



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

DÁLKOVÁ PÁSOVÁ DOPRAVA

LONG-DISTANCE BELT CONVEYANCE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Stanislav Kulich

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Lukáš Zeizinger

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Stanislav Kulich**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Lukáš Zeizinger**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Dálková pásová doprava

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční návrh dálkové pásové dopravy o dopravovaném množství 3000 t/h.
Délka dopravníku 350 m.

Cíle bakalářské práce:

Kritická rešerše obdobných zařízení.
Zdůvodněná koncepce navrženého řešení.
Funkční výpočet zařízení, návrh jednotlivých komponent.
Pevnostní kontrola a další výpočty hlavních komponent.
Celková sestava zařízení.

Seznam doporučené literatury:

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. Konstruování strojních součástí. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. Teorie dopravních a manipulačních zařízení. Brno: Vysoké učení technické, 1988.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je kritická rešerše zařízení obdobných pásovému dopravníku. Práce obsahuje úvod do problematiky definicí logistiky a přepravovaných materiálů. Další kapitola se soustředí na ostatní možnosti dopravy a manipulace s materiálem. Následně se zabývá konkrétně pásovými dopravníky.

Dále se zabývá funkčním výpočtem dle zadání bakalářské práce a pevnostní kontrolou. Předposlední kapitolou je návrh a zdůvodnění použitých komponent dle výsledků funkčního výpočtu pro tento typ pásového dopravníku.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pásová doprava, Dálková pásová doprava, Dopravní a manipulační zařízení, Manipulace s materiálem, Logistika

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis is critical research of equipment similar to belt conveyors. The work contains an introduction to the definition of logistics and transportation of materials. The next chapter focuses on other transport and material handling options. Next deal specifically with belt conveyors.

Further it deals with the functional calculation according to the assignment of the bachelor thesis and the strength check. The penultimate chapter is the proposal and justification of the used components according to the results of the functional calculation for this type of conveyor belt.

KEYWORDS

Belt conveyance, Long-distance belt conveyance, Transport and handling equipment, Material handling

KULICH, S. *Dálková pásová doprava*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, 2018. 60 s., 0 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Lukáš Zeizinger.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou na téma Dálková pásová doprava jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Lukáši Zezingerovi za cenné rady, připomínky a vstřícnost při konzultacích.

OBSAH

Obsah	8
Úvod	11
1 Logistika a manipulace s materiálem	12
2 Dopravované materiály	14
2.1 Mechanické vlastnosti sypkých materiálů	14
3 Dopravní a manipulační zařízení	17
3.1 Dopravníky bez tažného elementu.....	17
3.2 Vibrační doprava.....	20
3.3 Průmyslové roboty a manipulátory	20
3.4 Manipulační systémy a prostředky ve skladech	22
3.5 Dopravníky s tažným elementem	22
4 Pásové dopravníky	25
4.1 Dopravní pás	25
4.2 Válečky	27
4.3 Válečkové stolice	28
4.4 Bubny	31
4.5 Poháněcí stanice.....	32
4.6 Napínací zařízení	33
4.7 Odvod materiálu z pásu	35
4.8 Čističe pásu	35
5 Funkční výpočet podle zadání bakalářské práce [24]	36
5.1 Zadané hodnoty a základní výpočty	36
5.1.1 Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu	36
5.1.2 Rychlost pásu	37
5.1.3 Minimální průřez náplně pásu	37
5.1.4 Průřez náplně pásu	37
5.1.5 Součinitel sklonu.....	38
5.1.6 Maximální objemový dopravní výkon.....	39
5.1.7 Objemový dopravní výkon	39

5.1.8	Největší hmotnostní dopravní výkon.....	39
5.2	Hlavní odpory	39
5.2.1	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku	40
5.2.2	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku	40
5.2.3	Hmotnost 1 m dopravního pásu.....	41
5.2.4	Hmotnost nákladu na 1 m délky pásu.....	41
5.3	Vedlejší odpory.....	41
5.3.1	Odpor setrvačných sil v oblasti nakládání a vykládání materiálu	42
5.3.2	Odpor tření v oblasti urychlování mezi hmotou a bočním vedením...	42
5.3.3	Odpor z ohybu dopravního pásu na bubnech.....	43
5.3.4	Odpor v ložiskách bubnu	43
5.4	Přídavné hlavní odpory	43
5.5	Přídavné vedlejší odpory	44
5.5.1	Odpor mezi hmotou a bočním vedením mimo oblast urychlování.....	44
5.5.2	Odpor čističů pásu	44
5.5.3	Odpor shrnovače pásu.....	45
5.6	Odpor k překonání dopravní výšky	45
5.7	Potřebná obvodová síla na poháněcím bubnu.....	45
5.8	Provozní výkon	46
5.9	Požadovaný výkon motoru	46
6	Síly v pásu	47
6.1	Maximální obvodová hnací síla.....	47
6.2	Potřebný tah v pásu ve větvi sbíhající z bubnu.....	47
6.3	Nejmenší tahová síla pro horní větev	47
6.4	Nejmenší tahová síla pro dolní větev.....	48
6.5	Tah v pásu ve větvi nabíhající na buben.....	48
6.6	Tah v pásu ve větvi sbíhající z bubnu.....	48
6.7	Pevnostní kontrola pásu	49
6.8	Maximální dovolená tahová síla v pásu.....	49
7	Výběr komponent	50
7.1	Pás pásového dopravníku.....	50
7.2	Válečkové stolice pásového dopravníku.....	50
7.3	Válečky pásového dopravníku.....	51

7.4	Hnací a hnaný buben.....	51
7.5	Čistič pásu.....	51
7.6	Elektromotor válečkového dopravníku.....	52
7.7	Napínací zařízení	52
	Závěr	53
	Literatura	54
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	56
	Seznam obrázků	60

ÚVOD

Jednou z nejpoužívanějších metod dopravy především sypkého materiálu jsou v dnešní době pásové dopravníky. A to díky svým přednostem jako jsou například velká dopravní hmotnost, přizpůsobivost konstrukce, využití v mnoha odvětvích například těžkém průmyslu, potravinářském průmyslu, aj. Koncepce pásového dopravníků zůstává během let stejná, mění se pouze komponenty, které zvyšují produktivitu, životnost nebo maximální možné zatížení dopravníku. Délky těchto dopravníků určené pro povrchové těžení dosahují délek v řádu kilometrů a přepravované množství se pohybuje až v tisících tun za hodinu. S těmito parametry se jedná o nepřekonatelný typ přepravy pro dlouhodobé použití. Jejich využití je však omezeno na vodorovnou až mírně skloněnou dopravu. S použitím profilovaných pásů může však fungovat i při větším stoupání.

Obsah této práce by měl nastínit problematiku dopravy materiálů se specializací na pásové dopravníky. V práci je také zahrnut funkční výpočet dle zadání a výběr vhodných komponentů pro celkovou sestavu zařízení.

Bakalářská práce je členěna do 7 základních kapitol. Kapitola 1 objasňuje pojem logistika a její důležitost. Typy dopravovaných materiálů jsou popsány v kapitole 2. Kapitola 3 rozděluje dopravní a manipulační zařízení a zároveň popisuje jednotlivé typy. Pásové dopravníky jsou samostatnou kapitolou číslo 4. Funkční výpočet dle zadání bakalářské práce se nachází v kapitole 5. Kapitola 6 zdůvodňuje výběr komponent dle výpočtu a předkládá možné řešení celkové koncepce. Poslední 7 kapitolou je závěr této práce.

