoví, že průhyb hřídele šnekového dopravníku může činit maximálně 1/1000 délky.

2.6.1 Výpočet průhybu hřídele

Při výpočtu průhybu nosníku vycházíme z výpočtu rovinného ohybu prutů. Pro jednoduchý nosník dle obrázku uvažujeme spojitě zatížení, které je součtem hmotnosti trubky a hmotnosti lamel Šnekovice..



Obr 6. Nosník

Při kontrole průhybu použijeme následující výpočtové vztahy.

2.6.1.1 Reakce do podpěr

$$F_{rA} = F_{rB} = \frac{1}{2} \times q \times l$$

kde :

F_{rA} , F_{rB} reakce v místě podpěry A, resp. B [N]

q spojitě zatížení nosníku [N/m]

l délka nosníku [m]

2.6.1.2 Maximální kroutící moment

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

kde :

M_{\max}	max. ohybový moment (uprostřed nosníku)	[Nm]
q	spojité zatížení nosníku	[N/m]
l	délka nosníku	[m]

2.6.1.3 Maximální průhyb

$$w_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J_o}$$

kde :

w_{\max}	max. průhyb nosníku (uprostřed nosníku)	[m]
q	spojité zatížení nosníku	[N/m]
l	délka nosníku	[m]
E	modul pružnosti v tlaku či tahu	[MPa]
J	plošný moment setrvačnosti	[m ²]

2.6.1.4 Plošný moment setrvačnosti

$$J = \frac{\pi}{64} \times (D^4 - d^4)$$

kde :

D	vnější průměr trubky	[m]
d	vnitřní průměr trubky	[m]
J	plošný moment setrvačnosti	[m ²]

2.6.2 Střední hodnoty E, G u některých materiálů (při normální teplotě)

Druh materiálu	E	G	μ
Ocel	210 000	81 000	0,30
Šedá litina	110 000	43 000	0,25
Měď	120 000	44 000	0,35
Bronz	110 000	42 000	0,35
Mosaz	95 000	35 000	0,35
Hliník a jeho slitiny	70 000	27 000	0,33
Hořčíkové slitiny	34 000	14 000	0,30
Zinek tažený	83 000	33 000	0,27
Olovo	17 000	6 000	0,45
Sklo	60 000	24 000	0,23
Polystyrén	3 400	1 300	0,33
Polymethylmetakrylát	3 700	1 400	0,33
Bakelit	50 000	20 000	0,25
Celuloid	4 000	1 500	0,35
Polystyrén	235	85	0,38
Přez	2 až 8	0,7 až 2,5	0,49
Dřevo (ve směru vláken)	12 000	5 000	-
Dřevo (napříč vláken)	2 700	-	-
Organické sklo (plexi)	2 100	800	0,35
Cihlové zdivo	2 800	-	-
Beton	18 000	8 000	0,13

Tab 6. Střední hodnoty E, G

kde :

E	modul pružnosti v tahu či tlaku	[MPa]
G	modul pružnosti ve smyku	[MPa]
μ	Poissonovo číslo	[-]

[6]

2.7 Šnekové dopravníky vodorovné

2.7.1 Názvosloví a značky

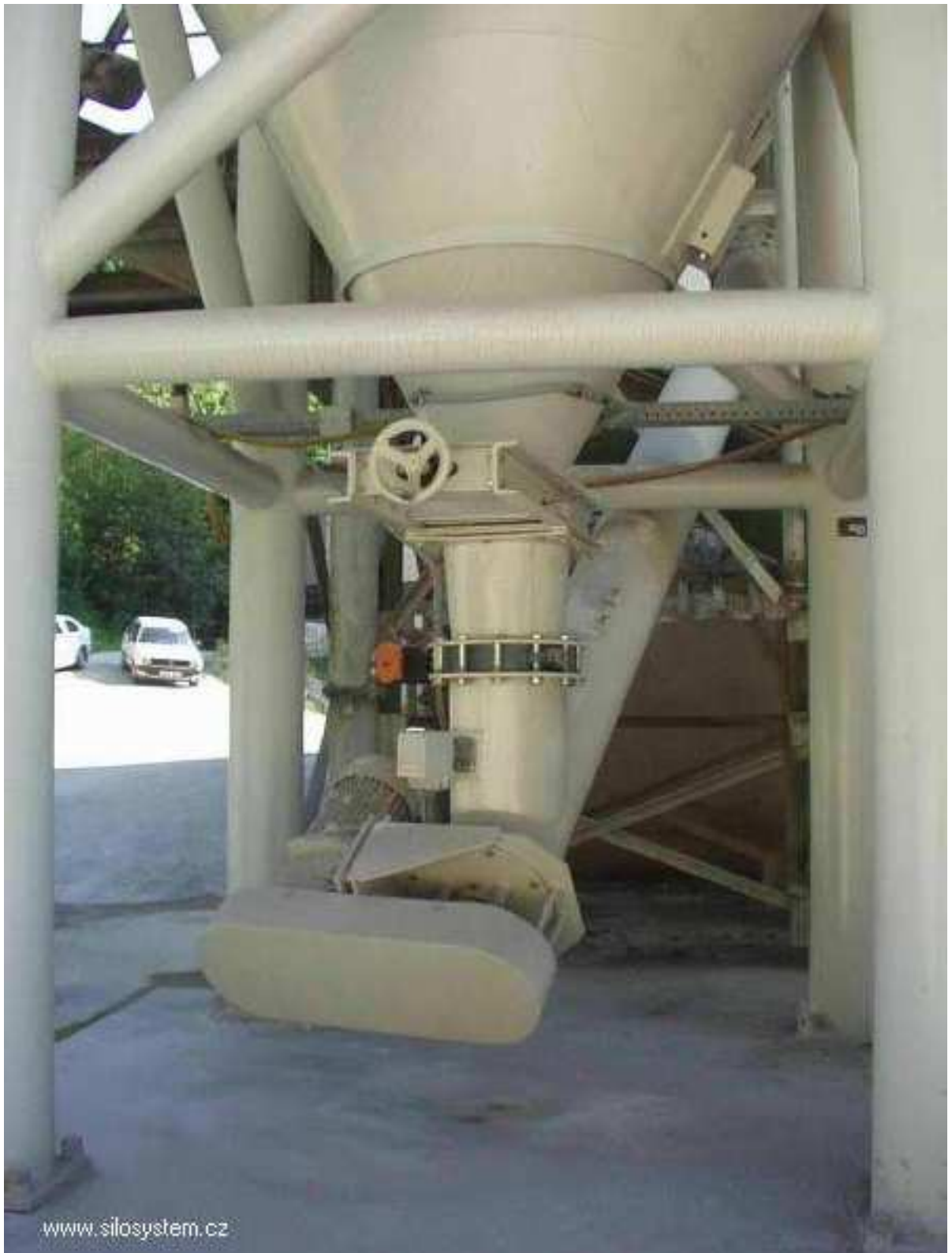
Základní názvy jsou v ČSN 26 0001.

