



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

Řešení výkonnosti šnekového dopravníku

Screw conveyor performance problematics

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Michal CHROUST

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. František Lopot, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Chroust** Jméno: **Michal** Osobní číslo: **439002**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a části strojů**
Studijní program: **Teoretický základ strojího inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Řešení výkonnosti šnekového dopravníku

Název bakalářské práce anglicky:

Screw conveyor performance problematics

Pokyny pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je shromáždění informací o problematice změn výkonnosti šnekových dopravníků vlivem změn vlastností přepravovaných materiálů a aplikace získaných znalostí na praktický případ dopravníku ve spolupráci s obchodní firmou Teplárna Strakonice a.s. za účelem minimalizace uvedeného fenoménu. Součástí výstupů práce budou vstupní výpočty výkonnosti dopravníku a 3D a 2D dokumentace zvoleného technického opatření.

Seznam doporučené literatury:

DRAŽAN, F. a JEŘÁBEK, K, Manipulace s materiálem. Praha: SNTL, 1979
CVEKL, Z., ZAVADIL, J. Zdvíhací stroje a dopravníky. Praha: SNTL, 1964
POLÁK, J., PAVLISKA, J., SLÍVA, A. Dopravní a manipulační zařízení I. Ostrava: Vysoká škola báňská ? Technická univerzita Ostrava, 2001

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:


Ing. František Lopot Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **27.03.2017** Termín odevzdání bakalářské práce: **09.06.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: _____


Podpis vedoucí(ho) práce



Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

27.4.2017
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Řešení výkonnosti šnekového dopravníku“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Františka Lopota, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 05. 06. 2017

Michal Chroust

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Františku Lopotovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce a udělení cenných rad pro její vypracování. Dále bych rád poděkoval konzultantům z řad zaměstnanců Teplárny Strakonice, a.s., pánům Ing. Františku Markovi a Pavlu Moučkovi.

Anotační list

- Jméno autora: **Michal Chroust**
- Název BP: *Řešení výkonnosti šnekového dopravníku*
- Anglický název: Screw conveyor performance problematics
- Rok: 2017
- Studijní program: B2342 Teoretický základ strojího inženýrství
- Obor studia: 2301R000 Studijní program je bezoborový
- Ústav: *Ústav konstruování a částí strojů*
- Vedoucí BP: *Ing. František Lopot, Ph.D.*
- Konzultanti: *Ing. František Marek, Pavel Moučka*
- Bibliografické údaje: počet stran 45
počet obrázků 21
počet tabulek 10
počet příloh 1
- Klíčová slova: šnekový dopravník, uhlí, sypký materiál
- Keywords: screw conveyor, coal, bulk material
- Anotace: Tato práce pojednává o problematice dopravy uhlí do tepláren a v teplárnách. Obsahuje seznámení s klasifikací sypkých materiálů, stručný přehled dopravníků používaných v teplárenství a způsobů dopravy uhlí do tepláren. Dále byl proveden detailnější rozbor funkce šnekových dopravníků a situace zauhlovací cesty v Teplárně Strakonice, a.s. Z toho byly vyvozeny návrhy konstrukčních řešení pro zlepšení její výkonnosti.
- Abstract: This thesis deals with issues of coal transport to the heat plants and within the heat plants. It contains introduction to problematics of bulk material classification, a brief overview of conveyors used in heat plants and modes of coal transportation. Then a more detailed analysis of screw conveyors and the situation of conveyor systems in the company Teplárna Strakonice, a.s. was performed. Devised using that analysis, design solutions to improve performance of these conveyor systems were proposed.

Obsah

Úvod.....	1
1 Klasifikace a vlastnosti sypkých látek.....	2
1.1 Zrnitost.....	2
1.2 Soudržnost.....	3
1.2.1 Sypný úhel.....	3
1.3 Chování materiálu během dopravy.....	4
1.4 Objemová hmotnost.....	5
1.5 Teplota.....	5
1.6 Vlhkost.....	5
1.7 Úhel vnitřního a vnějšího tření.....	6
1.8 Abrazivnost.....	6
2 Doprava uhlí v teplárnách.....	7
2.1 Pásové dopravníky.....	7
2.2 Redlery.....	9
2.3 Korečkové dopravníky.....	10
2.4 Pneumatické dopravní systémy.....	11
2.5 Potrubní řetězové dopravníky.....	12
2.6 Šnekové dopravníky.....	13
2.6.1 Žlab.....	14
2.6.2 Šnek.....	15
2.6.3 Pohon.....	16
2.6.4 Uložení šneku ve žlabu.....	16
2.6.5 Spojení šneku a žlabu z více částí.....	17
2.6.6 Rozdělení šnekových dopravníků.....	18
2.6.7 Výpočet.....	19
3 Doprava uhlí do tepláren.....	24
4 Rozbor situace v Teplárně Strakonice, a.s.....	25
4.1 Šnekové dopravníky SD12.4 a SD12.6.....	26
4.2 Dopravovaný materiál.....	27
4.3 Vyzkoušená řešení.....	27
5 Konstrukční návrhy.....	29
5.1 Rozbor.....	29
5.2 Řešení A.....	31
5.3 Řešení B.....	31

5.4	Řešení C.....	31
5.5	Řešení D.....	32
5.6	Řešení E.....	32
5.7	Výběr návrhů	32
6	Závěr	34
7	Seznam použité literatury	35
8	Seznam obrázků	37
9	Seznam tabulek	37
10	Seznam příloh.....	37
11	Seznam zkratk a symbolů	38

Úvod

V dopravě sypkých materiálů mají svou nezastupitelnou funkci šnekové dopravníky, a to především díky malým prostorovým nárokům, velmi malé prašnosti, a protože jsou z velké části samonosné, tak i možnosti zabudování do stávající zástavby. Správné fungování šnekového dopravníku je dáno správným nastavením parametrů šnekového dopravníku podle parametrů dopravovaného materiálu a požadavků na dopravní výkon. Problém ovšem je, že se tyto parametry a požadavky z různých důvodů mění, a tudíž může docházet k problémům, například ucpávání dopravníku, nedostatečný dopravní výkon nebo poškození vnitřku žlabu.

Tato bakalářská práce se zabývá teoretickým rozbořem zejména šnekových dopravníků a dopravovaných materiálů. Dále pak rozbořem stávajícího stavu dopravy uhlí šnekovými dopravníky v obchodní firmě Teplárna Strakonice, a.s., kde dopravní výkonnost při nadměrné vlhkosti uhlí kolísá. Tento stav bude použit jako východisko pro vlastní konstrukční návrhy pro zlepšení výkonnosti dopravních cest v Teplárně Strakonice, a.s.

1 Klasifikace a vlastnosti sypkých látek

Pro správný návrh a následnou funkci šnekového dopravníku je velmi důležité znát vlastnosti dopravovaného materiálu. Aby bylo možné dopravovaný materiál nějakým způsobem srozumitelně popsat, byla zavedena klasifikace vlastností a značení jednotlivých tříd, což popisuje norma ČSN 26 0070. Sypké látky tedy mohou být popsány parametry, které udávají jejich vlastnosti. Těmi nejdůležitějšími vlastnostmi dopravovaného materiálu jsou:

- a) zrnitost
- b) soudržnost
- c) chování během dopravy
- d) objemová hmotnost
- e) teplota
- f) vlhkost
- g) úhel vnitřního a vnějšího tření
- h) abrazivnost [1]

1.1 Zrnitost

U dopravovaného materiálu se určuje velikost zrn, která se značí velkými písmeny **A až K** a rozděluje se do deseti skupin. Toto rozdělení je uvedeno v tabulce 1.

tab. 1.: Značení zrnitosti sypkého materiálu dle velikosti zrn (převzato z [1])

Označení	Většina zrn má rozměr (mm)	
A		Do 0,4
B	Od 0,4	Do 1,0
C	Od 1	Do 3
D	Od 3	Do 10
E	Od 10	Do 25
F	Od 25	Do 50
G	Od 50	Do 75
H	Od 75	Do 150
J	Od 150	Do 300
K	Od 300 výše	

Pro určení poměrného zastoupení těchto tříd velikostí v určovaném vzorku se používá síťový rozbor. [6]

Další parametr je tvar těchto zrn, viz tabulka 2.

tab. 2.: Značení zrnitosti sypkého materiálu dle tvaru zrn (převzato z [6])

I.	Ostré hrany s přibližně stejnými rozměry ve všech dimenzích (příklad: kostky)
II.	Ostré hrany, u nichž je jeden rozměr zřetelně větší než ostatní (příklad: hranoly)
III.	Ostré hrany, u nichž je jeden rozměr podstatně menší než ostatní (příklad: desky, šupiny)
IV.	Zaoblené hrany, s přibližně stejnými rozměry ve všech třech dimenzích (příklad: předměty kulového tvaru)
V.	Oblé hrany, mající jeden rozměr větší než ostatní (příklad: válce, tyče)

Výsledný údaj o zrnitosti je buď procentuální zastoupení jednotlivých tříd nebo křivka zrnitosti.

1.2 Soudržnost

Soudržnost sypkých materiálů je velmi důležitou vlastností pro určení způsobu dopravy. Reálné sypké materiály jsou na rozdíl od ideálních schopny přenášet pomocí vnitřního tření nejen smyková a tlaková namáhání, ale i malá krutová a tahová. Údajem rozhodujícím o zařazení do dané kategorie je sypný úhel. [6]

1.2.1 Sypný úhel

Sypný úhel ρ je úhel, který svírá povrch volně nasypané látky s vodorovnou rovinou. Velikost sypného úhlu pro daný materiál závisí na součiniteli vnitřního tření f . „Částička materiálu o hmotě m na povrchu hromady bude v rovnováze, bude-li platit:

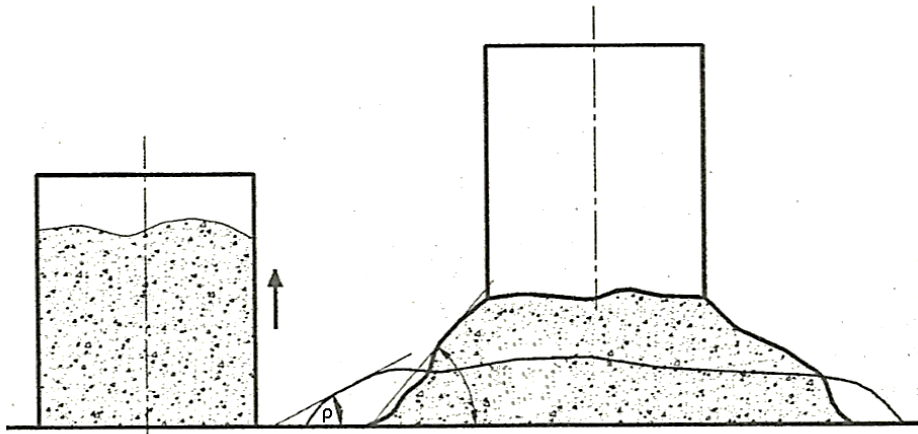
$$m \cdot g \cdot \sin \rho = f \cdot m \cdot g \cdot \cos \rho \quad (1)$$

$$f = \operatorname{tg} \rho \text{ a } \rho = \operatorname{arctg} f \quad [2] \quad (2)$$

Hodnoty f jsou pro mnohé materiály dohledatelné v technických příručkách.