1 LOGISTIKA A MANIPULACE S MATERIÁLEM

Logistika je rozsáhlý obor zabývající se toky zboží, peněz a informací jak mezi dodavatelem a odběratelem tak i uvnitř firem. Účelem celého oboru je optimalizace těchto toků tak, aby došlo k co největší úspoře peněz i času. Pojem logistika je tisíce let starý, jako předmětem zkoumání, se však stal až v průběhu minulého století. Pozornost logistice začala být věnována během druhé světové války, jelikož efektivita logistických operací vedla k vítězství spojeneckých vojsk. [2], [18]

Princip vhodného jednání ve správný čas a místě, byl převzat i hospodářskou sférou, která byla dříve součástí armády. Tímto spojenectvím vznikla podniková logistika a hospodářská logistika. Logistický systém je realizován v logistických řetězcích. Logistickým řetězcem rozumíme funkční uspořádání technických prostředků tak, aby uskutečnili logistické cíle. Doprava je jednou z nejdůležitějších složek celého logistického řetězce, jelikož působí jak na straně vstupu, tak i na straně výstupu. Doprava znamená fyzické přemístění z místa výroby, do místa potřeby a to pomocí dopravních cest. [2]

Manipulace s materiálem a související doprava, je neoddělitelnou součástí každého dnešního výrobního procesu, ovlivňující kvalitu, ekonomiku i bezpečnost a to ve všech důležitých oblastech průmyslu jako například strojírenství, stavebnictví, chemickém průmyslu, těžkém průmyslu, apod. Tato potřeba se projevila už před tisíci let, ať už při operacích vojenského typu a dobývání nových území nebo stavbě měst a podobně. [2]

Stroje umožňující manipulaci s materiálem zmírnili fyzickou náročnost a s ní spojené podmínky pro otroky, nevolníky a lidi bez práv. Novověk přinesl svými zámořskými objevy a obchodními cestami zvýšení nároků na přepravu a manipulaci. Tento tlak způsoboval modernizaci a nové přístupy řešení manipulace, kdy s nástupem průmyslové revoluce a rozvoje kapitalismu došlo k velikému pokroku a změny hlavního zdroje energie, z lidské práce, na práci parního stroje a později spalovacího nebo elektrického motoru. Tento pokrok však s sebou přinesl i ztrátu pracovních míst pro miliony lidí. [1]

Podstatou manipulace s materiálem je skupina operací závislých na přemísťování, skladování, balení, vážení, měření, počítání, třídění, atp. Manipulace s materiálem je dána normou ČSN 2600 02. Během výrobního procesu pracovníci přizpůsobují věci svým potřebám pomocí pracovních nástrojů. Výsledkem výrobních procesů jsou předměty užitné hodnoty, které se dostávají pomocí oběhu do sféry spotřeby. Cílem oběhu je překonat rozdíl místa a času výroby a spotřeby. Pro uskutečnění obou těchto procesů je nutné dalšího přesunu materiálů pro výrobu. Výrobní proces je určujícím faktorem pro manipulaci s materiálem, která se musí časově i prostorově přizpůsobovat. Dopravu zboží a materiálů můžeme rozdělit podle mnoha hledisek, jedním z nich je kontinuální doprava a diskrétní doprava. [1]

Kontinuální doprava

Při použití kontinuální dopravy se materiál pohybuje souvisle a plynule. Jedná se tedy o stálý, nepřerušovaný tok. Jako příklad může být pásový dopravník, šnekový dopravník, vibrační dopravník, apod. Jejich výhodou je soustavné dodávání materiálu což přispívá k plynulosti provozu a možnosti přepravy většího množství za časový úsek. Na druhou stranu tato zařízení jsou většinou nepohyblivá a vyráběná pro přepravu konkrétního materiálu. Uplatnění najdou tam, kde dochází k dopravě materiálu kontinuálně po delší dobu a není třeba s dopravníky manipulovat. Příkladem kontinuální dopravy může být například: pásová doprava, šnekový dopravník, aj. [2]

Diskrétní doprava

Naopak při diskrétní dopravě je materiál dopravován jednou za časový úsek, čímž se snižuje hmotnostní tok, jako příklad mohou být nákladní automobily, dopravní vlaky, atd. Tato zařízení jsou používána v místech, kde operují pouze kratší dobu, nebo je doprava složitá. Jejich výhodou je univerzálnost použití na úkor hmotnostního toku. Příklady diskrétní dopravy jsou například: silniční doprava, kolejová doprava, vertikální korečkový dopravník, a další. [4]

2 DOPRAVOVANÉ MATERIÁLY

Mechanika sypkých látek je vědním oborem zabývajícím se zkoumáním stavů napjatosti v sypkých látkách a dynamickými poměry mezi nimi. Podstatný vliv na výběr dopravního zařízení má materiál, který bude přepravován. Materiál podléhající výrobnímu procesu mění své charakteristické vlastnosti. Pro tvorbu manipulační jednotky je velice důležité roztrždit materiály do skupin, kdy v každé skupině jsou materiály buď podobné jedním převažujícím typickým znakem, nebo kombinací několika znaků. [1], [2]

Pro každou skupinu materiálu je dán stejný manipulační prostředek. Materiálových skupin je samozřejmě méně, než je počet různých položek materiálu, hovoříme pak o klasifikaci, respektive třídění materiálu. Klasifikaci materiálu můžeme rozdělit do skupin, například podle stavu (tuhé, kapalné, plynné), nebo podle obtížnosti přepravy případně přípravě k dopravě (jednotlivé kusy, manipulační jednotky, sypké volně ložené materiály). Nejdůležitější fyzikální (typické) znaky materiálů jsou rozměry, hmotnost, tvar, nebezpečí poškození (křehký, korozivní, hořlavý, apod.) a stav (horký, lepivý, vlhký, atd.). [2]

2.1 Mechanické vlastnosti sypkých materiálů

Mechanické chování sypkých látek je složitým pohybem struktury, tedy pohybu každé částice. Tímto se zásadně liší od chování spojitého materiálu, tvořeného pevnými částicemi. Pro techniky, konstruktéry a provozovatele dopravních zařízení jsou důležité tyto parametry – zrnitost, vlhkost, abrazivnost, sypný úhel, úhel vnitřního a vnějšího tření, soudržné napětí, napět'ový stav sypkého tělesa. [2]

Zrnitost

Zrnitost je složení podle velikosti zrna dané buď procentuálním obsahem zvolených tříd nebo křivkou zrnitosti. Z důvodu obsazení sypké hmoty několika velikostmi zrna o různém tvaru, nelze přesně určit velikost jednoho zrna, proto používáme reprezentativní částice koule, mající stejný objem jako skutečné zrna sypké hmoty. Rozdíl od kruhovitosti se poté vyjádří jako součinitel odklonu od sféricity. Další možností je síťová analýza, kdy se vzorky materiálu prosívají sítí a vážením se stanovují zbytky v poměru ke hmotnosti celku. Výsledky jsou vyjádřeny graficky, formou rozsevové křivky. [1], [2], [7]

Vlhkost

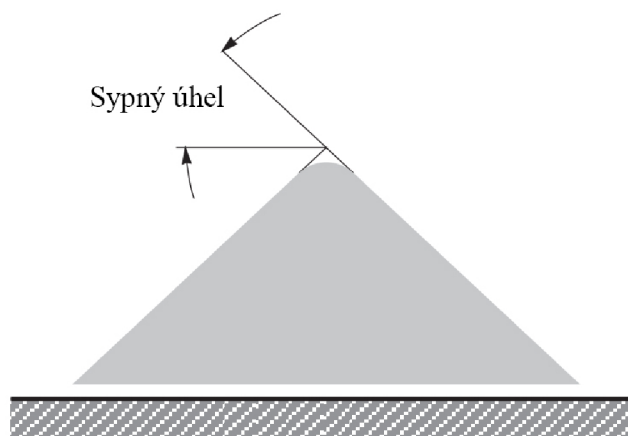
Vlhkost je definována jako obsah vody ve vzorku, které z ní jde odstranit vysoušením při teplotách 100°C až 110°C. Obsah vody se ale během úpravy, převozu a skladování stále mění. Jako materiál vlhký považujeme takový, který je schopný zadržovat daný obsah vody a voda zde vlastně ulpívá na zrnech. Je nutné si uvědomit, že vlhký materiál získává rozdílné vlastnosti od materiálu suchého a na tyto okolnosti je nutné myslet při návrhu transportního zařízení. [1], [2]

Abrazivnost

Abrazivnost je vlastností kdy při pohybu materiálu dochází k výraznému brusnému účinku na okolní prostředí. Výrazně tak opotřebovávají okolní materiály a výrazně snižují jejich životnost. S ohledem na tuto skutečnost je nutná volba odolnějších materiálů pro zajištění delší životnosti zařízení. [1], [2], [7]

Sypný úhel

Přirozený sypný úhel je úhel svírající tečnu ke svahu volně sypaného materiálu s vodorovnou rovinou (viz obr. 2.1). Tohoto úhlu lze dosáhnout pomalým vedením válcové nádoby bez dna, naplněné sypkým materiálem. Jelikož sypný úhel závisí na hodnotě vnitřního tření, lze tento vztah odvodit z rovnice rovnováhy částice materiálu na povrchu sypké látky. Při horizontálním pohybu spodní desky dochází ke zmenšení sypného úhlu a vzniká tzv. dynamický sypný úhel, který je vždy menší než statický sypný úhel. [1], [2], [7], [9]