Přehled používaných veličin a jejich označení je v *Tab. 7.*

Označení veličiny	Název	Jednotka
<i>A</i>	Užitečný – dopravní průřez šnekového dopravníku	m ²
<i>D</i>	Vnější průměr šnekovice v kolmé rovině na osu hřídele	m
<i>g</i>	Tíhové zrychlení	m · s ⁻²
<i>H</i>	Dopravní výška skloněného dopravníku	m
<i>L</i>	Délka šnekovice – vzdálen. mezi krajními ložisky poháněného úsek	m
<i>N</i>	Otáčky šnekovice	min ⁻¹
<i>P_P</i>	Celkový potřebný příkon k pohonu zatíženého šnek. dopravníku	kW
<i>PH</i>	Příkon potřebný k posuvu dopravované hmoty	kW
<i>PN</i>	Příkon potřebný k chodu nezatíženého dopravníku	kW
<i>P_m</i>	Příkon potřebný k překonání odporu vyplýv. ze sklonu dopravníku	kW
<i>Q</i>	Dopravované hmotnostní množství	t · h ⁻¹
<i>s</i>	Stoupání šnekovice	m
<i>U_{max}</i>	Největší rozměr velikosti kusů dopravovaných sypkých hmot	mm
<i>v</i>	Rychlost posuvu dopravované hmoty	m · min ⁻¹
<i>V</i>	Dopravované objemové množství	m ³ · h ⁻¹

λ	Součinitel odporu dopravované hmoty	-
ρ_s	Sypká hmotnost dopravované hmoty	t . m ⁻³
ϱ	Součinitel plnění dopravované hmoty do užitečného – dopravního průřezu šnekového dopravníku	-

Tab 7. Přehled používaných veličin a jejich označení [5,6]



Obr 7. Šnekový dopravník betonových směsí

2.8 Zhodnocení poznatků a vymezení cílů práce

Vzhledem k tomu, že u nás nebyla k dispozici literatura, která by se komplexně zabývala problematikou přepravy šnekových dopravníků, byl jsem nucen danou problematiku studovat zejména z katalogů zahraničních firem, ale hlavně z materiálů, které mi poskytla společnost SILOsystém spol. s r. o. Zlín a společnost TAURUS spol. s r. o. Chrudim.

Z literární studie vyplývá, že přeprava materiálů pomocí šnekových dopravníků se týká rozsáhlé oblasti použití a je rozšířená v mnohých průmyslových odvětvích.

Jeden z hlavních cílů bakalářské práce byl navrhnout přestavbu a konstrukční řešení některých částí šnekového dopravníku.

Základním požadavkem zákazníka bylo:

- upravit délku konstrukce na 10,2 m,
- upravit a přidat meziložisko,
- upravit spojku na daný výkon elektromotoru kvůli vibracím,
- navrhnout materiál šnekovice,
- navrhnout vhodné pouzdro na ukončení šnekovice,
- navrhnout vhodný labyrint spojky,
- navrhnout mezikus na uchycení trubek o různém průměru

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 PARAMETRY ŠNEKOVÉHO DOPRAVNÍKU

Vzhledem k tomu, že daný šnekový dopravník upravuji na požadavky zadávající firmy, musím dbát na dodržení a úpravu některých hodnot.

Požadavkem úpravy bylo jen prodloužení na požadovanou délku o 3m, a to na délku 10,2 m. Tím vznikl problém upravení meziložiska a výběr vhodné šnekovice.. Dále bylo zapotřebí vyrobit vhodný labyrint na upravení tlaků dopravníku. Musím také uvažovat i to, jestli dopravník bude ve svislé nebo šikmé poloze.

3.1 Všeobecně

Parametry a hlavní rozměry jsou v ČSN 26 2808, ČSN 26 0010, ŠN 35 0025.

Při výpočtu základních určujících parametrů šnekového dopravníku se vychází ze vzájemného vztahu dopravovaného množství sypkých hmot (Q) a jejich součinitele odporu (λ) užitečného dopravního průřezu (A), dopravní délky (L) a rychlosti posuvu (v).

Základním výpočtem se stanoví pro danou charakteristiku dopravovaného množství sypkých hmot (Q)

- dopravované objemové množství sypkých hmot (V)
- užitečný dopravní průřez šnekového dopravníku (A)
- rychlost posuvu dopravovaných sypkých hmot (v)
- potřebný průměr šnekovice (D)
- počet otáček šnekovice (n)
- příkon potřebný k chodu nezátíženého dopravníku (P_N)
- příkon potřebný posuvu dopravované hmoty (P_H)
- příkon potřebný k překonání odporu vyplývajícího za sklonu dopravníku (P_{St})
- příkon celkový potřebný k pohonu zatíženého šnekového dopravníku (P_p)

K upřesnění vypočítávaných hodnot a určení dalších údajů pro rekonstrukci šnekových dopravníků je nutno brát v úvahu i jeho předpokládané pracovní podmínky a zkušenosti výrobce při volbě vhodných součinitelů, vztahujících se k dopravovaným sypkým hmotám.

Pro určení rozměru šnekového dopravníku a rychlosti posuvu je třeba nejprve vycházet z daných vlastností – charakteristiky dopravovaných sypkých hmot.