Možnou demonstrací sypného úhlu je naplnění válce bez dna materiálem a jeho pomalým zvednutím z podložky. Úhel, který se po zvednutí válce vytvoří mezi povrchem materiálu a podložkou je onen sypný úhel. [6]

Tato demonstrace je znázorněna na obrázku 1.



obr. 1.: Znázornění měření sypného úhlu vysypáváním z válcové nádoby (upraveno z [6])

Sypké hmoty rozdělujeme do šesti kategorií, které označujeme arabskými číslicemi, viz tabulka 3.

tab. 3.: Značení soudržnosti sypkého materiálu (převzato z [6])

1.	Materiál ve vzduchu se vznášející a tekoucí jako tekutina
2.	Lehce tekoucí materiál, sypný úhel menší než 30°
3.	Normálně tekoucí, sypný úhel mezi 30° a 45°
4.	Těžko tekoucí se sypným úhlem mezi 45° a 60°
5.	Soudržný materiál, sypný úhel větší než 60°
6.	Materiál netvořící skluzy, netekoucí, se sklonem ke tvoření kleneb a těžko od sebe oddělitelný

1.3 Chování materiálu během dopravy

Materiály označujeme malými písmeny, pokud mají některou z deseti vlastností uvedených v tabulce 4. [6]

tab. 4.: Značení vlastností dopravovaného sypkého materiálu (převzato z [1])

Označení	Vlastnost	Příklady
O	Abrazivní (obrusivý)	Koks, křemen, vysokopecní struska
P	Korozivní	Kuchyňská sůl
Q	Rozbitelný, křehký	Mýdlové vločky
R	Explozivní	Uhelný prach
S	Hořlavý	Dřevěné hobliny, třísky
T	Prachovitý	Cement
U	Vlhký (v %)	
V	Lepivý	Vlhká hlína
W	Hygroskopický	Sádra, kuchyňská sůl
X	Páchnoucí	Odpadky

1.4 Objemová hmotnost

Pro účel dopravy sypkých látek se nepoužívá pro vyjádření hmotnosti jednotkového objemu hustota, nýbrž objemová hmotnost ρ_v , která uvažuje prostor mezi jednotlivými zrny. [6]

1.5 Teplota

„Teplota je udávána přednostně ve °C, je-li teplota proměnná, uvádějí se její minimální a maximální hodnoty.“ [10]

1.6 Vlhkost

Dalším důležitým parametrem je vlhkost, která je definována jako podíl hmotnosti vody ve vzorku a hmotnosti vzorku. Udává se v procentech.

Je důležité ji znát, především k posouzení rizika nalepování nebo přimrzání materiálu na dopravní zařízení.

Vzorek může obsahovat vodu:

- volnou – dostane se do vzorku mechanicky při dopravě nebo na skládce, dá se odstředit
- hrubou – je kapilárně vázaná v prostorech mezi zrny, vyschne při 20°C a 50% vlhkosti okolí

- Zbylou – je pohlcená ze vzduchu, neboli hygroskopická, uzavřená v kapilárách samotných zrn, lze odstranit sušením při 105°C
- Okludovanou – část vody zbylé, která se při 105°C neodpaří, je uzavřena v nejužších kapilárách zrn
- Konstituční – chemicky vázaná, nedá se uvolnit jinak než spalováním

Pokud vzorek obsahuje jen vodu konstituční, nazýváme látku suchou. [6][8]

1.7 Úhel vnitřního a vnějšího tření

Úhel vnitřního tření φ závisí na materiálu, normálovém tlaku a míře konsolidace. Vyjadřuje tření mezi zrny materiálu.

„Úhel vnějšího tření v je úhlem při kterém sypký materiál začíná klouzat po podložce a je třeba odlišovat úhel vnějšího tření:

$$\text{Za klidu} \quad tgv = \mu \quad (3)$$

$$\text{Za pohybu} \quad tgv_a = \mu_a \quad (4)$$

Vzájemnou relaci mezi úhlem vnějšího tření za klidu a za pohybu lze vyjádřit následujícím vztahem

$$\mu_a < \mu \rightarrow v_a < v \quad [6] \quad (5)$$

Součinitel vnějšího tření závisí na velikosti normálového tlaku, sypkém materiálu a podkladovém materiálu. [6]

1.8 Abrazivnost

Tato vlastnost vyjadřuje, jak moc sypký materiál otírá a obrušuje materiál, po kterém se tře (např. žlab šnekového dopravníku). Závisí na tvrdosti, velikosti a tvaru zrn sypkého materiálu. [2]

2 Doprava uhlí v teplárnách

V teplárenství se pro dopravu uhlí používá několik typů dopravníků. Následující text přináší jejich stručný přehled a detailnější rozbor šnekových dopravníků.

2.1 Pásové dopravníky

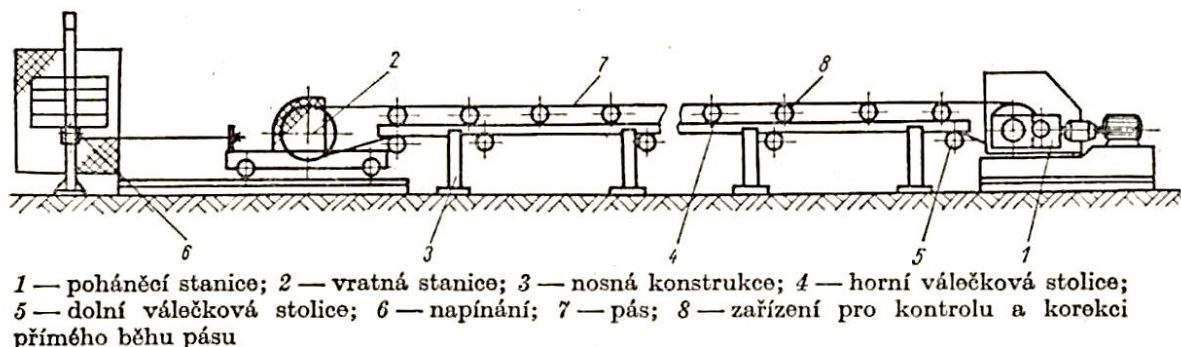
Pásové dopravníky jsou využívány převážně pro vodorovnou a mírně skloněnou, ale v některých případech je možné využití i pro dopravu strmou, či dokonce svislou. Tažným a nosným orgánem pásových dopravníků je nekonečný pás, který je:

- a) pryžový
- b) ocelový
- c) PVC
- d) textilní
- e) pletivový.

Tento pás je poháněn bubny a musí být podpírán, což je realizováno válečky nebo rovinnou plochou.

Pomocí pásových dopravníků mohou být dopravovány sypké nebo kusovité materiály. [1]

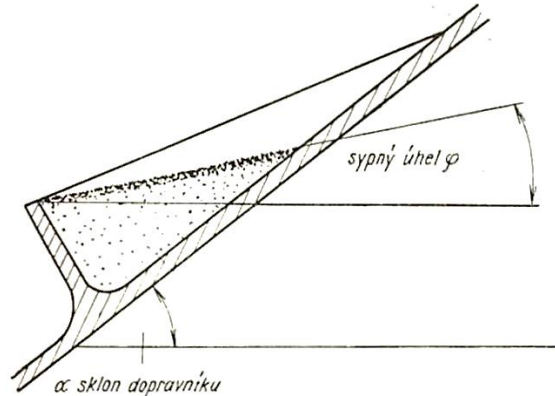
Schéma pásového dopravníku můžeme vidět na obrázku 2.



obr. 2.: Schéma pásového dopravníku (převzato z [1])

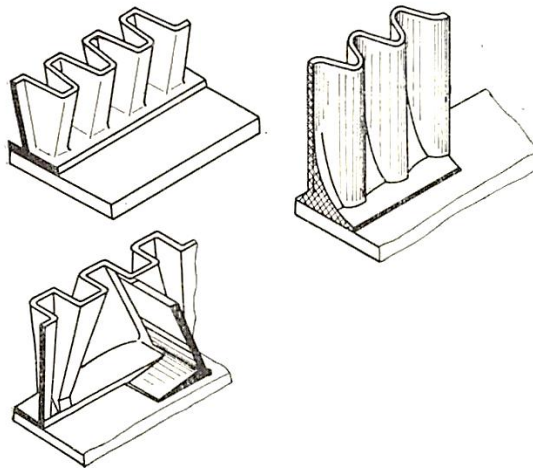
Běžné pásy mohou být používány pro dopravu vodorovnou nebo se sklonem maximálně 18 až 20°. Pro strmou dopravu musí být použit speciální typ pásu. Pokud je

použit pás s příčnými žebry (viz obrázek 3), zvětší se maximální přípustný sklon dopravníku na 30 až 45°. [1]



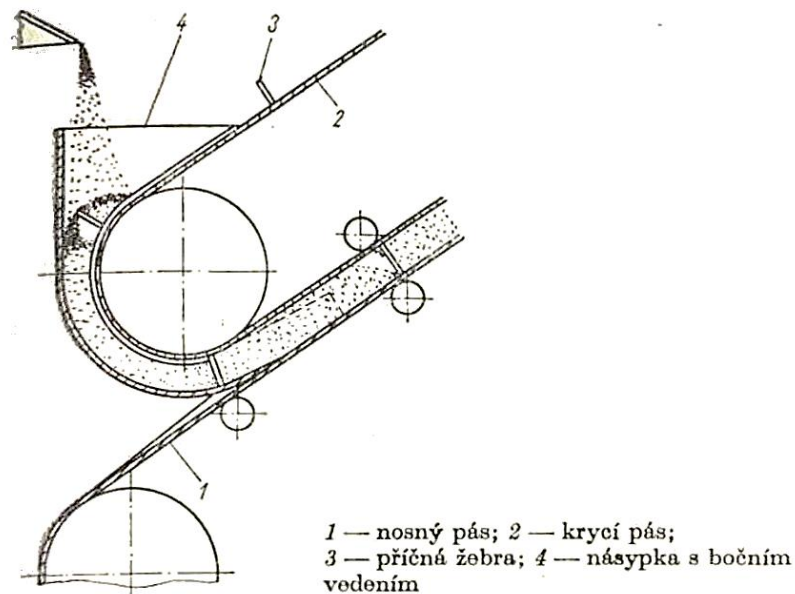
obr. 3.: Pás s příčnými žebry (převzato z [1])