Obrázek 2.1 Sypný úhel [9]

Úhel vnitřního a vnějšího tření

Úhel vnitřního tření je dán třením jednotlivých zrn materiálu. Úhel dále závisí na normálovém tlaku a míře sjednocení (konsolidace). Se zvyšujícím se normálovým tlakem roste vnitřní úhel sypké hmoty. Měření tohoto úhlu se provádí experimentálně na tzv. smykovém a rotačním stroji. Úhel vnitřního tření lze orientačně určit také výpočtem ze sypného úhlu. [2]

Úhel vnějšího tření je úhlem, po jehož překročení dojde ke smýkání materiálu na nakloněné podložce. Součinitel vnějšího tření se také mění s tlakem a jeho měření je rovněž prováděno experimentálně stejnou metodou jako úhel vnitřního tření. [2]

Soudržnost sypkých hmot

Soudržnost sypkých hmot je základní vlastností, umožňující přenášet vnitřním třením nejen tlaková a smyková napětí, ale i tahová a krutová napětí. Měření této vlastnosti se provádí experimentálně a výsledkem zjištění je charakteristická výška a úhel smykové roviny. [2]

Napět'ový stav sypkého tělesa

Materiál uložený v zásobníku nebo volně ložený tvoří tzv. sypké těleso, podléhající napět'ovému stavu. Pro určení tlaků v sypkém tělese je možné použít Pascalova zákona. Nejjednodušší teorií je Rankinova teorie, o zanedbatelném vnitřním tření materiálu a tření na stěnách zásobníku. Přesnější teorií je Jansenova teorie. [2]

3 DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ

Dopravní neboli transportní zařízení, je zařízení, určené k vodorovné, šikmé nebo svislé dopravě nákladu, přiváděného na zařízení jiným mechanismem. Základní část zařízení je v klidu. Pohybuje se pouze část zařízení a náklad. [3]

Dopravní a manipulační zařízení můžeme dělit podle několika různých hledisek, jako například dělení z hlediska dráhy, po níž se materiál pohybuje, z hlediska časové spojitosti pracovního procesu, z hlediska silového působení na manipulovaný materiál, z hlediska manipulovaného materiálu, z funkčního hlediska, z hlediska úklonu dráhy, dle manipulovaného materiálu atd. [1], [2]

V této kapitole se podíváme na zařízení dopravní a manipulační. Jejichž rozdělení má následující segmenty: Dopravníky bez tažného elementu, Vibrační dopravu, Průmyslové manipulátory a roboty, Manipulační systémy a prostředky ve skladech a Dopravníky s tažným elementem. Pásové dopravníky spadající pod dopravníky s tažným elementem jsou zpracovány samostatně v kapitole 4, jelikož se tato práce soustředí především na tento typ přepravy. [1], [3]

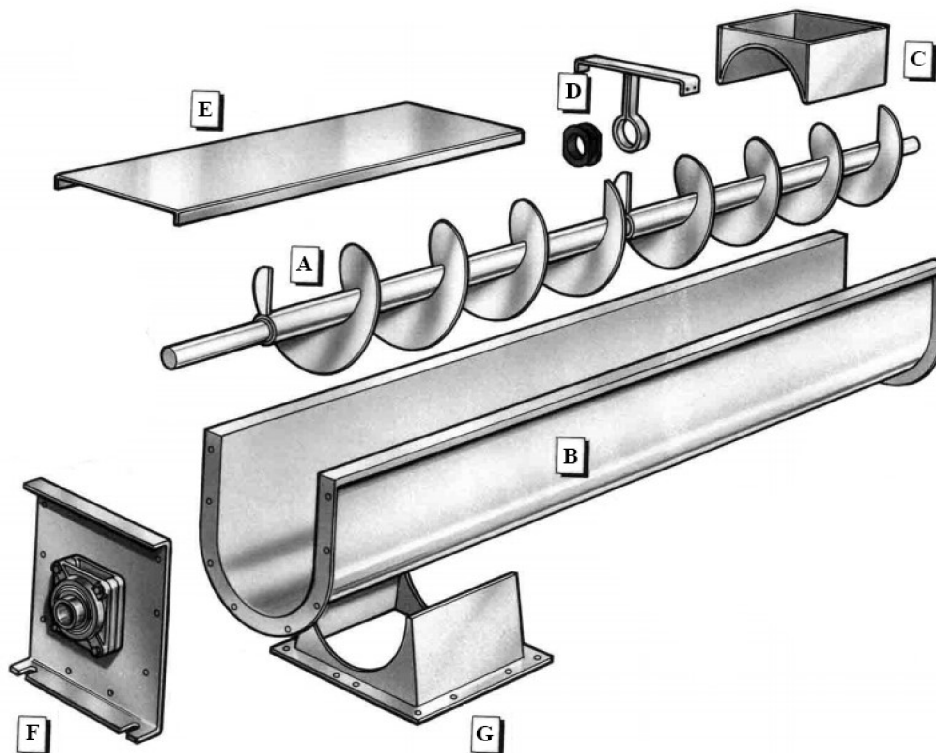
3.1 Dopravníky bez tažného elementu

U dopravníků bez tažného elementu je hlavní silou pohybu změna kinetické a potenciální energie. Do této kategorie spadají následující transportní zařízení: Šnekový dopravník, Dopravní skluzy, Válečkové tratě. Z nichž je každý vhodný pro jinou situaci, prostřední a druh převáženého materiálu. [1]

Šnekové dopravníky

Šnekové dopravníky jsou určeny k přepravě sypkých látek, ve vodorovném nebo mírně skloněném směru. Materiál je posouván ve žlabu pomocí otáčejícího se šneku, jako neotočná posuvná matice pohybového šroubu. Tento druh dopravníků patří k těm nejstarším a je tedy velmi jednoduchý, konstrukce se skládá (viz obr. 3.1) pouze ze tří hlavních částí a to dopravního žlabu, šneku a poháněcí jednotky. Síla nutná k pohybu materiálu, je iniciována otáčením šneku. Dopravovaný materiál se pohybuje ve žlabu, který je možné zhotovit také jako prachuvzdorný, vodotěsný nebo vzduchotěsný. Těsnost dopravníku umožňuje práci tohoto zařízení v obtížnějších podmínkách a také se specifickými materiály. Další možností jsou otevíratelné žlaby a to horního krytu nebo část žlabu. Uspadňuje tak přístup při čištění. Obvyklým tvarem žlabu je písmeno U. Standardně je pohonná jednotka připevněna přímo na hřídel šneku. Samotný šnek, jež je nejdůležitější částí dopravníku, se také vyrábí v několika typech a to konkrétně plné, obvodové nebo lopatkové šroubovici. Dále s pravotočivým, levotočivým nebo kombinovaným stoupáním. Uložení šneku vůči korytu je mírně excentrické, kdy se vzdálenost od koryta zvyšuje po směru otáčení a to z důvodu znemožnění zadření či drcení zrnitých materiálu. Šnekový dopravník se až na lepivé, neabrazivní, hrubozrné a silně abrazivní materiály hodí pro všechny ostatní materiály. Tudiž k robustnosti, nízké poruchovosti, relativně nízké ceně a malým nárokům na servis přibývá i časté využití

z důvodu jeho univerzálnosti. Dosahované dopravní výkony se pohybují od 1 do 300 m³/h a dopravní délky nepřekračují 60 m dále dopravní rychlost do 0,5 m/s a otáčky šneku 10 až 250 ot/min. [1], [3], [4], [6], [17]



A) Šnekový hřídel, B) Dopravní žlab, C) Vstupní příruba – vstup materiálu, D) Závěsné ložisko šnekového hřídele, E) Víko, F) Koncové ložisko šnekového hřídele (ložisko pohonu), G) Výstupní příruba – výstup materiálu

Obrázek 3.1 Konstrukce šnekového dopravníku [10]