3.1.1 Volba materiálů šnekovice

Materiál šnekovice jsem zvolil Hardox 400, protože je to univerzální otěruvzdorný plech s ideální kombinací mechanických vlastností, které splňují ty nejnáročnější kritéria pro výrobu a použití v extrémních i běžných podmínkách. Plechy vyrábí a dodává švédská společnost SSAB Oxelösund, která má dlouholeté zkušenosti a špičkovou technologii pro výrobu oceli.

Označení	Tvrдост (Brinell)	Mez pevnosti v tahu	Tloušťky
HARDOX 400	HB 370 - 430	Rm 1250 N/mm ²	3.2 - 130 mm

3.1.2 Otáčky šnekového dopravníku

Otáčky a obvodová rychlost závisí na velikosti dopravníku a na druhu materiálu, který se bude dopravníkem přepravovat (viz Tab. 2). U trubkových šnekovníků se nejčastěji volí otáčky mezi 100-130 ot./min a obvodová rychlost musí být menší než 2 m/s. U našeho dopravníku budu muset volit vhodné otáčky a obvodovou rychlost v daném rozmezí.

3.1.3 Součinitel plnění šnekového dopravníku

Součinitel optimálního plnění (φ) je nutno volit v závislosti na charakteristice dopravovaných hmot, jejich rychlosti posuvu, konstrukci a pracovních podmínkách šnekového dopravníku. U našeho dopravníku budu volit součinitel optimálního plnění $\varphi = 0,45$. Předpokládám dopravované hmoty neabrazivní, velmi jemné až málo zrnité, volně sypké s nízkým součinitelem (λ).

3.1.4 Povrchová úprava dopravníku

Povrchová úprava konstrukce byla provedena otryskáváním SA 2,5, nástřik základní syntetickou barvou S 2035 40 μ m, všechny spojovací části šrouby a matice jsou galvanicky pozinkované.

3.2 Průhyb trubkové hřídele

Jelikož cílem této práce bylo zvětšení daného dopravníku o 3 m na požadovanou délku 10,2 m, musíme si dávat pozor na kontrolu průhybu hřídele dopravníku. Při velkém průhybu hřídele by mohlo dojít ke styku šnekovice s tělesem šnekového dopravníku. Výsledkem je pak opotřebením šneku ve střední části a snížení dopravního výkonu v této části. Podávací část může potom mít větší dopravní výkon než střední (opotřebením zmenšená) část a může tak docházet k pěchování materiálu a ucpávání šneku.

3.2.1 Výpočet základních údajů

Volba velikosti šnekového dopravníku se vztahem k jeho požadované výkonnosti.

Při výpočtu výkonnosti šnekového dopravníku se vychází z dopravovaného objemového množství.

$$V = \frac{Q}{Q_s}$$

Doprovované objemové množství sypkých hmot je dáno:

- užitečným – dopravním průřezem šnekového dopravníku

$$\Lambda = \varphi D^3 \frac{\pi}{4}$$

- rychlostí posuvu dopravované hmoty šnekovicí

$$v = s \cdot n$$

Rychlost posuvu nesmí být nadměrně vysoká, aby při vyšším počtu otáček šnekovice nedocházelo k odstředivému unášení a rozstříkávání dopravované hmoty.

Stanoví se s ohledem na průměr šnekovice (D), charakteristiku dopravovaných hmot a součinitele plnění φ .

Výsledná rovnice dopravovaného objemového množství sypkých hmot:

$$V = \frac{\pi}{4} 60 \cdot \varphi \cdot D \cdot s \cdot n$$

- průměr šnekovice

$$D = 0,1457 \sqrt{\frac{V}{\varphi \cdot s \cdot n}}$$

- počet otáček

$$n = \frac{V}{47 \cdot \varphi \cdot s \cdot D^2}$$

Pro předběžné určení průměru šnekovice (D) a otáček (n) při stoupání šnekovice $0,8 D$, použijeme rovnic:

$$D = 0,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{V}{\varphi \cdot n}}$$

$$n = \frac{V}{38 \cdot \varphi \cdot D^3}$$

Nezávisle na dopravovaném objemovém množství se stanoví konečný průměr šnekovice s ohledem na zrnitost dopravovaných hmot.

Výpočet příkonu (P_{St}) podle uvedené rovnice se používá pro šnekové dopravníky o maximálním sklonu 45° do dopravní výšky (H)