Další možností zvětšení maximálního přípustného sklonu dopravníku je použití zvlněných bočních stěn (viz obrázek 4). Po takovéto úpravě je maximální přípustný sklon dopravníku 45 až 60°. [1]



obr. 4.: Pásky se zvlněnými bočními okraji (převzato z [1])

Použitím přitlačného krycího pásu (viz obrázek 5) je možná až svislá doprava materiálu. Tento způsob dopravy je vhodný i pro lepkivé materiály. [1]



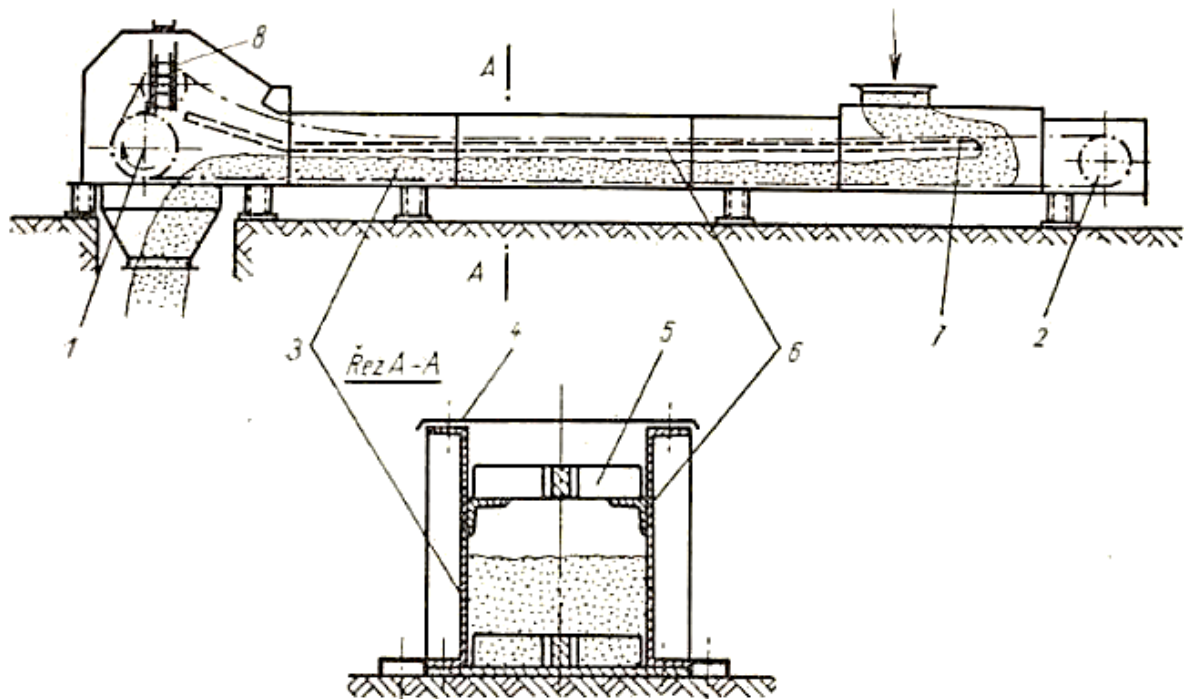
obr. 5.: Princip dopravníků s přitlačným krycím pásem (převzato z [1])

V případě dopravy lepkavých a vlhkých materiálů se pás znečišťuje a je zapotřebí instalovat čističe pásu. Čistič bývá umístěn na začátku dolní větve pásu, aby se nezanášel nalepený materiál do podpěrných válečků. Nejjednodušší čistič je vyroben z odřezku pásu, který je závažím přitlačovaný k pásu přechazejícímu přes hnací bubnu. Další možností je například instalace rotačního kartáčového čističe, který je poháněn klínovým řemenem od hnacího bubnu. [13][24]

2.2 Redlery

Redler je dopravník s kontinuálním provozem a tažným orgánem. Tažným orgánem redleru je jeden nebo více řetězů. Na řetězu jsou umístěny unašeče, které před sebou posouvají dopravovaný materiál v základní vrstvě, která má výšku rovnu vzdálenosti horní hrany unašečů od dna žlabu. Materiál je zároveň unášen v horní vrstvě, která spočívá na vrstvě základní a pohybuje se v důsledku třecích sil mezi těmito vrstvami. Materiál dopravovaný redlerem se pohybuje žlabem obdélníkového průřezu. [1]

Schéma redleru je znázorněno na obrázku 6.



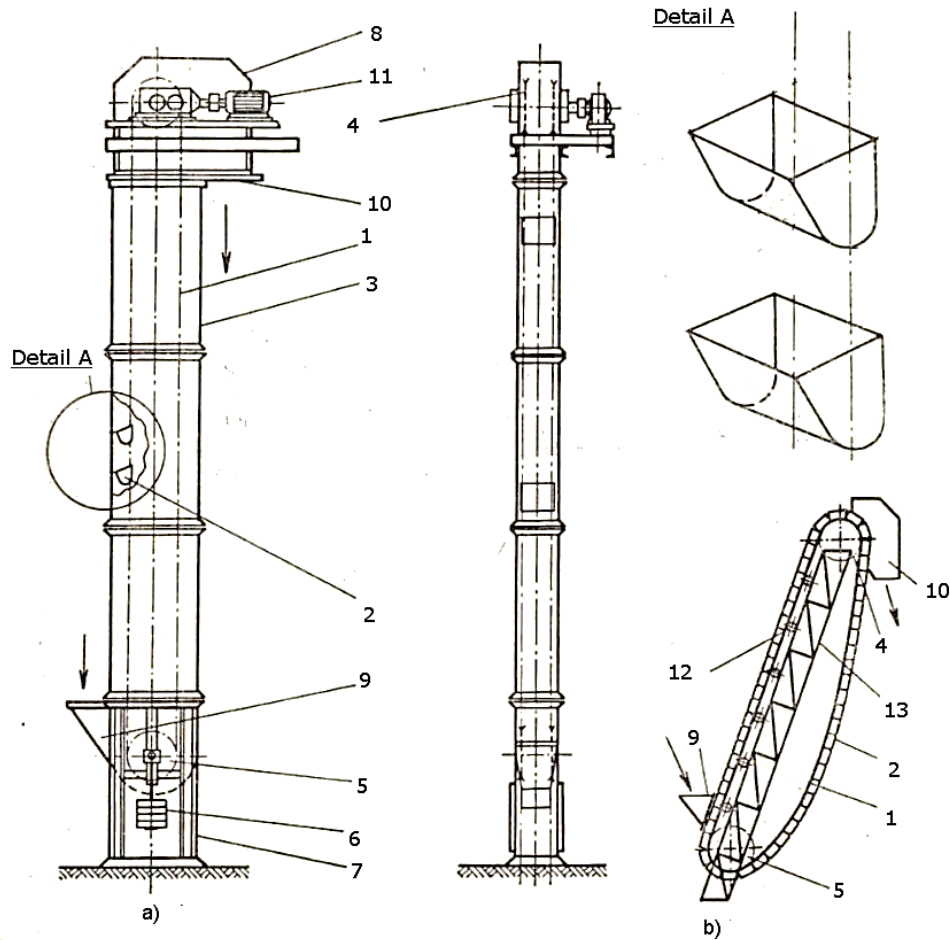
1 — poháněcí stanice; 2 — vratná stanice; 3 — žlab; 4 — víko;
 5 — řetěz s unášeči; 6 — vedení; 7 — mezidno; 8 — napínací ústrojí

obr. 6.: Schéma redleru (převzato z [1])

Předností redlerů je, že mají pro dané dopravované množství nejmenší průřez. Naopak nevýhodou je, že se nehodí pro dopravu vlhkých, lepivých a lehce držitelných materiálů. [1]

2.3 Korečkové dopravníky

Korečkový dopravník (na obrázku 7) je dopravník s tažným elementem, používaný zejména ve svislé nebo strmé dopravě o minimálním sklonu 60° . Tímto tažným elementem je řetěz, lano nebo pás. Korečkový dopravník používá k dopravě materiálu korečky, které jsou připevněny na tažném elementu. Jsou to nádoby, nejčastěji svařené z ocelového plechu. Tyto nádoby nabírají nebo je do nich nasypáván materiál a dopravují ho až na nejvyšší bod dopravní dráhy, kde ho vysypají. [1]



a) svislý, b) šikmý
 1 - tažný prostředek; 2 - korečky; 3 - šachta; 4 - hnací buben (řetězová kola); 5 - vratný (napínací) buben (řetězová kola); 6 - napínací ústrojí; 7 - pata elevátoru; 8 - hlava; 9 - násypka; 10 - výsypka; 11 - pohon; 12 - vodící kladky; 13 - nosná konstrukce

obr. 7.: Schéma korečkového dopravníku (upraveno z [1])

Jejich výhodou je možnost dopravy do velkých výšek (až do 90 m) a možnost dopravy vlhkých a lepivých materiálů.

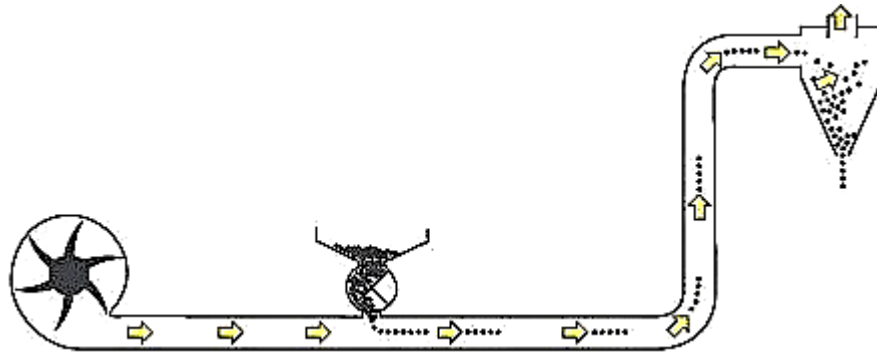
Velkou nevýhodou korečkových dopravníků je poměrně složitá konstrukce a také náchylnost k přetížení. [1]

2.4 Pneumatické dopravní systémy

Pro dopravu jemnozrnných materiálů je možné využít i dopravu pneumatickou. Tento způsob dopravy používá pomocné médium, a to nejčastěji vzduch, který proudí v potrubním systému a ve kterém je dopravovaný materiál unášen. Je možné jimi

dopravovat materiály o maximální zrnitosti 8 mm. Některé lehčí materiály pak i o zrnitosti vyšší. [1]

Na obrázku 8 je schematicky znázorněn pneumatický dopravník.