Dopravní skluzy

Dopravní skluzy užívají k dopravě materiálu účinky tíhy. Jelikož není třeba pohonu, skluzové dopravníky nemají žádné pohyblivé díly, z čehož plyne jednoduchost jejich konstrukce, příznivá cena a nízká cena údržby. Průřez může být otevřený nebo uzavřený, skluzy jsou nejčastěji stavěny ze dřeva, ocelových plechů, betonu, pásů aj. Skluzy nebo žlaby jsou stacionární. Styčné povrchy se upravují pro zlepšení odolnosti proti otěru a korozi. Tvar dráhy může být přímý, s oblouky, nebo ve tvaru spirály, které poskytují překonání výškových rozdílů, při minimální půdorysné ploše skluzu. Skluzy je možné vybavit blokovacími zařízeními pro velké sklony a dávkování, které je ovládáno impulsy hlavního zařízení. Při zastavení toku materiálu mohou skluzy dočasně plnit funkci skladovací. Další možností je vybavení výhybkami nebo kombinace s dalšími způsoby manipulace s materiálem např.: elevátory, pásovými dopravníky, atd. Častým řešením je použití lamelových skluzů, které jsou koncipovány jako stavebnice, umožňující sestavení

základních tvarů dráhy. Pohyb materiálu je realizován buď odvalováním (sklony 4° - 8°) nebo skluzem (sklony 18° - 20°). Součástí této sestavy jsou měniče směru, pravouhlé měniče polohy, brzdící zařízení atd. [1], [3], [7]

Během navrhování skluzu je důležité vhodně zvolit úhel skluzu, aby se materiál pohyboval přiměřenou rychlostí. Kdy při malém úhlu může dojít až k zastavení materiálu a naopak, při příliš velkém sklonu se materiál pohybuje příliš rychle, což způsobuje rychlejší opotřebení jak skluzu, tak i materiálu, zvýšení prašnosti nebo nebezpečí poškození materiálu nebo skluzu. Skluzy jsou levným a elegantním řešením přepravy materiálu, bohužel k jeho funkčnosti je třeba, aby se materiál dostal z vyššího místa do místa nižšího. Tato situace není častou a proto ani použití této metody není zcela obvyklé. [1]

Válečkové tratě

Válečkové tratě pohybují materiálem pomocí válečků (neboli kladiček), uložených v rámu dopravníku. Válečková trať (viz obr. 3.2) je postavena podle potřeby z přímých či obloukových sekcí. Podle typu pohonu rozlišujeme dva základní typy tratí na gravitační a poháněné. Tento typ zařízení je určený pro přepravu kusových břemen, kdy své uplatnění nachází v mezioperační dopravě, skladech, při nakládání či vykládání, atd. Konstrukce dopravníku je velice jednoduchá a se skládá z rámu a válečků, které jsou vyráběny v normalizovaných průměrech a délkách. Jejich rozestup se volí podle velikosti břemene a to tak, aby bylo břemeno v kontaktu s nejméně dvěma válečky. Při konstrukci oblouků dochází při použití běžných válečků vlivem rozdílných rychlostí ke zvýšení pasivních odporů a přídavnému smykovému tření, mezi břemenem a válečky. Další možností je použití kónických válečků nebo více jednotlivě otočných válečků na jedné ose (oblouk s kladičkami). Pro třídění zboží se používají výhybky, uspořádané buď vodorovně nebo svisle. [1], [3], [5]



Obrázek 3.2 Válečková trať [12]

U gravitačních válečkových tratí je pohonem tratě tíhová síla. Úhel sklonu dopravníku je velmi malý a to od $1,5^{\circ}$ do 5° . Pro zpomalení příliš rychlého břemene slouží válečky s brzdou a to přímé (třecí), nepřímé, brzdění nosným brzdícím válečkem (magnetické).

Využití najdou v dopravě kusových materiálů, krabic, palet nebo bloků. Také se mohou doplnit o přepravní linky z jiných dopravníků. Dále jsou vhodné pro překladiště, pošty, potravinářský průmysl, chemický, stavebnictví, a další. Výrobní a montážní linky. [1], [3]

Poháněné tratě využívají buď společného řetězu nebo vlastního pohonu. Řetězový pohon nachází uplatnění u tratí s dopravní funkcí, kdežto válečky s vlastním pohonem pro dopravní manipulace, kdy je jejich funkce vázaná k technologickému postupu. Další možností pohonu jsou řemeny, nebo kruhové řemínky. Typů různých způsobů zapojení je velká řada a každý z nich má své využití. Oblasti jejich využití jsou stejná jako u gravitačních válečkových tratí. Rozeznáváme dva typy těchto tratí a to dopravní a pracovní. [1], [3]

3.2 Vibrační doprava

Vibrační dopravníky jsou poháněny mechanicky bez tažného elementu, k převážně vodorovné, nebo šikmé dopravě sypkých látek. Pohyb materiálu je založen na využití setrvačných sil. Dopravník je tvořen žlabem, nebo trubkou, pružně uloženou ke konstrukci. Pohon dopravníku vyvolává kmitání. [1], [3]

Jsou vhodné pro přímočarou vodorovnou až úpadní dopravu do 15°. Je vhodná pro práškové nebo sypké materiály na krátké vzdálenosti. Jejich využití nalezneme ve všech průmyslových odvětvích. Doprava může být doplněna o další technologické postupy jako například sušení, chlazení, třídění, apod. [3]

Jejich délka je omezena, konstrukce těžší, mohutnější a více namáhána než ostatní systémy pro dopravu. Nemůže se tedy ostatním metodám rovnat. Nejčastěji jsou tedy používány jako pračky, vibrační podavače nebo třídíče. Mohou však dopravovat i materiály o vysoké nebo nízké teplotě. Mezi vibrační dopravníky můžeme zařadit například: Pohyblivé dopravní žlaby, Třasadla nebo Dopravníky s mikrovrhem. [1], [3], [6]

3.3 Průmyslové roboty a manipulátory

Slovo manipulátor je nadřazené robotu. Manipulátory se dále dělí na jednoúčelové a univerzální, mezi které patří právě roboti spadající do kategorie programovatelných manipulátorů. Průmyslové roboty (viz obr. 3.3) a manipulátory jsou již nenahraditelnou složkou každé větší sériové i nesériové výroby. Zastoupení průmyslových strojů ve výrobě rok od roku stoupá a tato tendence bude dále pokračovat. Tyto stroje mají široké uplatnění díky své univerzálnosti. Uplatnění najdou ve výrobní oblasti jako svářeční roboty (bodové, obloukové), nanášení nátěrových hmot, kooperace s obráběcími centry, atd. Ale také v nevýrobní oblasti jako manipulační roboty (manipulace s obrobky, manipulace s předměty, atd.), v medicíně, kosmu, stavebnictví, zemědělství, atd. [1], [11]

Výhody robotizace a použití manipulátorů jsou snížení nákladů na provoz ve výrobě, zvýšení kvality výroby a její stálost, zvýšení objemu výroby, zvýšení pružnosti výroby,

snížení zmetkovitosti výroby, zvýšení bezpečnosti práce lidí na pracovišti, úspora půdorysné plochy na pracovišti, vysoká efektivita návratnosti investice, zlepšení pracovního prostředí pro zaměstnance ve výrobě. Samozřejmostí jsou i značné nevýhody jako vysoké náklady na pořízení. Dále často neefektivní doba návratnosti vložených investičních prostředků. A v neposlední řadě nutnost změny pracovního postupu, nutnost zaškolené obsluhy a neposledně nedůvěra dělníků ve výrobě vůči novým automaticky pracujícím strojům a zařízením. [1], [11]

Roboty a manipulátory jsou také nedílnou součástí tzv. Průmyslu 4.0. Jedná se o označení současného trendu digitalizace a automatizace výroby a s ní související změnou trhu práce. Tento koncept se objevil v roce 2011, kdy začaly být vymyšleny tzv. chytré továrny. Pomocí této metody by mělo dojít úspoře času, peněz a větší flexibilitě firem. Nevýhodou tohoto systému by mohla být možná napadnutelnost sítě hackery. S touto inovací budou také vznikat nová pracovní místa s odpovídající kvalifikací. [26], [27]



Obrázek 3.3 Průmyslový robot KUKA [13]

3.4 Manipulační systémy a prostředky ve skladech

Sklady jsou mezičlánkem mezi výrobou a spotřebou. Jejich funkcí je, vyrovnávat nepravidelnosti materiálového toku. Skladové hospodářství zajišťuje uskladnění materiálu a poté jeho včasnou přípravu pro výrobu. Při této operaci se množství ani jakost nemění. [1]

Pro vybrané materiálové skupiny máme několik možností skladových soustav. Pro skladování nepaletových materiálů, paletových materiálů, nebo dalších skladovacích souprav. Sklady dále můžeme rozdělit na manuální, poloautomatizované, nebo plně automatizované. [1], [5]