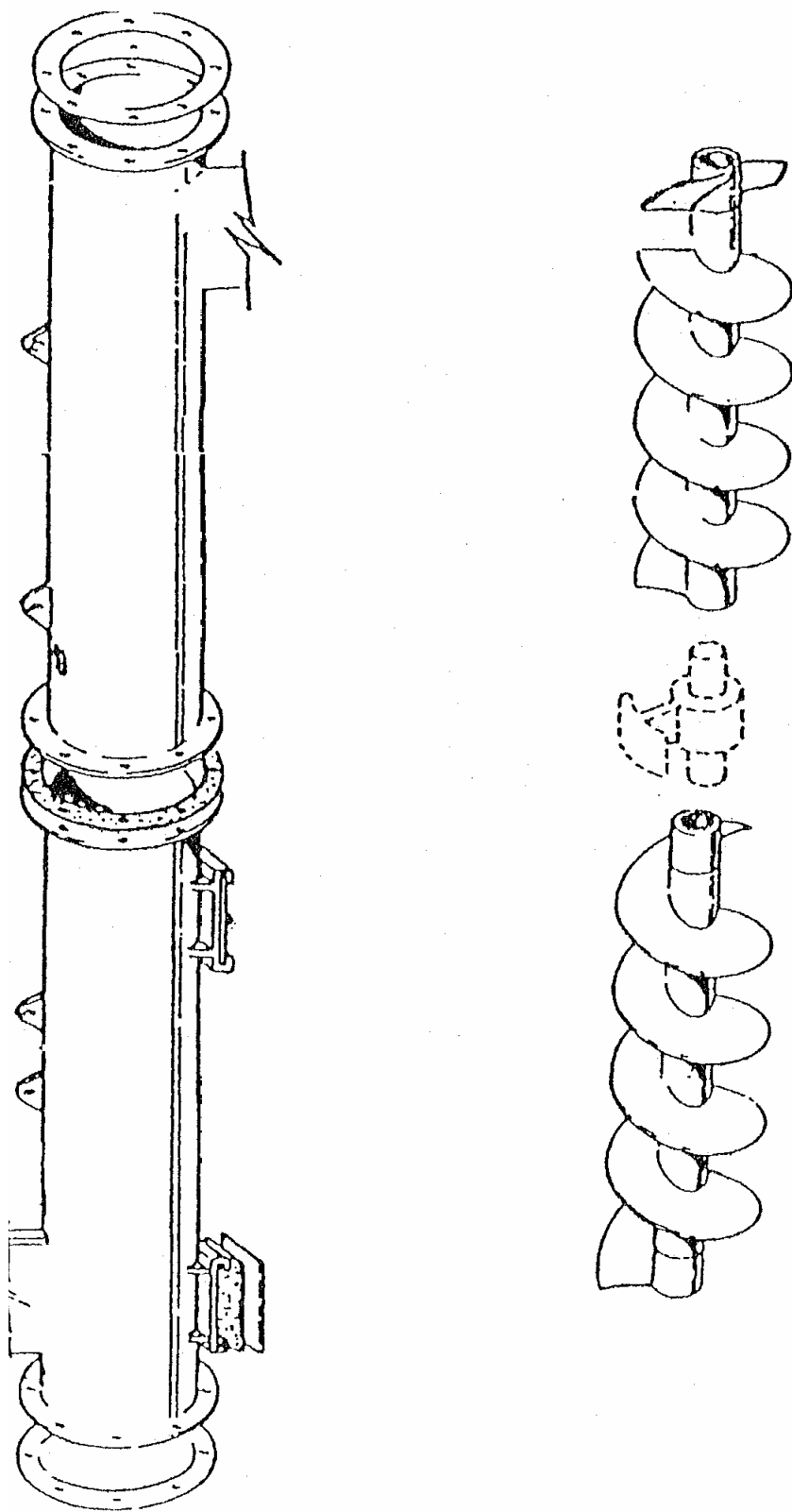
$$P_{St} = \frac{Q \cdot H \cdot g}{3600} = \frac{Q \cdot H}{367}$$

Celkový potřebný příkon pro zatížený šnekový dopravník (P_p) se vypočte podle souhrnné rovnice:

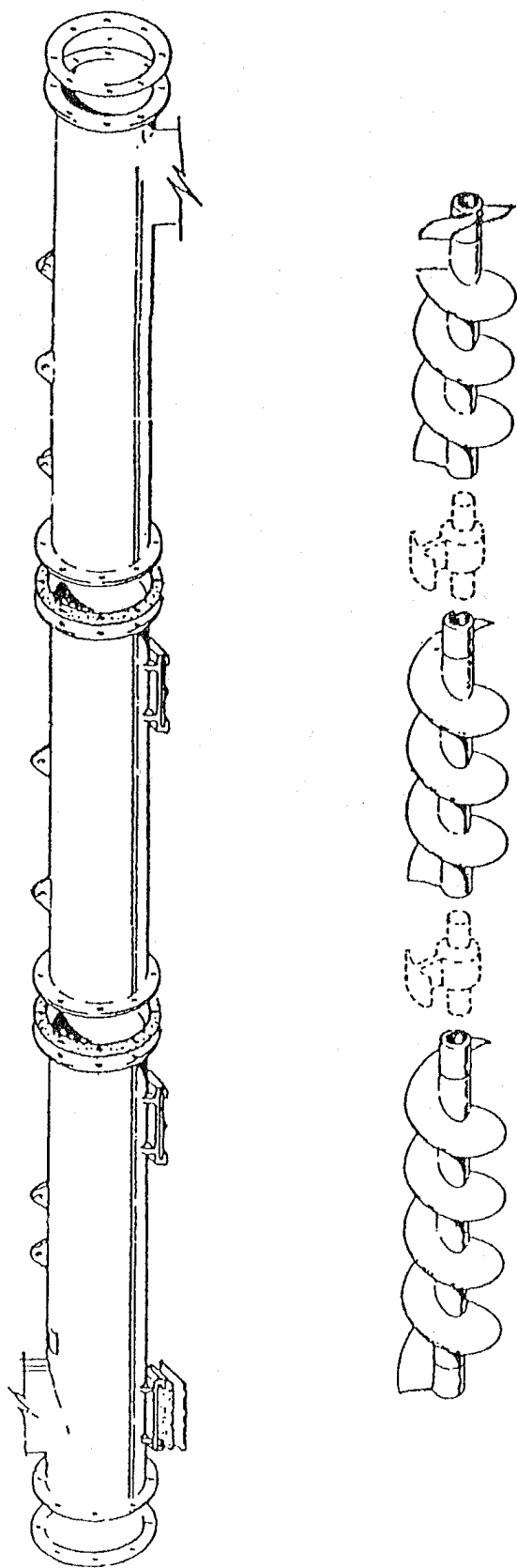
$$P_p = \frac{Q(\lambda L - H)}{367} + \frac{D \cdot L}{20}$$

3.2.2 Schéma výpočtu úpravy šnekového dopravníku

- délka dopravníku
- přepřavovaný výkon
- průměr dopravníku
- přepřavovaný materiál



Obr 8. původní délka dopravníku a šnekovice s jedním meziložiskem



Obr 9. konečná podoba ze 3 částí a 2 meziložisek

3.2.3 Úprava délky šnekového dopravníku

Původní dopravník se skládal ze 2 částí. Dopravník navržený pro firmu TAŠ-STAPPA beton se skládá ze 3 částí viz Obr 8. a 9. Úprava proběhla přidáním 3. části o menším průměru, na požadovanou délku 10,2 m a upevněním vhodného mezikusu (viz. PI Výkresová dokumentace).