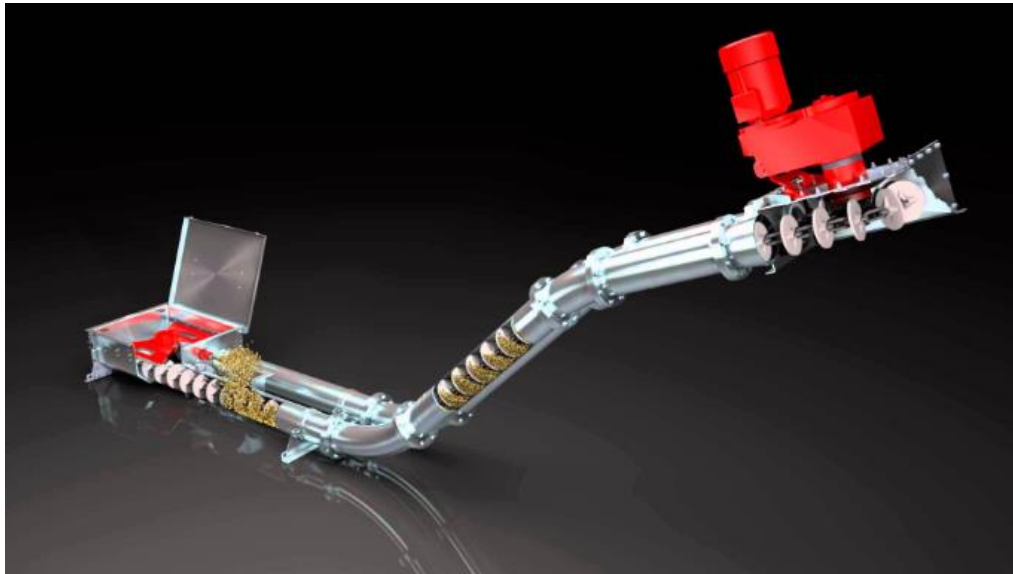


obr. 8.: Schéma pneumatického dopravníku (převzato z [18])

Pneumatické dopravní systémy mají přivětivě nízké pořizovací náklady, avšak jejich provoz je cenově nákladný kvůli vysokým nákladům na energii. Mohou dosahovat dopravních výšek až 100 m a dopravovat materiál i do jinak velmi těžko přístupných míst. Není jimi možné dopravovat vlhké a lepivé materiály. [1]

2.5 Potrubní řetězové dopravníky

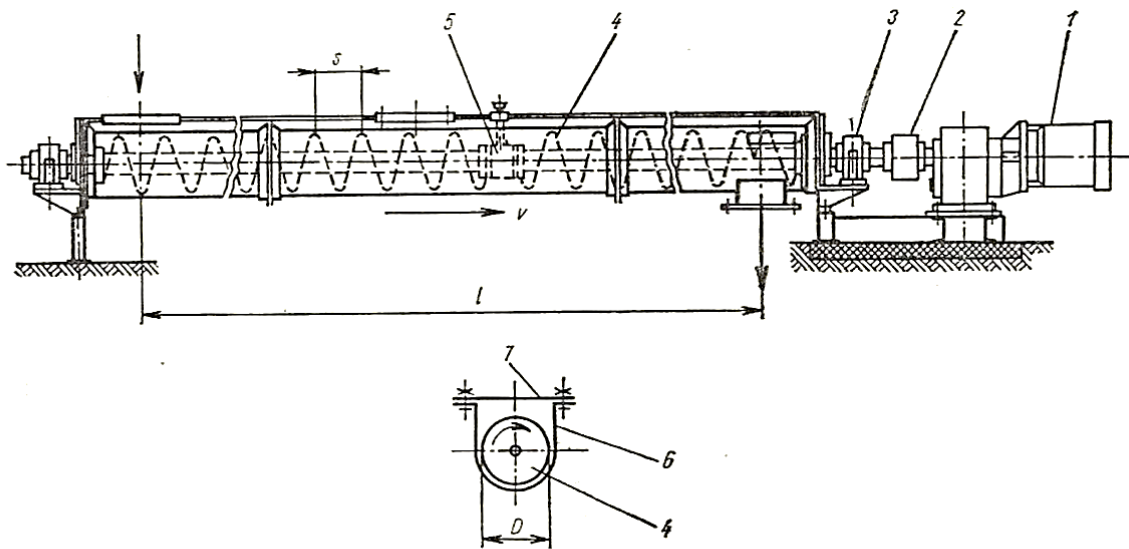
Potrubní řetězové dopravníky (na obrázku 9) vyrábí německá společnost Schrage Rohrketten-system GmbH Conveying Systems. Tyto dopravníky využívají řetěz jako tažný orgán s unašeči ve tvaru disků, které kopírují tvar potrubí, v kterém je materiál dopravován. Díky jejich stavebnicovému provedení je možné do dopravníku zařadit například čistící stanice s kartáči čistícími unašeče nebo nahrazení několika unašečů kartáčem ve tvaru disku, který čistí potrubí. Je jimi možné dopravovat i lepivé materiály. [17]



obr. 9.: Potrubní řetězový dopravník (převzato z [17])

2.6 Šnekové dopravníky

Šnekové dopravníky jsou zařízení sloužící převážně k vodorovné, šikmé, ale výjimečně i k svislé dopravě sypkých, zrnitých nebo jemně kusovitých materiálů. Díky své jednoduché konstrukci a spolehlivé funkci mají široké uplatnění napříč odvětvími. Od dopravy uhlí do kotle rodinného domu, přes dopravu krmiva hospodářským zvířatům, až po dopravu kalů v čistírnách odpadních vod. Někdy jsou využívány mimo pouhé dopravy zároveň k dalšímu účelu, např. mytí, míchání, chlazení... [1][4][5]
Na obrázku 10 je schéma šnekového dopravníku s popisem nejdůležitějších částí.



1 — hnací převodový elektromotor; 2 — spojka; 3 — ložiska; 4 — šnek; 5 — vodící ložiska šneku; 6 — žlab; 7 — víko žlabu

obr. 10.: Schéma šnekového dopravníku (převzato z [1])

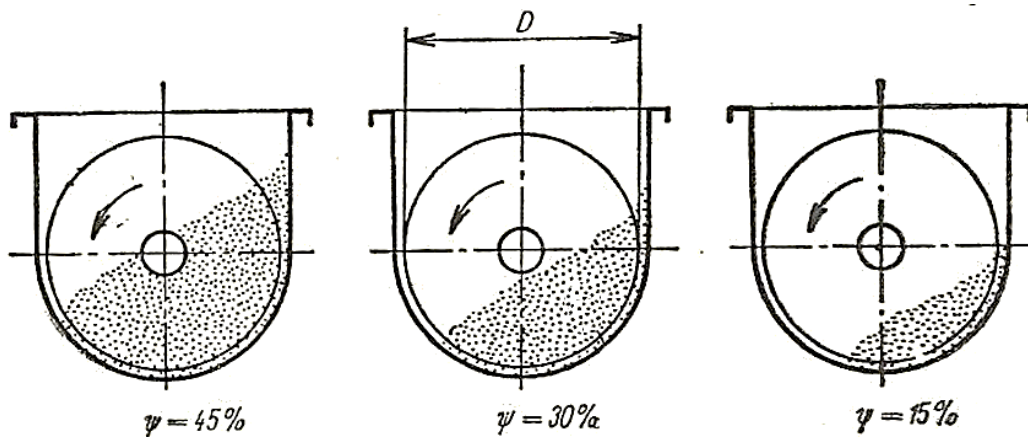
2.6.1 Žlab

Nosným orgánem šnekového dopravníku je trubka nebo „*plechový žlab průřezu písmene U.*“ [2] Žlaby se vyrábějí nejčastěji z ocelového plechu, a to v tloušťkách 2 až 10 mm. Žlab může být otevřený, ale kvůli bezpečnosti, prašnosti nebo ochraně dopravovaného materiálu před kontaminací z okolí je většinou opatřen víkem nebo alespoň roštem. Materiál je možné do dopravníku přivádět přiváděcími otvory shora, v libovolném místě délky dopravníku. Odvádění materiálu je rovněž možné v libovolném místě délky dopravníku, nejčastěji zdola. Dopravník může mít i více odváděcích otvorů opatřených šoupátky, kterými se nastavuje místo odběru dopravovaného materiálu. [1][2][4]

Princip dopravy je posouvání materiálu šnekem ve směru osy šneku. Tento způsob dopravy je podmíněn neúplným zaplněním žlabu. Pokud by byl žlab zcela zaplněn, mohlo by docházet k nahuštění materiálu a jeho otáčení společně se šnekem a tím k přerušení dopravy. Informaci o tom, jak má být žlab zaplněn udává součinitel zaplnění žlabu ψ . Další podmínkou pro bezproblémovou dopravu je větší tření mezi

dopřavovaným materiálem a stěnou žlabu, než dopřavovaným materiálem a povrchem šnekovnice. [2]

Řez šnekovým dopřavníkem s různým součinitelem zaplnění je vyobrazen na obrázku 11.



obr. 11.: Využití průřezu žlabu při různém součiniteli plnění (převzato z [1])

2.6.2 Šnek

Uvnitř žlabu se otáčí šnek a tím posouvá dopřavovaný materiál vpřed. Tvoří jej šnekovnice přivařená na hřídeli, který může být buď plný, anebo dutý. Existují i šneky bez hřídele, které se nazývají bezosé. Tato práce se dále zabývá jen šneky s osou.