Všechny automatizované skladovací a zakládací zařízení jsou vyráběny speciálně podle požadavků zákazníka. Tím se maximálně využije prostorů, času i síly nutné k přepravě zboží. Zařízení jsou osazena speciálním softwarem ovládaným řídicím centrem. Vysoká inteligence těchto center umožňuje vzájemnou komunikaci v rámci sdílení dat, kdy jsou zařízení schopná okamžitě reagovat. [5]

Jelikož skladováním vznikají značné náklady, které se záporně projevují na zisku, vznikají nové metody zcela odstraňující skladování. Dnes jsou čím dál tím více používány metody JIT (Just In Time) a JIS (Just In Sequence). Just In Time je nejznámější logistickou technologií zvyšující produktivitu práce. Základní filozofií je plánování a výroba na zakázku, dodávání malých množství co nejpozději, velmi časté dodávky, eliminace ztrát a další. Dochází tak ke snížení nákladů, v důsledku odstranění nadbytečných zásob. I tento způsob výroby sebou samozřejmě přináší své nevýhody. Just In Sequence je nejvyšší formou plánování JIT řízenou pokročilými informačními systémy. Tento systém umožňuje zásobování odběratele dodavatelem přímo k montážní lince v přesně stanovený čas, ve stanoveném pořadí a množství. Tohoto je využíváno především u automobilového průmyslu. Výhody jsou stejné jako u metody JIT. K výhodám se dále může přidat možnost výskytu rizikových situací. [28]

3.5 Dopravníky s tažným elementem

Mezi dopravníky s tažným elementem můžeme zařadit Článekové dopravníky, Dopravníky hrnouce, Korečkové elevátory, Závěsné dopravníky a Pásové dopravníky. Pásové dopravníky jsou zpracovány zvlášť v kapitole číslo 4, která je vyhrazená celé této problematice. [1]

Článekové dopravníky

Článekové dopravníky jsou charakteristické jejich tažným elementem. Obvykle jsou to dva řetězy (výjimečně jeden), ke kterým je připevněný nosný systém nejrůznějšího tvaru. Tyto tvary (korýtkový, žlab, deska, apod.) jsou však přizpůsobeny účelu jejich použití. Řetězy s nosnými prvky jsou vedeny mezi hnacími a napínacími řetězkami, buď pevným vedením nebo podpěrnými kladkami. Pohon řetězů je iniciován záběrem zubů řetězky s řetězem. [1], [3]

Výhodou toto systému je možnost samočinného nabírání materiálu ze zásobníku. Mezi řadu nevýhod patří například vysoká hmotnost konstrukce i tažných elementů, vyšší energetická náročnost, vyšší pořizovací náklady nebo pravidelná údržba a kontrola. [1]

Řetězy tohoto dopravníky jsou řetězy zdvihací. Každý řetěz je složen ze článků, uspořádaných a spojených tak, aby byli vhodné pro zvolenou funkci. Gallův řetěz, jehož předností je velká ohebnost, díky čemuž je možné použít menší počet zubů řetězových kladek. Na druhou stranu vykazují opotřebení čepů a lamel důsledkem velkých sil. Pouzdrové řetězy nejsou tak náchylné na opotřebení díky větší stykové ploše a mazání. Válečkové řetězy se používají pro vyšší rychlosti díky lepším vlastnostem než řetězy pouzdrové. Možné je však použít další typy zdvihacích řetězů. Vzhledem k dynamickým zatížením je vhodné používat řetězy s menší roztečí. Dopravní řetězy jsou ošetřeny normou ČSN 26 0402. [1], [2]

Tyto dopravníky nachází uplatnění při vodorovné nebo šikmé přepravě těžkých, hrubozrnných, ostrozrnných, abrazivních nebo horkých materiálů do větších výšek. Zvýšení sklonu dopravníků je možné vhodným tvarováním nosných orgánů a to ve sklonech 35° až 50°. Dopravní vzdálenost je pohybuje do 100 m při dopravní hmotnosti až do 100 t/hod. [3], [1]

Další typem článkového dopravníku může být dopravník s pásem z plochých článků a oběžných řetězů. Jedná se vlastně o pásový dopravník, jehož pás je tvořen plochými články. Vzhledem k vyšší ceně jsou ekonomické od dopravní hmotnosti 50 t/hod. Jejich maximální přepravní hmotnost se pohybuje až do 1000 t/hod. Jejich použití je všestranné a můžeme je najít ve všech typech průmyslu. Vhodné jsou jak pro kusovou dopravu tak i přepravu sypkých látek. [6]

Dopravníky hrnoci

Dopravníky hrnoci jsou vhodné především pro vodorovnou dopravu nebo mírně skloněnou dopravu. V tomto případě je materiál posouván ve žlabu unášeči upevněnými k tažným řetězům. Tyto transportní zařízení jsou vhodná pro sypké nelepivé materiály. Dle způsobu práce hrnoci dopravníky dělíme na hřeblové a redlery. [1], [3]

Vodícím prvkem hřeblového dopravníku je žlab a tažný prvek (řetěz s hřebly). Materiál se posouvá po kluznici v horní větvi. Dopravník je vhodný pro vodorovnou až mírně sklonitou dopravu (30°). Jeho výhodou je možnost krátkodobého přetížení, tuhá a pevná konstrukce a vhodnost pro přepravu horkých materiálů. Nevýhodou je energetická náročnost a hmotnost. Délky dosahují až do 250 m s výkonem až 3000 t/hod. [1], [3], [6]

Tažným prvkem Redleru jsou řetězy nebo řetěz s unášeči, posouvající materiál v uzavřeném žlabu. Průřez žlabu je větší než čelní plocha unášeče a to díky vnitřnímu tření materiálu. Používají se pro dopravu práškových a zrnitých materiálů. Nevhodné jsou abrazivní materiály kvůli přímému kontaktu se žlabem, dále jsou nevhodné lepkavé a lehkodrtitelné materiály. [1], [3], [6]

Korečkové elevátory

Korečkové elevátory jsou určeny k přepravě sypkých látek ve svislém nebo strmém směru. Dopravní výška je omezená pevností tažného prvku. Běžně se užívají do výšky 40m při použití řetězů. Pokud je tažným elementem dopravní pás je možné dosáhnout vysokých rychlostí, dopravních výkonů a výšek až 200m. [1], [3]

Materiál je přepravován v korečcích pevně upevněným k tažnému systému. Korečky jsou nejčastěji plechové nádoby svařované nebo lisované. Další možností je odlévání nebo použití plastu. Korečky jsou povrchově upravovány pro zvýšení životnosti. Jejich tvarování je závislé na přepravovaném materiálu a metodě vyprazdňování korečků. Tažný prvek se může skládat z dvojice řetězů, jednoho řetězu nebo gumového dopravního pásu. Dopravník je uzavřený v šachtě a poháněcí stanice se nachází v hlavě zařízení. Napínací ústrojí je umístěno v patě elevátoru. Plnění korečků může být uskutečněno nasypáváním, hrabáním nebo smíšeným způsobem. Vyprazdňování korečků je buď gravitační nebo odstředivé. [1], [3], [6], [7], [16]

Výhodou je nízká spotřeba energie, malý zastavěný prostor, spolehlivý provoz. Nevýhodou může být malá dopravní výška. Použití korečkového elevátoru se začíná častěji používat i v potravinářském a chemickém průmyslu. Rozšířené jsou tzv. stavebnicové systémy umožňující libovolnou přestavbu dle situace. [3], [6]

Závěsné dopravníky

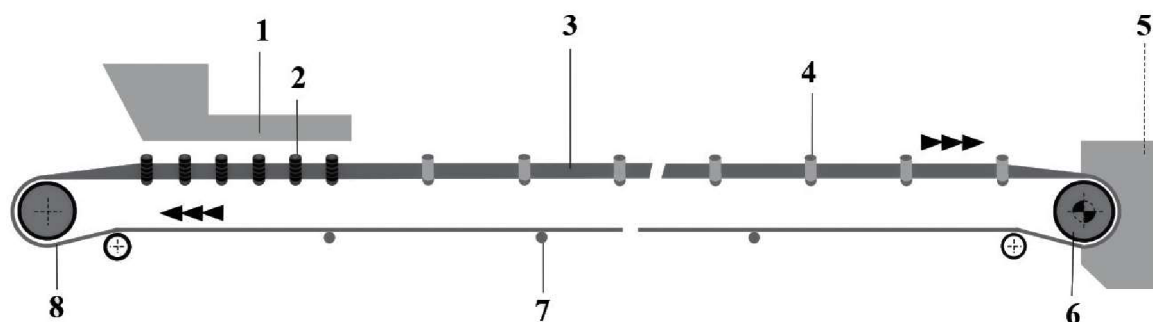
Závěsné dopravníky jsou zařízení určená pro kusou dopravu v malých pravidelných dávkách. Tvořeny mohou být soustavou vozíků pojíždějících po visuté dráze. Vozíky jsou taženy řetězem nebo lanem. [1]