3.2.4 Návrh meziložiska

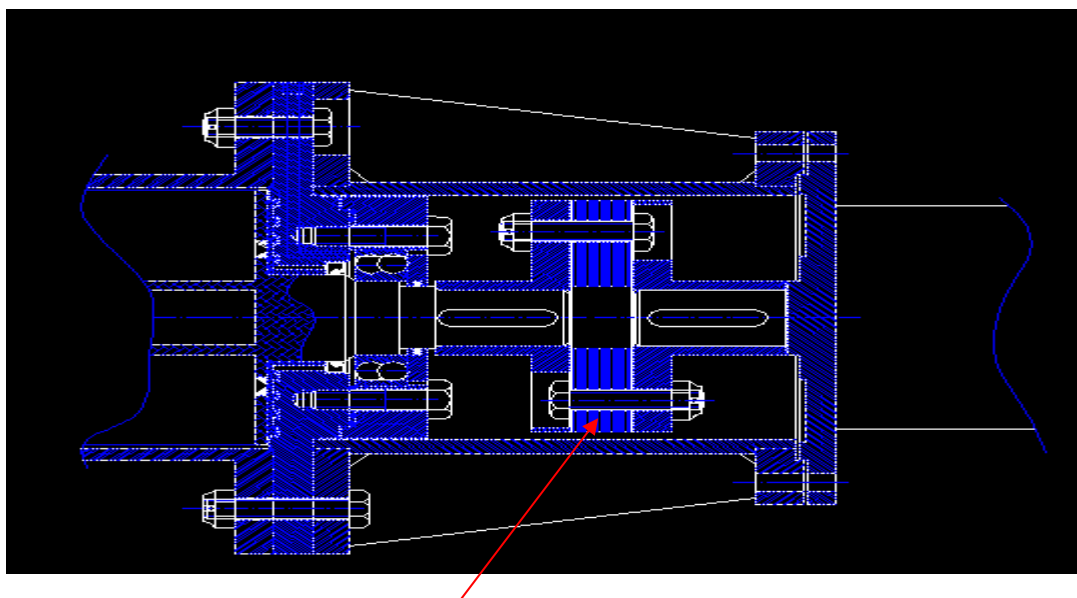
Návrh meziložiska byl velmi složitý z důvodů různých průměrů trubek. První návrh byl podobný jako Obr 10., který je přiložen v PI Výkresové dokumentaci. Z důvodů úspory místa, ale hlavně kvůli přechování materiálu a mazání bylo toto meziložisko zamítnuto. Po mnoha úpravách vzniklo další s názvem B (uvedeno ve výkresové dokumentaci). Tohle meziložisko má vyřešené mazání pomocí dutého šroubu vedeným přímo dovnitř a je vycentrované pomocí dvou šroubů po 90° a utěsněné z obou stran gufetem.

3.2.5 Návrh pouzdra na ukončení šnekovice a labyrintu ve spojce

Viz PI Výkresová dokumentace

3.2.6 Vyřešení vibrační spojky

Vibrace jsem vyřešil pomocí pryžové membrány a dvou přírub navzájem na sebe pootočených o úhel 180° viz obrázek



Obr 10. Pryžová membrána mezi dvěma přírubami navzájem pootočenými o 180°

3.2.7 Příklady výpočtu

Šnekový dopravník pro dopravu $19 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ cementu do vzdálenosti 10,2 m a výšky 1 m, tj. stoupání cca 3° .

Charakteristika dopravované hmoty

- Odpovídající součinitel odporu $\lambda = 3,2$
- Sypná hmotnost $q_s = 1,2 \text{ t} \cdot \text{m}^3$

Doporučený součinitel plnění – $\varphi = 0,45$, snížený o 6 % ve smyslu ustanovení – $\varphi = 0,423$.

Požadovaná výkonnost dopravovaného objemového množství dopravníkem

$$V = \frac{Q}{q_s} = \frac{19}{1,2} = 15,83 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Při daných otáčkách (n) 125 min^{-1} a stoupání šnekovice $S = 0,8 D$

$$D = 0,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{V}{\varphi \cdot n}}$$
$$= 0,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{15,8}{0,42 \cdot 125}} = 0,2008$$

$$D = 0,2 \text{ m}$$

Průměr šnekovice $D = 0,2 \text{ m}$ vyhovuje ustanovením, kdy musí být $D = 8$ až $10 U_{\max}$ s ohledem na maximální velikost kusů a jejich obsah v dopravované hmotě.

Při daném průměru šnekovice $0,2 \text{ m}$ a jejím stoupání $0,8 D$, budou pro dopravované objemové množství $V = 15,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ otáčky $n \cdot \text{min}^{-1}$.

Potřebný příkon k pohonu šnekového dopravníku

Celkový potřebný příkon (P_p) k pohonu zatíženého šnekového dopravníku je počítán k překonání hlavních odporů:

- odporu dopravované hmoty, daného hmotností dopravované hmoty
- odporu nezatíženého dopravníku vyplývajícího z jeho konstrukčního provedení
- odporu vyplývajícího ze sklonu šnekového dopravníku

Při stanovení celkového potřebného příkonu tímto výpočtem není brán zřetel na krátkodobé přetížení z důvodu zahlcení šnekového dopravníku v místě násypu, vznikajících nedokonalou synchronizací s plnicím zařízením nebo návazným dopravníkem.

Příkon potřebný k posuvu dopravovaných hmot (P_H) pro danou délku šnekovice (L).

Při výpočtu se vychází z daného hmotnostního množství

$$Q = \rho_s \cdot V$$

délky šnekovice (L) a součinitele odporu dopravované hmoty (λ)

$$P_H = \frac{Q \cdot L}{3600} \lambda \cdot g = \frac{Q \cdot L \cdot \lambda}{367}$$

Tato rovnice uvádí potřebný příkon v kW pro posun dopravovaných hmot ve vodorovném šnekovém dopravníku. Uvažuje odporu dané zrněním, tvarem a vnitřním třením sypkých hmot, zahrnutých v součiniteli odporu (λ), který je vyšší než obvyklé hodnoty součinitele tření.

Součinitel (λ) je dán charakteristikou každého materiálu a obecně se používá v hodnotách 2 až 5.