Také šnekovnice se vyrábí v několika provedeních:

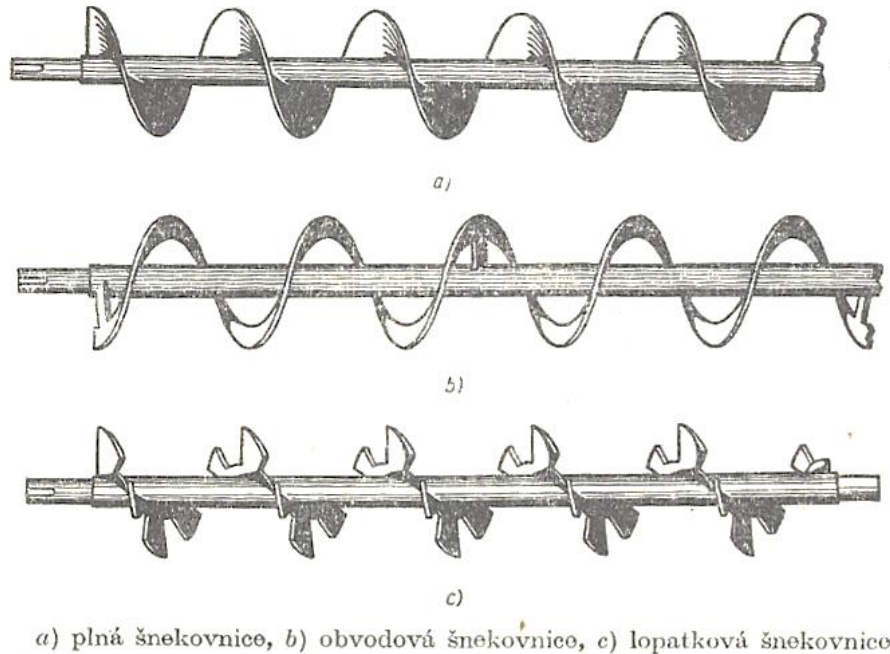
- a) plná
- b) obvodová
- c) lopatková

Šnekovnice je vyrobena z ocelového plechu tak, že je na jedné straně nastříženo plechové mezikruží a osově roztáhnuto na požadované stoupání. Poté se potřebný počet takovýchto závitů přivaří vnitřním průměrem na hřídel a zároveň konci k sobě. Šnekovnice může být také odlévaná nebo válcovaná z plechového pásu. [1]

Obvodová šnekovnice se vyrábí stejným způsobem, ale na hřídel není přivařena za svůj vnitřní průměr, který je větší než průměr hřídele, ale je přivařena na držáky, které jsou přivařeny jednou stranou na hřídel a druhou stranou na vnitřní průměr šnekovnice.

Lopatkové šnekovnice se používají tam, kde má být dopravovaný materiál zároveň promícháván. Lopatky mohou mít různý tvar. [1][11][12]

Typy šnekovnic jsou znázorněny na obrázku 12.



obr. 12.: Typy šnekovnic (převzato z [1])

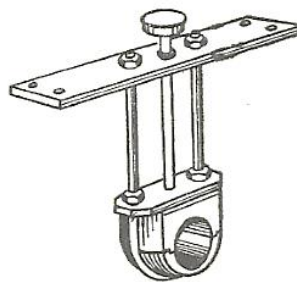
2.6.3 Pohon

Pohon šnekových dopravníků nejčastěji tvoří třífázový asynchronní elektromotor. Elektromotor se umísťuje buď přímo na čelo žlabu nebo na samostatný základ. Na hřídel šneku přivádí hnací moment přes převodovku a buďto přímo přes hřídelové spojky nebo přes vložený řetězový či řemenový převod. Podle toho, zda je hnací jednotka umístěna u přívodu nebo u odvodu materiálu se šnekový dopravník nazývá buď tlačný anebo tažný. [1][20]

2.6.4 Uložení šneku ve žlabu

Uložení hřídele šneku ve žlabu je realizováno pomocí dvou valivých ložisek v čelech žlabu, ve kterých jsou uloženy čepy hřídele. Jedno z ložisek musí být schopno zachycovat axiální síly. Pokud je šnek větší délky (konkrétní délka závisí na mnoha

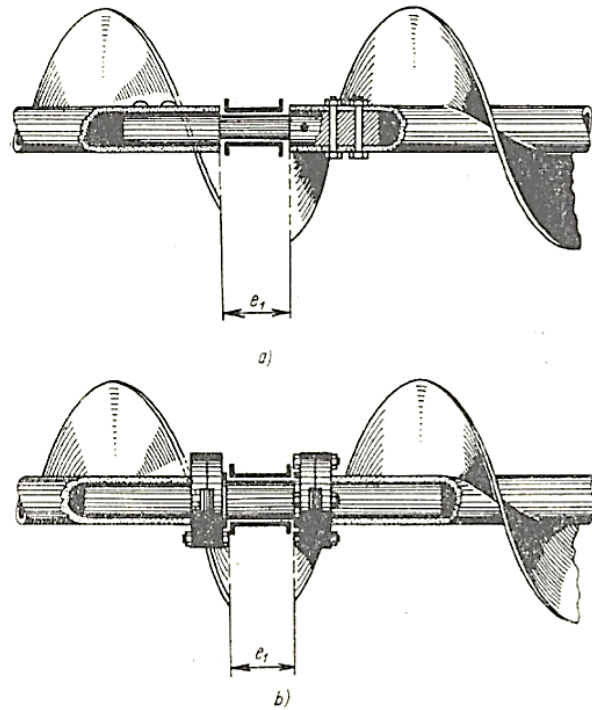
proměnných, například: materiál hřídele, průměr hřídele, dopravovaný materiál...), musí být uložen v dalších, podpěrných ložiskách, která jsou instalována po cca 2,5 až 3 m, a to z důvodu prevence přílišného průhybu při zatížení. Podpěrná ložiska mohou být výškově stavitelná. Výškově stavitelné podpěrné ložisko můžeme vidět na obrázku 13. Někdy je výhodné mít šnek oproti žlabu lehce vyosený, a to z důvodu snížení pěchování dopravovaného materiálu mezi šnekem a žlabem, čímž klesá dopravní odpor a lehce se zvyšuje dopravní účinnost. [1]



obr. 13.: Výškově stavitelné podpěrné ložisko šneku (převzato z [1])

2.6.5 Spojení šneku a žlabu z více částí

Šneky i žlaby se vyrábějí v definovaných výrobních řadách, tedy průměrech, stoupáních a délkách. Konkrétních délek je pak dosahováno spojováním několika kratších segmentů. Šnek bývá napojován v podpěrných ložiskách pomocí čepu nebo pomocí lehce demontovatelné spojky, což je vyobrazeno na obrázku 14. Žlab bývá spojován pomocí přírub se šrouby a maticemi. [1]



a) spoj s lícovým čepem a šrouby,
b) spojení šneků s lehce
demontovatelnou spojkou

obr. 14.: Spojení šneků (převzato z [1])

2.6.6 Rozdělení šnekových dopravníků

Šnekové dopravníky se rozdělují podle několika kritérií:

„a) podle směru dopravy na:

vodorovné

šikmé

svislé

b) podle smyslu stoupání šneku na:

pravotočivé

levotočivé

- c) *podle počtu šneků na:*
jednošnekové
dvoušnekové [1]
- d) *podle nosného orgánu na:*
žlabový
trubkový
- e) *podle umístění pohonu na:*
tažné
tlačné
- f) *podle provedení šnekovnice na:*
s plnou šnekovnicí
s obvodovou šnekovnicí
s lopatkovou šnekovnicí
s kuželovou šnekovnicí
bezosé
s vnitřní šnekovnicí
ohebné [1][7]

2.6.7 Výpočet

Výpočet parametrů šnekového dopravníku lze zcela provést například dle CEMA standard no. 300 a CEMA standard no. 350, které jsou rozšířené především v zámoří nebo dle v Evropě používanějších norem ČSN ISO 1050 a ISO 7119. Proto je zde prezentován pouze výchozí přehled informací, které rozhodují o výpočtovém přístupu.

2.6.7.1 Určení parametrů dopravovaného materiálu

V prvním kroku je zapotřebí definovat materiál, který bude šnekovým dopravníkem dopravován a sepsat si jeho nejdůležitější vlastnosti. [22]

2.6.7.2 Výpočet průměru šneku a dopravní rychlosti

V dalším kroku se z požadovaného dopravovaného množství určí dopravní rychlost a průměr šneku.

- Nejprve se z tabulky 5 určí konstanta k pro daný materiál a vypočtou se maximální přípustné otáčky ze vzorce (7), který je převzatý z literatury [2]. Následně se z rovnice kontinuity (8) určí potřebný průměr šneku. Rovnice (8) je převzata z [1].
 - Zadanými parametry jsou: dopravované množství Q_v , sklon dopravníku a z materiálových vlastností vyplývá doporučený součinitel plnění žlabu ψ viz tabulka 6.
 - Ze sklonu dopravníku se dle tabulky 7 určí součinitel sklonu dopravy snižující dopravované množství C_H .
- Hledanými parametry jsou tedy potřebné otáčky n , průměr D a stoupání šnekovnice s .
 - Zvolí se stoupání šneku, které musí být v zadaném rozmezí viz vztah (6) převzatý z [3], avšak v praxi se pro prvotní návrhový výpočet volí nejčastěji $s = D$.
 - Dále se zvolí otáčky šneku, které přitom nesmějí překročit maximální přípustné otáčky n_{max} vypočtené dle vzorce (7). V praxi se s ohledem na nižší opotřebení volí otáčky nižší.
- Vypočtený potřebný průměr šneku se zaokrouhlí na nejbližší vyšší standardizovaný. [2][3][22]

$$s = (0,5 \div 1,3) D \quad (6)$$

$$n_{max} = \frac{k}{D} \quad (7)$$

$$Q_v = 3\,600 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s \cdot \psi \cdot n \cdot C_H \quad (8)$$

tab. 5.: Značení vlastností dopravovaného sypkého materiálu (převzato z [1])

Materiál	Konstanta k
Lehký neabrazivní	60
Těžký neabrazivní	45
Těžký abrazivní	30

tab. 6.: Hodnoty součinitele plnění ψ (převzato z [2])

Materiál	Součinitel plnění ψ
Těžký abrazivní	0,125
Těžký a mírně abrazivní	0,25
Lehký a mírně abrazivní	0,32
Lehký a neabrazivní	0,4

tab. 7.: Hodnoty součinitele sklonu dopravy C_H (převzato z [2])