Podle uspořádání se dělí na jedno nebo dvoudráhové. Oba tyto typy mohou být podvěsné nebo prostorové. Jejich použití je kromě dopravy možné pro automatizované skladování. Dále jsou vhodné pro použití v extrémních podmínkách (sušičky, chemické lázně, apod.). Dopravní rychlosti jsou nízké a to do 0,3 m/s. Dopravníky tohoto typu jsou i v dnešní době často používané. Výhodami tohoto systému je nízká energetická náročnost, uvolnění plochy podlahy, umožňují automatizaci, aj. Pro tyto své přednosti se hojně využívá v automobilovém průmyslu. [1], [5]

4 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY

Pásové dopravníky (viz obr. 4.1) jsou zařízení užívaná pro souvislou dopravu kusových zboží i sypkých látek a to ve vodorovném směru, příp. mírně šikmém směru. Pás dopravníku tvoří jak nosný, tak tažný prvek, pro přepravu materiálu. Jejich tažným prvkem je nekonečný pás obíhající mezi hnaným a vratným bubnem, doplněnými o další prvky nezbytné pro provoz dopravníku. [1], [3]

Pásové dopravníky patří mezi nejrozšířenější prostředky pro dopravu materiálů, pro své kladné vlastnosti, jako vysoká dopravní rychlost, vysoký dopravní tok (výkon), velké dopravní vzdálenosti, jednoduchá údržba, plynulá doprava, nízká spotřeba energie, možnost nakládání a vykládání na jakémkoli místě pásového dopravníku. Omezení pásového dopravníku představuje šikmá doprava, kdy je možné dopravníky použít v maximálním rozmezí podle zvoleného typu od 12° až do 23° a při dopravě materiálů o vysokých teplotách lze dosáhnout stoupání až 45° a to za použití speciálně tvarovaných pásů. [1], [3]



1. Násypka, 2. Dopadové válečky, 3. Dopravní pás, 4. Horní nosné válečky, 5. Přepad materiálu, 6. Hnací buben, 7. Dolní vratné válečky, 8. Vratný buben

Obrázek 4.1 Pásový dopravník [9]

Pásové dopravníky dělíme do dvou základních skupin a to na pásové dopravníky pro dálkovou dopravu a dopravníky pro technologickou dopravu. Dále můžeme dopravníky dělit dle dalších kritérií, jako například tvaru dopravníku, nosné konstrukce nebo dle tažného elementu. [1], [3]

4.1 Dopravní pás

Dopravní pás (viz obr. 4.2) je nejdůležitějším prvkem dopravníků. Jedná se o uzavřený prvek obíhající okolo koncových bubnů, plnící dopravní funkci na dopravované délce a současně je tažným prvkem přenášejícím všechny odpory vznikající při jeho oběhu. Pásky jsou vyráběny podle typu dopravy a to jak změnou materiálu a technologie výroby tak i tvarem samotného pásu. Standardní šíře pásu jsou od 400 mm až do 3200 mm. Pás se

skládá v horní a dolní krycí vrstvy bočních vrstev a jádra pásu. Celková tloušťka pásu se rovná součtu šířky horní vrstvy, jádra pásu a dolní krycí vrstvy. [1], [2], [7]



(zleva ocelokordový pás, gumový pás s textilními vložkami)

Obrázek 4.2 Pásky pásového dopravníku [14]

Ideální vlastnosti dopravního pásu

Požadované vlastnosti dopravníkového pásu jsou : vysoká živostnost, vysoká podélná tuhost, vysoká odolnost proti otěru, schopnost odolávat střídavému namáhání, odolnost proti proražení pásu [1]

Gumové dopravní pásy

Klasický gumový pás je složen z textilních vložek tvořících kostru a obalem z gumy. Tato kostra přenáší veškeré tahové síly. Je tvořena buď jednou vrstvou nebo nejčastěji z polyamidu a polyesteru nebo z více 2 až 5 vrstev spojených vulkanizací. Horní krycí vrstva má za úkol ochránit textilní kostru před brusnými účinky materiálu, atmosférickými podmínkami nebo dalším mechanickým poškozením, dolní vrstva chrání kostru před brusnými účinky nosných válečků a bubnů a boční vrstva chrání pás proti oděru vodícími lištami. Pevnost tohoto typu se pohybuje mezi 160 a 3150 N/mm v závislosti na materiálu, šířce pásu a počtu vložek. [1], [2], [7]

Ocelokordové dopravní pásy

Gumový pás s ocelovými lanky též nazývaný ocelokordový je pás speciálně určený pro práci v těžkých podmínkách při použití vysokých výkonů. Kostra je tvořena vysoko pevnostními ocelovými stejnosměrnými lanky, uloženými v jedné rovině. Tento typ pásu nepodléhá protažení pásu ani jiné deformaci vlivem působení tahových sil. Pevnost tohoto typu pásu v je rozmezí od 1000 do 5000 N/mm. [1], [2], [7]

Sklony pásových dopravníků

Sklon hladkého dopravního pásu je v rozmezí od 18° do 20° dle dopravovaného materiálu, úpravami pásu nebo dopravníku lze ale maximální sklon zvýšit. Dopravníky upravené za zvýšením sklonu řadíme do skupiny tzv. strmých pásových dopravníků. Nejčastější úpravou pro umožnění větší strmosti je volba pásu s žebry. Za jejich pomoci lze strmost zvýšit až na hodnotu mezi 30° a 45° podle rozložení žeber a dopravovaného materiálu. Rozteč žeber volíme v závislosti na dopravovaném materiálu tak, aby bylo využito maximálního dopravního výkonu. Při použití pásu se zvlněnými bočními stěnami dochází kromě zvýšení sklonu dopravníku (45°-60°) i ke zvýšení ložného průřezu. Nevýhodou tvarovaných pásů je obtížné čištění a komplikované vedení vratné větve. [1], [2], [7]

4.2 Válečky

Válečky podpírají a vedou pás, jejich pozici zaručují válečkové stolice, které zároveň určují ložný průřez. Válečky jsou dalším velice důležitým prvkem dopravníku. Ty tvoří pevnou pojezdovou dráhu pro dopravní pás. Požadované ideální vlastnosti jsou malá hmotnost, jednoduchá konstrukce, co nejmenší odpor proti otáčení, dále prachu, vodě a vlhkuvzdorné a neposledně nenáročné na údržbu. Základní konstrukční typy jsou válečky s pevnou osou a válečky s čepy ve víku. [1], [6], [7]

Válečky s pevnou osou

Válečky s pevnou osou disponují nižšími valivými hodnotami a rychlou vyměnitelností ale na úkor ceny, hmotnosti a životnosti. Používají se při menších šířkách pásů. [1]

Válečky s čepy ve víku

Válečky s čepy ve víku jsou lehčí, levnější a vhodnější pro širší pásové dopravníky. Jejich nevýhodou je obtížná výroba, se snahou přesného uložení víček. [1]

Typy válečků

Dále rozlišujeme tyto typy válečků: Hladké dopravníkové válečky, pogumované dopravníkové válečky, kotoučové dopravníkové válečky, strážní dopravníkové válečky, diskové dopravníkové válečky a spirálové dopravníkové válečky (viz obr. 4.3). Jednotlivé druhy válečků mají svá specifická použití. Hladké válečky jsou používány po většinu délky pásového dopravníku. Pogumované válečky, jsou používány pro snížení dynamických účinků dopadů, v dopadové části dopravníku, nebo pod násypkou dopravníku. Kotoučové válečky jsou používány jako dopadové válečky a jsou voleny do místa, kde se materiál sype na pás. Díky jejich profilu a pogumované vrstvě spolu s menším rozstupem válečkových stolic lépe tlumí zatížení působící na dopravník. Strážní válečky jsou válečky umístěné vertikálně na rovinu dopravníky a slouží ke správnému vedení pásu, který se důsledkem spojení pásu a nepřesností montáží válečků

snaží vybočit z daného profilu. Spirálové dopravníkové válečky se používají v dolní větvi, na hrubé očištění dopravníkového pásu a jsou vhodné pouze pro pásy s jedním směrem otáčení pásu. [7]