Příkon potřebný k chodu nezátíženého dopravníku (P_S) je v porovnání s příkonem potřebným pro posuv dopravovaných hmot (P_H) podstatně menší a stanoví se konstantně ze vztahu

$$P_S = \frac{D \cdot L}{20}$$

Potřebný příkon vyplývající ze sklonu šnekového dopravníku (P_{St})

$$n = \frac{V}{38 \cdot \varphi \cdot D^3}$$
$$= \frac{15,8}{38 \cdot 0,42 \cdot 0,008} = 123,74$$

$$n = 124$$

K požadovanému dopravovanému objemovému množství a charakteristice dopravovaných hmot, volíme součinitele plnění (φ), nejbližší odpovídající hodnotu (V), průměr šnekovice (D) a otáčky (n) podle $\varphi = 0,45$; $V = 17,1$; $D = 200$ mm; $n = 125$ min⁻¹.

$$P_p = \frac{Q(\lambda L + H)}{367} + \frac{D \cdot L}{20}$$

$$= \frac{19(3,2 \cdot 10,2 + 1)}{367} + \frac{0,2 \cdot 10,2}{20}$$

$$P_p = 1,99 \text{ kW}$$

Volí se elektromotor o nejbližším jmenovitém výkonu 2,2 kW z řady podle ČSN 35 0025. Na přání klienta je namontován elektromotor 5,5 kW viz Tab 5.

3.3 Kontrola

Provedeme kontrolu šnekového dopravníku při instalaci. Můžeme také provést kontrolu přepravovaného materiálu.

3.3.1 Bezpečnost při práci se šnekovým dopravníkem

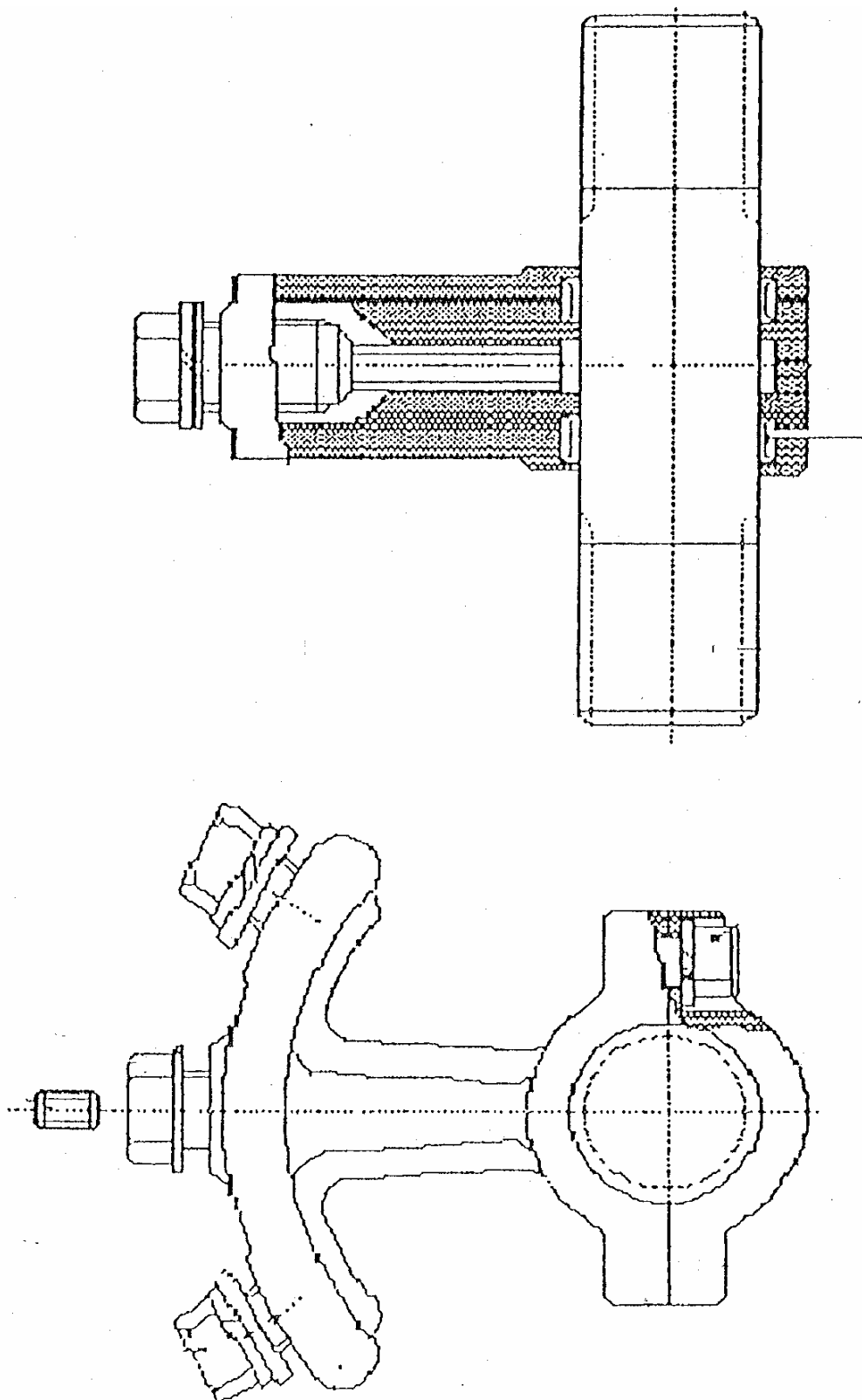
Viz. P III Norma – Bezpečnostní předpisy pro šnekové dopravníky

3.3.2 Kontrola dopravníku

Musíme zkontrolovat jestli jsou všechny díly šnekového dopravníku sestaveny správně. Pak musíme zkontrolovat jestli všechny inspekční otvory směřují dolů. Není-li dopravník prohnutý. To zjistíme natažením provázku. Pokud je to nutné namontujeme další přídavnou podpěru. Zkontrolujeme meziložiska, zda jsou správně namontovaná. Musíme také zkontrolovat jestli je dopravník vhodně mechanicky sladěn. A to tak, že otáčíme dopravníkem ručně pomocí klíče nasazeného na hřídel v místě koncového ložiska. Pokud neucítíme žádný odpor a neuslyšíme žádný skřípavý zvuk je dopravník mechanicky sladěn. Zkontrolujeme také napětí, proud a otáčky šnekovice za chodu na prázdnou i s naplněným dopravníkem.