Úhel	Součinitel C_H
0°	1
5°	0,9
10°	0,8
15°	0,7
20°	0,65
25°	0,5

2.6.7.3 Výpočet příkonu

Výpočet potřebného příkonu P se může provést jedním komplexním vzorcem (9), používaným v české [1] a německé literatuře. Nebo dle anglické literatury součtem příkonů potřebných pro horizontální posun dopravovaného materiálu P_H , posun dopravovaného materiálu pod úhlem P_S a příkon potřebný pro běh nezatíženého dopravníku P_N , viz vzorce (10), (11), (12) a (13), upravené z [14]. Tyto přístupy jsou téměř totožné, jen česká a německá literatura nepočítá zvlášť s příkonem spotřebovaným na běh nezatíženého dopravníku, to je kompenzováno jinými hodnotami globálního součinitele odporu w a c_0 . [1][14]

$$P = \frac{Q_v \cdot \rho_v \cdot g}{3\,600} (l_v \cdot w \pm h) \quad (9)$$

$$P = P_H + P_S + P_N \quad (10)$$

$$P_H = c_0 \cdot \frac{Q_v \cdot \rho_v \cdot l_v \cdot g}{3\,600} \quad (11)$$

$$P_S = \frac{Q_v \cdot \rho_v \cdot h \cdot g}{3\,600} \quad (12)$$

$$P_N = \frac{D \cdot l_v}{20} \quad (13)$$

Potřebný příkon dopravníku vychází z dopravovaného množství Q_v , objemové hmotnosti materiálu ρ_v , délce dopravníku l_v , převýšení dopravníku h a celé řadě odporů. Těmi odpory jsou:

- a) tření mezi materiálem a žlabem
- b) tření mezi materiálem a šnekem
- c) tření v ložiskách
- d) odpor vzniklý promícháváním materiálu
- e) tření okraje šneku o dopravovaný materiál a žlab

Odpory a), b), c) lze poměrně jednoduše analyticky vyjádřit, zatímco odpory d), e) zatím nebyly analyticky popsány, a proto jsou všechny odpory a), b), c), d), e) nahrazeny jedním globálním součinitelem odporu w (v anglické literatuře c_0), který byl empiricky vyjádřen pro velké množství materiálů. [9]

Hodnoty součinitele w pro některé materiály jsou uvedeny v tabulce 8.

tab. 8.: Hodnoty součinitele globálního odporu w (převzato z [4])

Materiál	Součinitel w
Lehký neabrazivní (mouka, obilí, luštěniny...)	1,8
Mírně abrazivní (drobné uhlí, hrubozrná sůl...)	3,1
Hrubě zrnitý, silně abrazivní (koks, jusovité vápno...)	4,4

2.6.7.4 Volba komponent

Po zjištění potřebného příkonu jsou známy všechny parametry nutné pro výběr základních komponent šnekového dopravníku, tedy průměr, délka a stoupání pro šnek a požadovaný výkon a otáčky pro pohonný mechanismus. [22]

2.6.7.5 Kontrolní výpočty

Po zvolení výsledných parametrů je nutné s nimi výpočet zopakovat a překontrolovat platnost rovnic (6),(7),(8) a (9), nebo (10), dále průměru šneku, zda není příliš malý v poměru s velikostí zrn dopravovaného materiálu, dle vzorce (14) nebo (15).

„U tříděných materiálů musí být

$$D_{min} \geq 12a, \quad (14)$$

kde a je největší rozměr průměrně velkého kusu dopravovaného materiálu.

U netříděných materiálů musí být

$$D_{min} \geq 4a_{max}, \quad (15)$$

kde a_{max} je největší rozměr největšího kusu.“ [2]

3 Doprava uhlí do tepláren

Na cestě uhlí z dolu ke konečnému zákazníkovi je nutná ještě mezizastávka v úpravně a třídírně uhlí. Úpravny uhlí bývají nejčastěji v těsné blízkosti dolů, proto může být přeprava uhlí z dolu do úpravny realizována pomocí pásových dopravníků. V úpravně je uhlí roztříděno, jsou odděleny nečistoty, je rozdrveno, roztříděno na jednotlivé druhy a na odebraných vzorcích jsou stanoveny obsahy síry, popela, vody a výhřevnost.

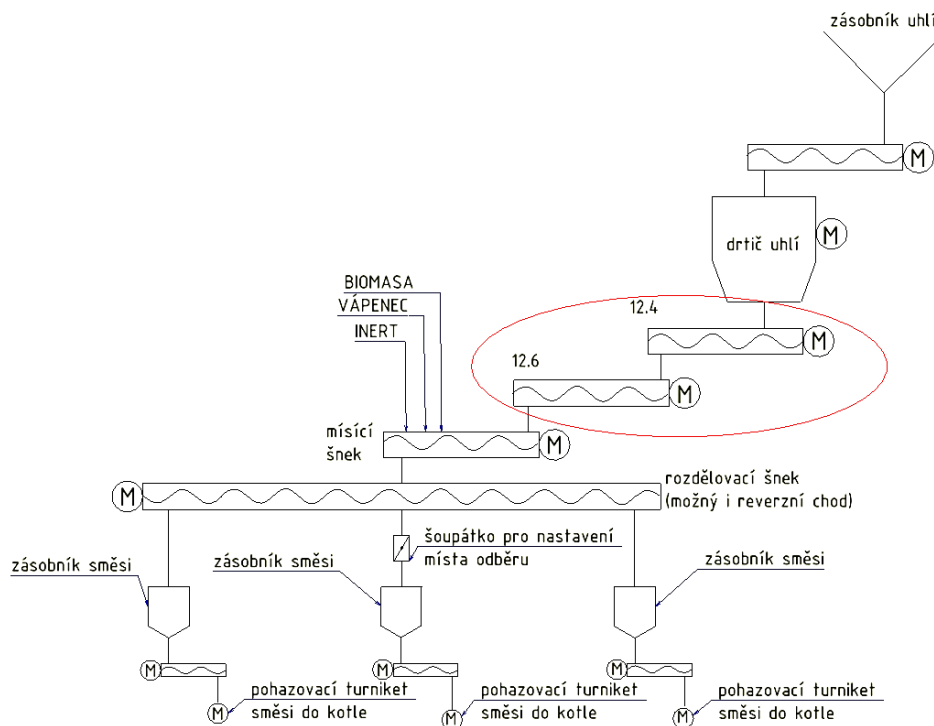
Z třídírny je uhlí ke konečnému zákazníkovi dopravováno nejčastěji pomocí železniční dopravy, ale někdy také pomocí kamionové, lodní dopravy, pásových dopravníků nebo lanovek. Na železnici je využíváno buď běžných nákladních vagónů nebo vagónů samovýšpných. Příklad samovýšpného vagónu můžeme vidět na obrázku 15. [15][16]



obr. 15.: Samovýšpný vagón Falls 84 54 6683 872-7 SD-kolejová doprava, a.s. (převzato z [19])

4 Rozbor situace v Teplárně Strakonice, a.s.

V obchodní firmě Teplárna Strakonice, a.s. jsou samovýsypné vagony vykládány do hlubinného zásobníku a odtud je uhlí dopravováno reverzním pásem na skládku uhlí Sokolovskou nebo Mosteckou. V zimě je možné uhlí rozmrazovat v rozmrazovacím tunelu s kapacitou pěti současně rozmrazovaných vagonů. Skládky Sokolovská o maximální kapacitě 5 500 t je situována za správnými budovami, skládka Mostecká o maximální kapacitě 2 500 t je umístěna u hlavního výrobního bloku. Palivo je ze skládek dopravováno do zásobníků pomocí dopravních pasů. Ze zásobníků do fluidních kotlů K1 a K2 jej dopravují systémy na sebe navazujících šnekových dopravníků. Tyto systémy obsahují každý tři šikmé trubkové dopravníky s dutým hřídelem, jeden bezosý mísící šnekový dopravník, jeden reverzní šnekový dopravník a dále pak tři paralelní šnekové dopravníky na směs uhlí, biomasy, vápence a inertu, viz obrázek 16. Tato práce se dále bude zabývat jen dopravníky SD12.4 a SD12.6 v pořadí druhým a třetím, které jsou nejslabším článkem celé dopravní cesty uhlí.



obr. 16.: Schéma části dopravní cesty (z archivu autora)

V případě, že uhlí namoklo (propršelo), začalo se v dopravnících SD12.4 a SD12.6 nalepovat na stěnu trubky, zvýšilo se tření mezi tímto nálepem a šnekovnicí. Z toho důvodu dopravníky vypadávaly na přetížení elektromotorů. Odstranění tohoto nálepu bylo velice pracné a kotle nebylo možné udržet ve spolehlivém provozu.

4.1 Šnekové dopravníky SD12.4 a SD12.6

SD12.4 a SD12.6 jsou šikmé šnekové tlačné dopravníky s plnou šnekovnicí. Dopravní cesta vede z drtiče uhlí do šnekového dopravníku SD12.4, dále do navazujícího šnekového dopravníku SD12.6 a dále do mísícího šnekového dopravníku. Nosným orgánem obou dopravníků je „*ocelová trubka $\varnothing 273/7$ mm z materiálu třídy 11. Šnekovnice vyrobena z plechu síly 6 mm z materiálu HARDOX je přivařena na trubku s čepy, která tvoří hřídel šneku. Pohon je zajištěn pohonnými jednotkami 5,5 kW. Šnekové dopravníky jsou provedeny v prachotěsném provedení. Jednotlivé části šnekových dopravníků jsou elektricky svařeny nebo sešroubovány. Čepy hřídelů jsou vyrobeny z oceli 11 500 a uloženy v ložiskách. Šnekové dopravníky jsou uvnitř opatřeny základním nátěrem S 2000, povrch je otryskán a opatřen 1x základním nátěrem a 2 x vrchním nátěrem S 2013/RAL 8008. Dopravníky jsou osazeny čistícími otvory o rozměrech 200 x 215 mm.*“ [23] Technické parametry dopravníků SD12.4 a SD12.6 jsou vypsány v tabulkách 9 a 10.

tab. 9.: Technické údaje SD12.4 (upraveno z [23])

Průměr šneku	240 mm
Délka šneku	4,0 m
Sklon šneku	25°
Stoupání šneku	Proměnlivé
Otáčky šneku	100 ot./min
Příkon motoru	5,5 kW
Výkon šneku	12 t/hod.
Vpád	z trubky $\varnothing 273/7$ mm
Výpad	z trubky $\varnothing 273/7$ mm

tab. 10.: Technické údaje SD12.6 (upraveno z [23])

Průměr šneku	240 mm
Délka šneku	5,37 m
Sklon šneku	39°
Stoupání šneku	proměnlivé
Otáčky šneku	100 ot./min
Příkon motoru	5,5 kW
Výkon šneku	12 t/hod.
Vpád	z trubky $\varnothing 273/7$ mm
Výpad	z trubky $\varnothing 273/7$ mm

4.2 Dopravovaný materiál

Šnekovými dopravníky SD12.4 a SD12.6 je dopravováno hnědé uhlí Hruboprach - hp2 136 od Severní energetické a.s. Tento materiál je drcen na zrnitost 0–10 mm. Sytná hmotnost Hruboprachu – hp2 136 je $730 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Drobné hnědé uhlí je označováno jako mírně abrazivní. [21]

4.3 Vyzkoušená řešení

Prvním vyzkoušeným řešením bylo vytvoření **bodových návarů** na obvodu šnekovnice, které měly nálep narušovat a tím oslabit jeho soudržnost. Toto řešení však v praxi neobstálo. Návary sice rozřezaly nálep po jejich kruhových trajektoriích, ale k odtržení celého nálepu nedocházelo.