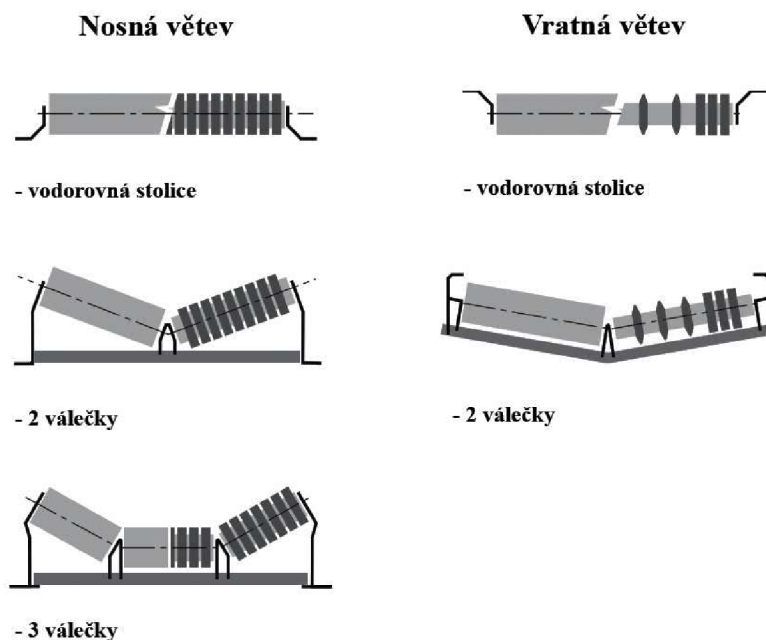


(zleva horní hladký váleček, horní dopadový váleček, dolní diskový váleček, strážní váleček)

Obrázek 4.3 Typy válečků pro válečkové stolice [15]

4.3 Válečkové stolice

Válečkové stolice (viz obr. 4.4) slouží jako kostra pro válečky a udává výsledný tvar ložného průřezu. Jejich účelem je podepření a vedení horní i dolní větve pásu s materiálem.



Obrázek 4.4 Typy válečkových stolic [9]

Typy a konstrukce válečkových stolic [1], [3], [7], [9]

Válečkové stolice rovné se používají hlavně pro spodní vratnou větev. Ostatní válečkové stolice používané pro horní nosnou větev jsou dvou, tří nebo více válečkové. Sklon bočních válečků je podle typu stolice 20°, 30°, 35°. Zvětšením sklonu válečkové stolice dojde ke zvětšení příčného průřezu a tím většího materiálového toku. [1]

Stolice neboli pražce jsou také vyráběny v několika typech a to nosné sestavy pásových dopravníků, vratné sestavy pásových dopravníků, dopadové sestavy pásových dopravníků, samostatné sestavy pásových dopravníků nebo samočisticí sestavy. Nosné sestavy podpírají pás s materiálem a zajišťují jeho přepravu. Tuto stolicí najdeme v horní větvi dopravníku. Vratné sestavy jsou umístěny v dolní větvi dopravníku a zajišťují pás při návratu z vykládky. [7]

Konstrukce vratných stolic je vlastně stejná s tím rozdílem že nemusí nést náklad pouze samotný pás. Proto jsou vratné stolice umístěny ve větší vzdálenosti a jsou pouze jedno nebo dvou válečkové. [7]

Cílem dopadových válečků je zajištění co největší ochrany dopravního pásu. Tyto sestavy jsou používány s gumovými nebo dopadovými válečky. Umístění těchto stolic je s menším rozstupem pro menší průhyb pásu a nižší namáhání při nakládání materiálu. [7]

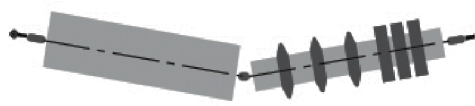
Samostavné sestavy udržují pás ve středu dopravníku a zabraňují jeho vybočování. Tyto sestavy se usazují s většími rozstupy a to po 30 m a zároveň se neumísťují 15 m od hlavice nebo konce řemenice. [1]

Úkolem samočisticích stolic je očištění pásu po vyložení materiálu. Používají se zejména pro lepkavé materiály, v korozivním prostředí nebo u abrazivních materiálů. Typů těchto zařízení je celá řada např. konzolové, rovné, šípovité, aj. [7]

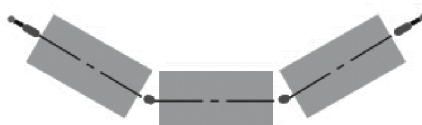
Girlandova stolice

Další možností je tzv. Girlandova stolice (viz obr. 4.5), která používá ocelové lano, které je otočně zavěšené na rámu. Na laně jsou pevně nasazené nosné kladky otáčející s pásem. Kladky jsou vyráběny buď z gumy nebo plastu. [1]

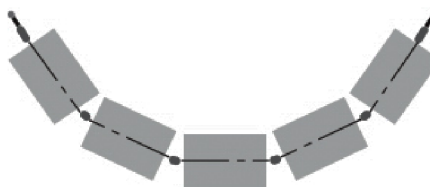
Výhodou tohoto řešení je nižší hmotnost, méně použitých ložisek a menší opotřebení rámu, lépe se přizpůsobí nerovnoměrnému zatížení, dále jsou pružné a jejich výměna je také jednodušší než u konvenčních pevných pražců. Lano má životnost až 600 milionů otáček. Nevýhodou je na druhou stranu vyšší až dvojnásobný odpor proti otáčení a větší opotřebení v místech kloubů. Girlanda horní bývá dvou nebo tří válečková s hladkými válečky, ve spodní větvi bývá dvou válečková s diskovými válečky. Dle typu stolice může být ale válečků i více. [1], [7], [9]



2 válečky pro vratnou větev



3 válečky pro nosnou větev



5 válečků pro nosnou větev

Obrázek 4.5 Typy Girlandovy stolice [9]

Girlandova pružina

Vylepšeným řešením je pak Girlandová pružina. Podstatou této stolice je spirálová pružina, podpírající pás. Pružina je na koncích opatřena ložisky pro možnost jejího otáčení kolem podélné osy. Ložiska jsou součástí závěsů, zavěšených na konstrukci dopravníku. V závislosti na váze přepravovaného materiálu se mění průřez průhybem pružiny. Snížením mechanických částí dochází ke snížení ceny, složitosti konstrukce a váhy. Také odpor proti otáčení je menší než u Girlandové stolice s válečky. Použití tohoto zařízení v praxi se však zatím neosvědčilo. [8]

Vybočování pásu

Nepřesným spojením konců pásu a nepřesnou montáží válečků dochází k samovolnému vybočování pásu odvalujícím se po nosných válečcích. Dalšími faktory způsobujícími šikmý chod pásu mohou být např. příčné síly na přesypech, nebo nerovnoměrný chod zařízení. Pro dopravníky kratších rozměrů se používají na vymezení tohoto vybočení strážní válečky, tedy válečky se svislou osou. Jsou instalovány po obou stranách pásu v určitých intervalech. Nevýhodou této metody je snížení životnosti pásu, vlivem ořezu

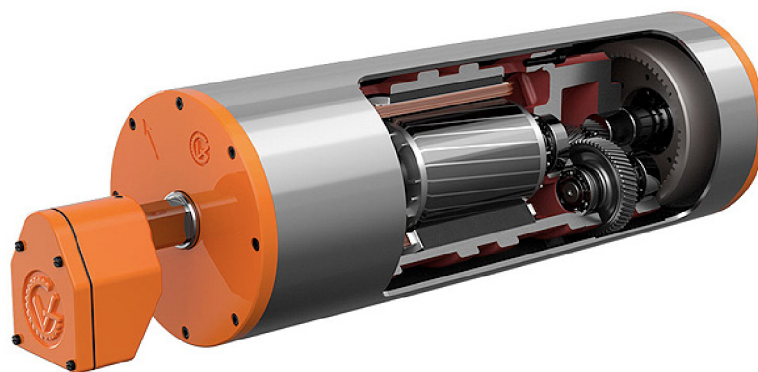
pásu o svíslé válečky a nárazy na tyto válečky. Proto se pro delší pásové dopravníky používají samostavné stolice, které se mohou otáčet kolem své svíslé osy, případně je možné odklonění krajních válečků od kolmice k ose pásu o 1° až $2,5^\circ$. [1], [7]