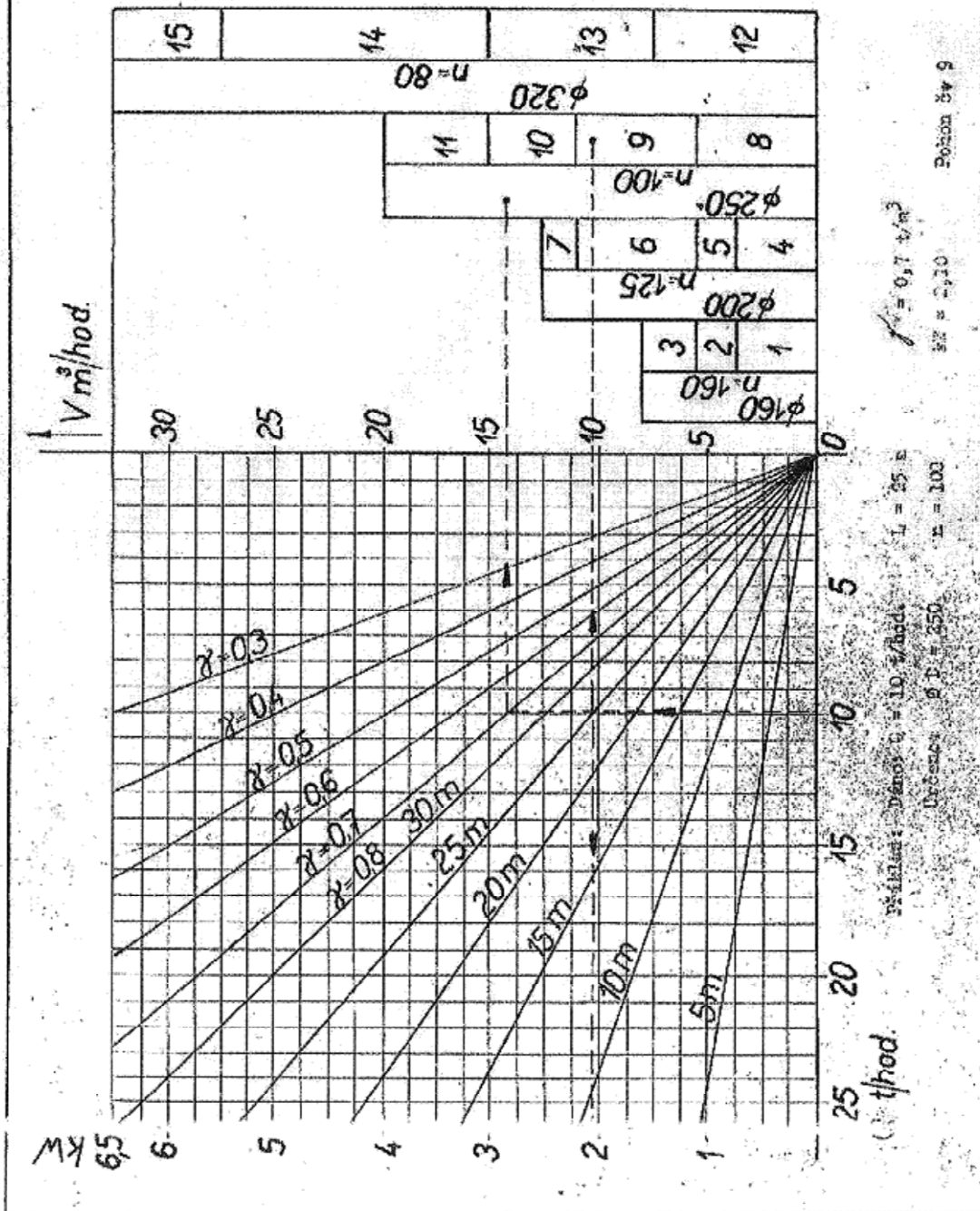
3.3.3 Kontrola materiálu

U materiálu budeme kontrolovat sypanou hmotnost, velikost částic, vlhkost, lepivost, viskozitu a abrazivitu.



Obr 11. Meziložisko

NOMOGRAM K URČENÍ TYPISOVANÉHO ŠNEKOVÉHO DOPRAVNÍKU A POHONU



Obr 12. Určení typizovaného šnekového dopravníku a pohonu

3.4 Diskuze výsledků

Jak již bylo uvedeno, šnekový dopravník byl speciálně upraven pro potřeby zadávající firmy TAŠ-STAPPA beton spol. s r. o. na přepravu betonových směsí. Realizován byl pouze jeden kus, který v současnosti běží ve společnosti TAŠ-STAPPA beton spol. s r. o.

Postupné kroky vývoje byly několikrát konzultovány s firmou KOVOS a zadávající firmou TAŠ-STAPPA beton spol. s r. o.

3.4.1 Konstrukční hledisko

- Trubková konstrukce šnekového dopravníku byla vyrobena ze dvou různých průměrů 210 a 208 mm a zpevněná pomocí mezikusu, který byl přivařen přímo ke konstrukci.
- Délka byla upravena ze dvou částí na tři a tím se prodloužila délka šnekového dopravníku na 10,2 m.
- Materiál šnekovice byl zvolen Hardox 400 pro jeho vhodné vlastnosti
- Meziložisko bylo navrženo tak, aby bylo docíleno dobrého mazání a dobrého toku materiálu
- Elektromotor byl zvolen dle požadavků 5,5 kW
- Použitelnost šnekového dopravníku je do stoupání 45°
- Byly také přidány pryžové membrány a labyrint pro menší tlaky a vibrace do spojky
- Dále bylo navrženo vhodné pouzdro na ukončení šnekovice

3.4.2 Ekonomické zhodnocení

Přínosy pro zákazníka

- snížení rozpočtové ceny proti provedení nového o 15 %
- zvětšení dráhy přepravovaného materiálu o 3 m

Přínosy pro mou osobu

- samostatná práce
- začlenění do výrobního procesu

- práce s odbornou literaturou

ZÁVĚR

Výsledkem této bakalářské práce je konstrukční návrh úpravy šnekového dopravníku \varnothing 210 mm a prodloužení celkové délky (třetí části o \varnothing 208 mm) a upevnění trubkové konstrukce pomocí mezikusu na požadovanou délku. Dopravník tohoto typu není normalizován z důvodu nenormalizovaných průměrů trubek.