Dalším z použitých řešení bylo přivaření **ocelových břitů** mezi jednotlivé závitů šnekovnice, vždy po 120° , aby byl vždy v záběru stejný počet břitů a zatížení bylo co nejrovnoměrněji rozloženo. Břity, které byly velmi blízko trubky, nálep vcelku úspěšně odkrajovaly. Od tohoto způsobu řešení bylo upuštěno z důvodu bezpečnosti obsluhy. Fotografie tohoto řešení je vložena jako obrázek 17.



obr. 17.: Přivařené břity (z archivu autora)

Po vyzkoušení nejjednodušších, velmi levných opatření bylo postoupeno k radikálnějšímu řešení. V současné době probíhá **zastřešení skládky uhlí Mostecká**, a tím dojde k snížení vlhnutí uhlí. Bude tedy možné za deště odebírat sušší materiál ze skládky Mostecká a za sucha i z nezastřešené skládky Sokolovská. Toto řešení však neeliminuje možnost promoknutí uhlí při dopravě na skládku a dále přijímání vzdušné vlhkosti. Dalším zdrojem vody v uhlí je rozmrazování v zimních měsících. To je realizované za pomoci horké páry, která uhlí nejen rozmrazí, ale zároveň mu předá část své vlhkosti. Tím pádem je i přes zastřešení skládky uhlí nutné volit další opatření. Letecký snímek areálu Teplárny Strakonice, a.s. před zastřešením skládky Mostecká a vizualizace stavu po zastřešení jsou na obrázku 18.



obr. 18.: Letecký snímek před a vizualizace po zastřešení skládky Mostecké (dostupné z <https://www.google.cz/maps/> a <https://mapy.cz/>, souřadnice: 49°15'17.9"N 13°54'16.5"E)

5 Konstrukční návrhy

Před vlastními konstrukčními návrhy je potřeba provést rozbor pravidel a vztahů pro správnou funkci šnekových dopravníků a z nich poté vyvodit možná opatření.

5.1 Rozbor

K ucpávání dochází z důvodu nesplnění podmínky většího tření dopravovaného materiálu o stěnu žlabu než o povrch šnekovnice, anebo nesplnění rovnice (8), vycházející z rovnice kontinuity, takže:

$$Q_v > 3\,600 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s \cdot \psi \cdot n \cdot C_H$$

Materiál se tedy hromadí uvnitř žlabu, kde je pěchován, znemožňuje průchod dalšího materiálu a tím zapříčiňuje zhoršení ucpání.

Musí být tedy provedena opatření, která umožní průtok veškerého materiálu, který je do šnekového dopravníku přiváděn.

Pokud se provede kontrola podmínky většího tření dopravovaného materiálu o stěnu žlabu než o povrch šnekovnice a celého vztahu (8), člen po členu, mohou být navrženy možné změny, které by mohly pomoci k dosažení rovnosti vztahu (8), a tím k vyřešení problému.

a) Podmínka většího tření dopravovaného materiálu o stěnu žlabu než o povrch šnekovnice

- Pokud není splněna, musí být provedeno opatření k jejímu zajištění.

b) Průměr šnekovnice

- Zvětšením průměru šnekovnice (a tím pádem zvětšením průměru žlabu) může být dosaženo plynulejšího průtoku materiálu.

c) Stoupání šnekovnice

- Zvětšením stoupání šnekovnice je dosaženo vyšší rychlosti dopravy, a tím i plynulejšího toku materiálu. Stoupání musí být ovšem v daném rozmezí viz vztah (6).

d) Součinitel plnění žlabu

- Žlab nesmí být přeplňován, takže součinitel plnění žlabu musí být přibližně roven koeficientu pro daný materiál (v našem případě hnědé uhlí).
- V případě, že je uhlí vlhké, snižuje se jeho výhřevnost a z toho důvodu řídicí systém zvýší množství uhlí dopravované do kotle a tedy i dopravníky SD12.4 a SD 12.6. Ty jsou ovšem dimenzované na dopravované množství suchého uhlí, které je menší. V důsledku toho může být žlab přeplňován.

e) Otáčky

- Zvýšením otáček je dosaženo vyšší rychlosti dopravy a tím i plynulejšího toku materiálu a snížení plnění žlabu.

f) Sklon

- Součinitel C_H závisí na sklonu dopravníku. Jeho nežádoucí vliv můžeme zmírnit zmenšením sklonu.

5.2 Řešení A

Z výpočtu rovnice (8): pro SD 12.4 (pro SD 12.6 bude při větším sklonu dopravníku situace ještě méně příznivá)

$$12 t \cdot h^{-1} = 17,14 m^3 \cdot h^{-1} = 3\,600 \cdot \frac{\pi \cdot 0,240^2}{4} \cdot 0,195 \cdot \psi \cdot \frac{100}{60} \cdot 0,5 \rightarrow \psi = 64,7\%$$

Ize vidět, že v současné konfiguraci je žlab zaplněn téměř ze 65%, ale doporučený maximální součinitel plnění pro hnědé uhlí je 32%. [1]

Pokud má být dosaženo menšího zaplnění žlabu při zadaném dopravovaném množství, průměru šneku, stoupání šnekovnice a sklonu dopravníku, musí být zvýšeny otáčky šneku. Toto lze realizovat **frekvenčním měničem** nebo variátorem. Pozornost ovšem musí být věnována maximálním přípustným otáčkám, které dle vztahu (7) jsou $n_{max} = 187 \text{ min}^{-1}$. Tyto otáčky by neměly být překročeny.

5.3 Řešení B

Jednou z možností je i **náhrada** šnekových dopravníků **jiným typem dopravníku**, vhodnějším pro strmou dopravu a pro dopravu lepkavých materiálů. Mohou to být: korečkový dopravník, potrubní řetězový dopravník nebo pásový dopravník s přítlačným pásem.

5.4 Řešení C

Další možností je nezabývat se prevencí vzniku nálepu, ale jeho rozrušením poté co vznikne. Toto je možno realizovat **navařením břitů** mezi jednotlivé chody závitu, jak již bylo testováno, ale zajistit bezpečnost obsluhy znemožněním otevření inspekčních otvorů za chodu dopravníku. To je možné provést buď sofistikovaněji pomocí elektromagnetického blokovacího zařízení s jistěním krytu, nebo jednodušeji, například uzamčením visacím zámkem, zároveň je nutné poučení obsluhy.

5.5 Řešení D

Pokud by byl dopravovaný materiál neustále promícháván, nebyla by možnost jeho nalepení. Pro promíchávání dopravovaného materiálu jsou využívány **lopatkové šnekovnice**. Jednoduchou lopatkovou šnekovnicí je možno vyrobit ze stávající plné šnekovnice, radiálním nařiznutím plechu šnekovnice a vyhnutí nařiznuté části do směru dopravy.

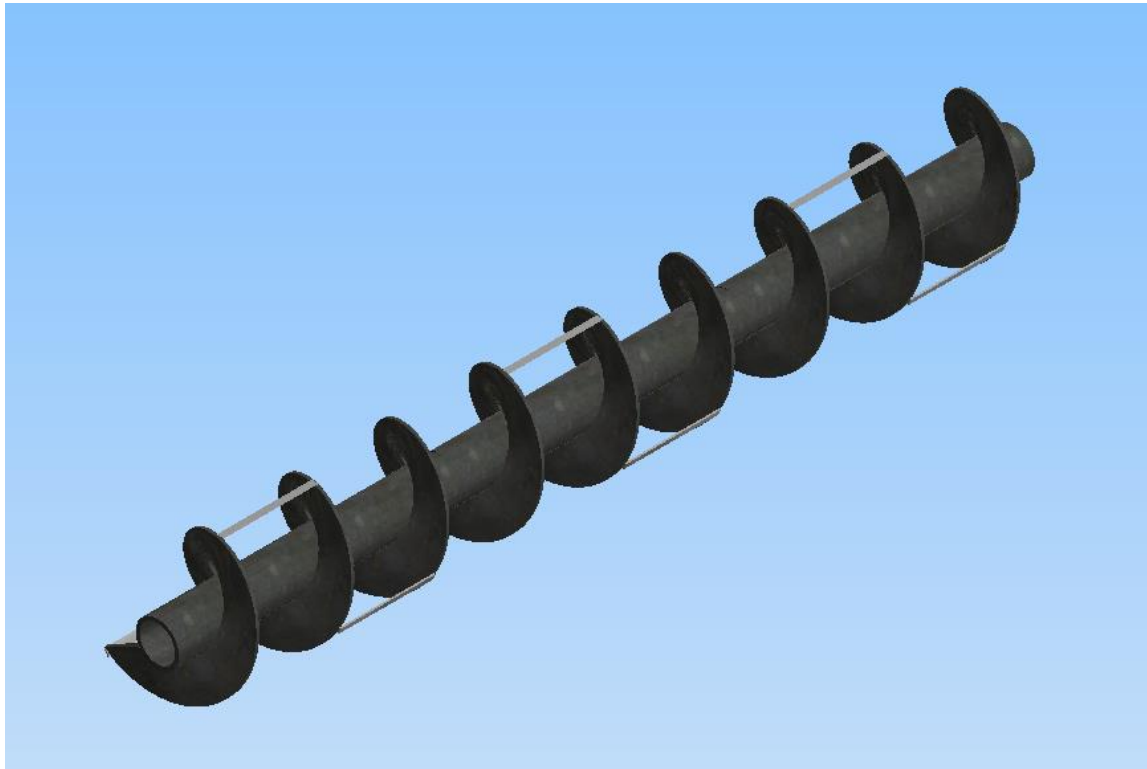
5.6 Řešení E

K problému nalepování vlhkého uhlí docházelo i v zásobnících. To bylo vyřešeno vyložením zásobníků nerezovým plechem. Tímto příznivým výsledkem je ovlivněno další řešení, které spočívá ve **vyložení žlabu** šnekového dopravníku **nerezovou výstelkou**.

5.7 Výběr návrhů

Předchozí podkapitoly přinesly výčet několika konstrukčních návrhů, bez ohledu na realizační podmínky. Těmito podmínkami jsou například ekonomické hledisko, možnost provedení bez nutnosti zásahu do okolní zástavby nebo technická realizace. Tyto podmínky musí být ve výsledku uvažovány.

Diskusí se zadavatelem byly vybrány návrhy C, D a E. K návrhům C a D byly zpracovány ilustrační 3D modely, které jsou vyobrazeny na obrázcích číslo 19 a 20. Výrobní výkres jednoho bříty z návrhu C je přiložen jako Příloha 1.



obr. 19.: 3D model části šnekovnice s přivařenými břity (řešení C)



obr. 20.: 3D model části šnekovnice s vyhnutými lopatkami (řešení D)

6 Závěr

V této bakalářské práci byl proveden rozbor vlastností dopravovaného materiálu a přehled dopravníků se zaměřením na šnekové dopravníky, včetně rozboru výpočtů parametrů, jelikož zejména jich se tato práce týká. Dále byl proveden rozbor aktuální situace v Teplárně Strakonice, a.s., týkající se dopravovaného materiálu, jeho uskladnění a v neposlední řadě dopravními systémy. Na základě vyhodnocení teoretických a praktických znalostí bylo navrženo 5 možných návrhů k řešení situace ucpávání šnekových dopravníků při dopravě vlhkého uhlí v Teplárně Strakonice, a.s.

Již v průběhu zpracovávání této bakalářské práce byl realizován konstrukční návrh E. Žlab byl vystlán nerezovým plechem 17 241 síly 1 mm, který byl přivařen bodovými svary. Po uvedení do provozu se sice zmírnilo ulpívání uhlí na trubce, ale místo toho začalo ulpívat na hřídeli a otáčet se společně s ní. Z toho důvodu byla hřídel a šnekovnice povrchově opatřena samotvrdnoucí směsí MeCaTec 103, která snížila součinitel tření s dopravovaným materiálem a zároveň šnek ochraňuje proti opotřebení. Fotografie detailu výsledného stavu je vložena jako obrázek 21. Toto řešení se zdá být po provedených úpravách vyhovující, ale v době dokončení této bakalářské práce je stále ve fázi testování a tak není jisté, zda nebude potřeba volit další opatření. Z toho důvodu byly zadavateli předány i návrhy C a D, které by mohly být dalším možným řešením.



obr. 21.: Nerezová výstelka a nátěr šnekovnice (z archivu autora)

7 Seznam použité literatury

- [1] DRAŽAN, František a Karel JEŘÁBEK. *Manipulace s materiálem*. Praha: SNTL, 1979.
- [2] DRAŽAN, František a Ladislav KUPKA. *Transportní zařízení*. Praha: SNTL, 1966.
- [3] DRAŽAN, František. *Transportéry*. Praha: ČVUT, 1966.
- [4] DRAŽAN, František, Věra VOŠTOVÁ, Karel JEŘÁBEK a Milan BRAND. *Teorie a stavba dopravníku*. Praha: ČVUT, 1983.
- [5] CVEKL, Zdeněk a František DRAŽAN. *Teoretické základy transportních zařízení*. Praha: SNTL, 1976.
- [6] POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení I*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2001. ISBN 80-248-0043-8.
- [7] STEHLÍK, Jaroslav. *Dopravníky*. Liberec, Technická univerzita, 2004. ISBN 80-7083-888-4.
- [8] ČERNÝ, Václav. *Mletí a sušení uhlí: Příprava uhlí pro prášková ohniště*. 2.přeprac.vyd. Praha: ČVUT, 1976
- [9] CVEKL, Zdeněk a Jaroslav ZAVADIL. *Zdvíhací stroje a dopravníky*. 2. opr. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964.
- [10] ČSN 26 0070. *Klasifikace a označování sypkých hmot dopravovaných na dopravních zařízeních*. Praha: Český normalizační institut, 1993
- [11] JASAŇ, Vincent. *Žeriavy a dopravníky*. Bratislava: Slovenské vydavateľství technické literatury, 1966.
- [12] KROUZA, Václav. *Stroje zdvihadí a dopravníky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1952.
- [13] PAJER, Jiří. *Stroje zdvihadí a dopravníky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955.
- [14] *Screw conveyor*. Mechanical Engineering Department Carlos III University

- [15] Severočeské doly - Cesta uhlí. In: *Youtube* [online]. 06.08.2014 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=wvKesU78Q8>
- [16] BRÁZDA, Robert, VYLETĚLEK, Jan, SKÁCEL, Kamil, GÜNTHER, Petr, GRABEC, Jaroslav a ŽALČÍK, Jakub. *Dopravní komplexy v energetice*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013
- [17] *Řetězové potrubní dopravníky*. I. P. K. Trading - Technology s. r. o., © 2017 [cit. 2017-5-20]. Dostupné z: http://www.ipktrading.cz/potrubni_retezove_dopravniky.php
- [18] *Tlačné pneumatické dopravníky obilí TRL Kongskilde*. Zemědělské potřeby M+S s.r.o., © 2015 [cit. 2017-5-18]. Dostupné z: <http://www.zemedelske-potreby.cz/kongskilde/pneumaticke-dopravniky-tlacne>
- [19] ČERNOHORSKÝ, Milan. *Vývoj vozů pro přepravu uhlí - zvyšování parametrů*. In: *Parostoj.net* [online]. 13.8.2006 [cit. 2017-5-10]. Dostupné z: https://www.parostroj.net/katalog/nv/clanky/preprava_uhli/preprava_uhli.php3
- [20] BRÁZDA, Robert, VYLETĚLEK, Jan, SKÁCEL, Kamil, GÜNTHER, Petr, GRABEC, Jaroslav a ŽALČÍK, Jakub. *Dopravní a manipulační technika*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013
- [21] *Katalog mosteckého hnědého uhlí*. Most: Severní energetická a.s., 2014. 4 s.
- [22] *Screw Conveyor Example*. KWS Manufacturing Company Ltd., © 2017 [cit. 2017-6-4]. Dostupné z: <http://www.kwsmfg.com/services/screw-conveyor-engineering-guide/screw-conveyor-example.htm>
- [23] *Návod na obsluhu a údržbu – šnekový dopravník*. Tenza, a.s.
- [24] CVEKL, Zdeněk, Lubomír JANOVSKEÝ, Vítězslav PODIVÍNSKÝ a Jaroslav TALÁCKO. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Praha: ČVUT, 1984.

8 Seznam obrázků

obr. 1.: Znázornění měření sypaného úhlu vysypáváním z válcové nádoby.....	4
obr. 2.: Schéma pásového dopravníku	7
obr. 3.: Pás s příčnými žebry	8
obr. 4.: Pásky se zvlněnými bočními okraji.....	8
obr. 5.: Princip dopravníků s přítlačným krycím pásem	9
obr. 6.: Schéma redleru.....	10
obr. 7.: Schéma korečkového dopravníku	11
obr. 8.: Schéma pneumatického dopravníku	12
obr. 9.: Potrubní řetězový dopravník	13
obr. 10.: Schéma šnekového dopravníku	14
obr. 11.: Využití průřezu žlabu při různém součiniteli plnění.....	15
obr. 12.: Typy šnekovnic	16
obr. 13.: Výškově stavitelné podpěrné ložisko šneku	17
obr. 14.: Spojení šneků	18
obr. 15.: Samovysypný vagón Falls 84 54 6683 872-7 SD-kolejová doprava, a.s.....	24
obr. 16.: Schéma části dopravní cesty	25
obr. 17.: Přivařené břity	27
obr. 18.: Letecký snímek před a vizualizace po zastřešení skládky Mostecké.....	28
obr. 19.: 3D model části šnekovnice s přivařenými břity (řešení C)	33
obr. 20.: 3D model části šnekovnice s vyhnutými lopatkami (řešení D).....	33
obr. 21.: Nerezová výstelka a nátěr šnekovnice	34

9 Seznam tabulek

tab. 1.: Značení zrnitosti sypaného materiálu dle velikosti zrn	2
tab. 2.: Značení zrnitosti sypaného materiálu dle tvaru zrn	3
tab. 3.: Značení soudržnosti sypaného materiálu	4
tab. 4.: Značení vlastností dopravovaného sypaného materiálu	5
tab. 5.: Značení vlastností dopravovaného sypaného materiálu	21
tab. 6.: Hodnoty součinitele plnění ψ	21
tab. 7.: Hodnoty součinitele sklonu dopravy C_H	21
tab. 8.: Hodnoty součinitele globálního odporu w	22
tab. 9.: Technické údaje SD12.4	26
tab. 10.: Technické údaje SD12.6	26

10 Seznam příloh

Příloha 1.: Výrobní výkres břitu pro řešení C

11 Seznam zkratk a symbolů

s	[m]	stoupání šnekovnice
D	[m]	průměr šnekovnice
k	[-]	empirická konstanta pro výpočet n_{max}
Q_V	$[m^3 h^{-1}]$	dopravované množství
ψ	[-]	součinitel plnění žlabu
n	$[min^{-1}]$	otáčky šnekovnice
C_H	[-]	součinitel sklonu dopravy
P	[W]	příkon dopravníku
P_H	[W]	příkon potřebný pro horizontální dopravu
P_S	[W]	příkon potřebný pro skloněnou dopravu
P_N	[W]	příkon potřebný pro běh nezátíženého dopravníku
ρ_v	$[kg m^{-3}]$	objemová hmotnost
g	$[m s^{-2}]$	tíhové zrychlení
l_v	[m]	vodorovná dopravní vzdálenost
w	[-]	globální součinitel odporu
c_0	[-]	globální součinitel odporu
h	[m]	dopravní výška
a	[m]	největší rozměr průměrně velkého kusu dopravovaného materiálu
a_{max}	[m]	největší rozměr největšího kusu dopravovaného materiálu
ρ	[°]	sypný úhel
φ	[°]	úhel vnitřního tření
f	[-]	součinitel vnitřního tření
m	[kg]	Hmotnost
ν	[°]	úhel vnějšího tření za klidu
μ	[-]	součinitel vnějšího tření za klidu
ν_d	[°]	úhel vnějšího tření za pohybu
μ_d	[-]	součinitel vnějšího tření za pohybu