V bakalářské práci jsou popsány jednotlivé konstrukční prvky šnekového dopravníku používaného pro přepravu betonových směsí.

Teoretická část bakalářské práce je věnována základním výpočtům a návrhu šnekového dopravníku – minimální průměr na požadované objemové množství, příkon potřebný k chodu dopravníku, velikost otáček při daném zatížení.

Dopravník byl vyroben, smontován a byla provedena kontrola. Jeho činnost byla prověřena v praxi, svému účelu jeho funkce vyhovuje.

SEZNAM NOREM

ČSN 01 1302 Veličiny a jednotky v mechanice tuhých a poddajných těles

ČSN 26 0001 Transportní zařízení. Rozdělení a názvosloví

ČSN 26 0010 Transportní zařízení. Základní parametry

ČSN 26 2808 Šnekové dopravníky. Parametry a hlavní rozměry

ČSN 35 0025 Řady jmenovitých výkonů napětí, otáček a kmitočtů

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Drastík, F. a kol. : *Strojnické tabulky*, MONTANEX 1995
- [2] Katalog firmy SILOsystém: *Dávkovací šnekové dopravníky* 2005
- [3] Katalog firmy Taurus: *Katalog šnekových dopravníků* 2005
- [4] Katalog firmy WAM: *Stetter betonárna H2-RS* 2004
- [5] Norma firmy TAURUS Chrudim: *Šnekové dopravníky vodovorné* 1984
- [6] Zahradníček, M. *Studie šnekového dopravníku* 2003

Internetové zdroje

- [7] www.spido.cz/snek.htmlwww.spido.cz/snek.html
- [8] www.spido.cz/snek.htmlwww.silosystem.cz
- [9] www.spido.cz/snek.htmlwww.taurus-sro.cz

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

F_S	plocha šnekovice	$[m^2]$
D_s	vnější průměr lamely šneku	$[m]$
d_h	průměr trubky hřídele	$[m]$
P	výkon pohonu dopravníku	$[kW]$
ρ_m	sypaná hmotnost materiálu	$[t/m^3]$
L	délka dopravníku (vzdálenost ná- sypu - výsyp)	$[m]$
k	součinitel vlečného odporu	$[-]$
Q_v	dopravované množství	$[m^3/hod]$
s	stoupání šnekovice	$[m]$
n_s	otáčky šnekovice	$[1/min]$
ϕ	součinitel plnění šneku	$[-]$
F_N	síla ve směru normály šnekovice	$[N]$
F_R	výslednice sil, působících na šnekový dopravník	$[N]$
F_T	síla ve směru tečny šnekovice	$[N]$
n	normála k lamele šnekového dopravníku	
t	tečna k lamele šnekového dopravníku	
ω	úhlová rychlost	$[rad/s]$
d	vnitřní průměr lamely šnekového dopravníku	$[m]$
D	vnější průměr lamely šnekového dopravníku	$[m]$
D_s	střední průměr lamely šnekového dopravníku	$[m]$
M_k	kroučící moment, vyvozený poháněcí jednotkou	$[N]$
F	kolmá síla, vyvozená kroučícím momentem	$[N]$
F_A	posouvající síla ve směru osy hřídele	$[N]$

α	úhel stoupání šnekovice	[°]
β	třecí úhel materiálu	[°]
f	součinitel smykového tření	[-]
F_{rA}, F_{rB}	reakce v místě podpěry A, resp. B	[N]
q	spojité zatížení nosníku	[N/m]
l	délka nosníku	[m]
M_{rmax}	max. ohybový moment (uprostřed nosníku)	[Nm]
w_{rmax}	max. průhyb nosníku (uprostřed nosníku)	[m]
J	plošný moment setrvačnosti	[m ²]
D	vnější průměr trubky	[m]
d	vnitřní průměr trubky	[m]
J	plošný moment setrvačnosti	[m ²]
E	modul pružnosti v tahu či tlaku	[MPa]
G	modul pružnosti ve smyku	[MPa]
μ	Poissonovo číslo	[-]
A	Užitečný – dopravní průřez šnekového dopravníku	m ²
H	Dopravní výška skloněného dopravníku	m
g	Tíhové zrychlení	m . s ⁻²
λ	Součinitel odporu dopravované hmoty	-
v	Rychlost posuvu dopravované hmoty	m . min ⁻¹

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr 1. Šnekový dopravník žlabový

Obr 2. Šnekový dopravník bezosý

Obr 3. Šnekový dopravník s hydropohonem

Obr 4. Šnekový dopravník vybírací

Obr 5. Znázornění sil

Obr 6. Nosník

Obr 7. Šnekový dopravník betonových směsí

Obr 8. Původní délka dopravníku a šnekovice s jedním meziložiskem

Obr 9. Konečná podoba ze 3 částí a 2 meziložisek

Obr 10. Pryžová membrána mezi dvěma přírubami navzájem pootočenými o 180°

Obr 11. Meziložisko

Obr 12. Určení typizovaného šnekového dopravníku a pohonu

SEZNAM TABULEK

Tab 1. Velikosti šnekového dopravníku

Tab 2. Otáčky a obvodová rychlost šnekového dopravníku dle velikosti

Tab 3. Rychlosti otáčení a obvodové rychlosti šneků v závislosti na druhu dopravovaného materiálu

Tab 4. Vybrané dostupné hodnoty součinitelů smykového tření

Tab 5. Síly na ložisko

Tab 6. Střední hodnoty E, G

Tab 7. Přehled používaných veličin a jejich označení

SEZNAM PŘÍLOH

PI Výkresová dokumentace

PII Norma – Šnekové dopravníky

P III Norma – Bezpečnostní předpisy pro šnekové dopravníky