Rozteče válečkových stolic

Vzdálenost mezi stolicemi se pohybuje mezi 0,75m a 1,8m v zatížené a 3m až 5m ve větvi nezatížené. Stolice musí mít takové minimální rozteče, aby nedocházelo k příliš velkému prohýbání pásu. Příliš velké rozteče nezpůsobí pouze prověšení pásu, ale i špatnou boční stabilitu s negativními dynamickými účinky nebo poškozování pásu. Požadovaná rozteč se určí z přípustného prověšení pásu mezi dvěma sousedními stolicemi, které nemá přesáhnout 2% rozteče stolic. V místech kde dochází k nakládání materiálu na pás se vzdálenost stolic volí menší, podobně jako v místech konvexních oblouků. [1], [7], [9]

4.4 Bubny

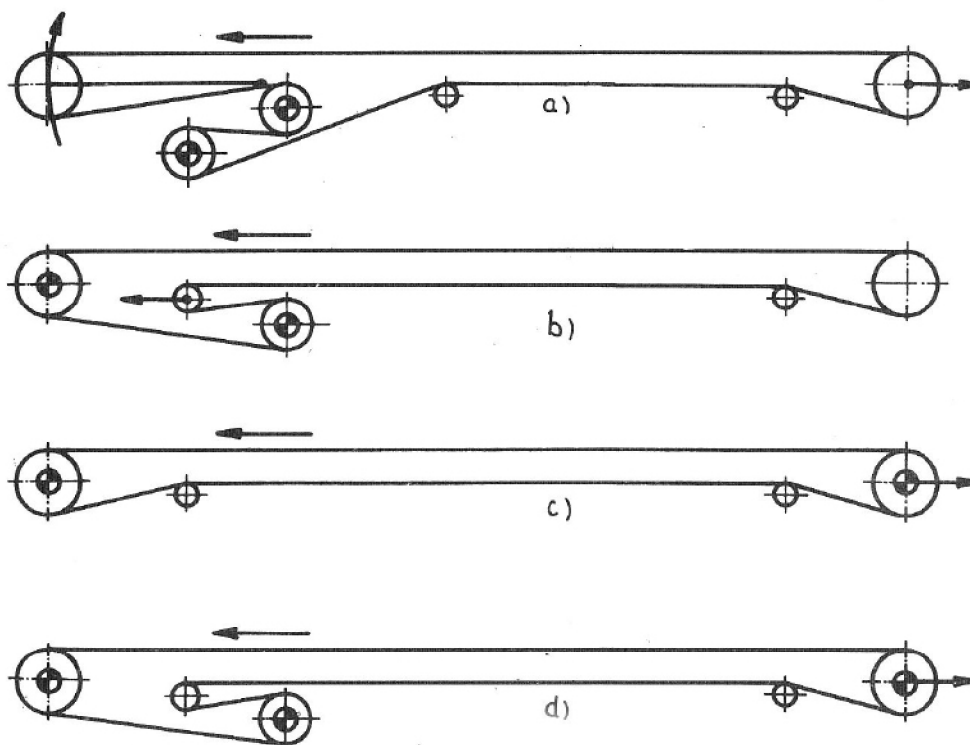
Bubny jsou prvky používající se na koncích pásového dopravníku, vždy jsou tedy použity minimálně dva bubny a to hnací a hnaný (vratný). Buben přenáší točivý moment z motoru na pás. Jsou vyráběny buď jako odlitky nebo svařovány. Další možností je elektrobuben (viz obr. 4.6), který kombinuje elektromotor s jeho součástmi a buben. Výhodou je kompaktnější řešení. Na druhou stranu je omezený maximální výkon a vyšší cenou. Bubny jsou nejčastěji rovné, pro lepší smykové tření je možné použít podélné či kosoúhlé rýhování či pogumování pro lepší vedení pásu mohou být na koncích kónické. Pro zvýšení tření mezi bubnem a pásem, zlepšení odvádění vody, nebo zamezení opotřebení pásu se používá keramické obložení, které se lepí na hnací buben. Hnací bubny jsou umístovány na přepadávající stranu dopravníku tak, aby zabezpečily přenos obvodových sil na pás. Úhel opásání se u jednoho bubnu pohybuje od 180° do 250° a u dvobubnových systémů až $2 \times 220^\circ$. Vratné bubny jsou umístovány na straně násypu materiálu na dopravník a jsou u většiny konstrukcí koncové. [1], [3], [6], [7], [9]



Obrázek 4.6 Elektrobuben [21]

Dvou a více bubnový pohon pásových dopravníků

Pro dlouhé pásové dopravníky, kde dochází k přenosu velkých tažných sil na pás, nestačí pouze jediný hnací buben v důsledku maximálního opásání. Umístění bubnů (viz obr. 4.7) může mít dva hnací bubny na jedné stanici, dále jeden hnací buben na obou stanicích, nebo kombinace těch dvou typů. Snahou při přidání dalších bubnů je zvýšení úhlu opásání a také zvýšení přenosu síly na pás dopravníku. Dalším důvodem zvolení dvou hnacích bubnů, může být lepší rozložení tahové síly v pásu a zmenšení maximální síly. [1], [3], [7]



a,b) Oba hnací bubny v jedné stanici, c) Poháněcí stanice na obou koncích dopravníku,
d) Kombinace obou způsobů

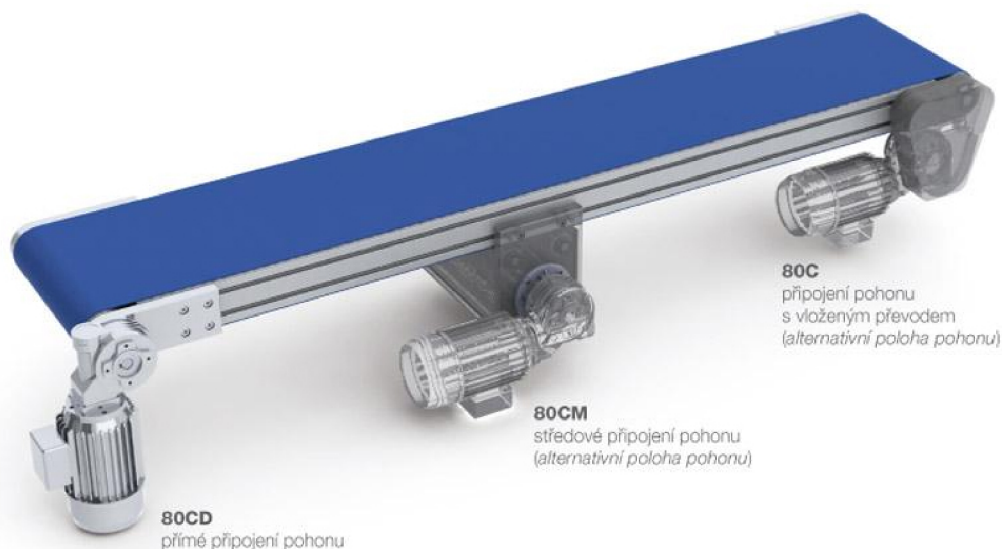
Obrázek 4.7 Typy dvoububnových pohonů pásu [1]

4.5 Poháněcí stanice

Pohon dopravníků je zajištěn pohonnou stanicí, většinou se skládající z elektromotoru, převodové skříně, spojky, brzdy a hnacího bubnu. Pro šikmé dopravníky je nutné doplnit zařízení o zpětnou zdrž, aby při vypnutí energie nedošlo k samovolnému zpětnému chodu. [1]

Při výběru pohonu poháněcí stanice dopravních, manipulačních, nebo zvedacích zařízení je nutno brát v potaz všechny stavy zařízení a to rozběh, ustálený chod a doběh, případně brždění. Tyto stavy ovlivňují spolehlivost celého zařízení a to obzvláště u dálkových

dopravních zařízení. Nejčastěji používané jsou třífázové asynchronní motory s kotvou nakrátko, kde se pro pohon malých a středních pásových dopravníků používají výkony do 100kW. Tyto motory používají střídavého proudu a mají tvrdou charakteristiku. Dále jsou jednodušší, levnější a spolehlivější. Pro snížení proudových rázů mohou být použity rozběhové spojky, které spojí motor s bubnem až při překročení daného počtu otáček. Motor se tedy rozbíhá v nezátíženém stavu. U kratších pásových dopravníků je několik možností umístění hnacího motoru (viz obr. 4.8). [1], [2]



Obrázek 4.8 Možnosti umístění pohonů u kratších dopravníků [19]

4.6 Napínací zařízení

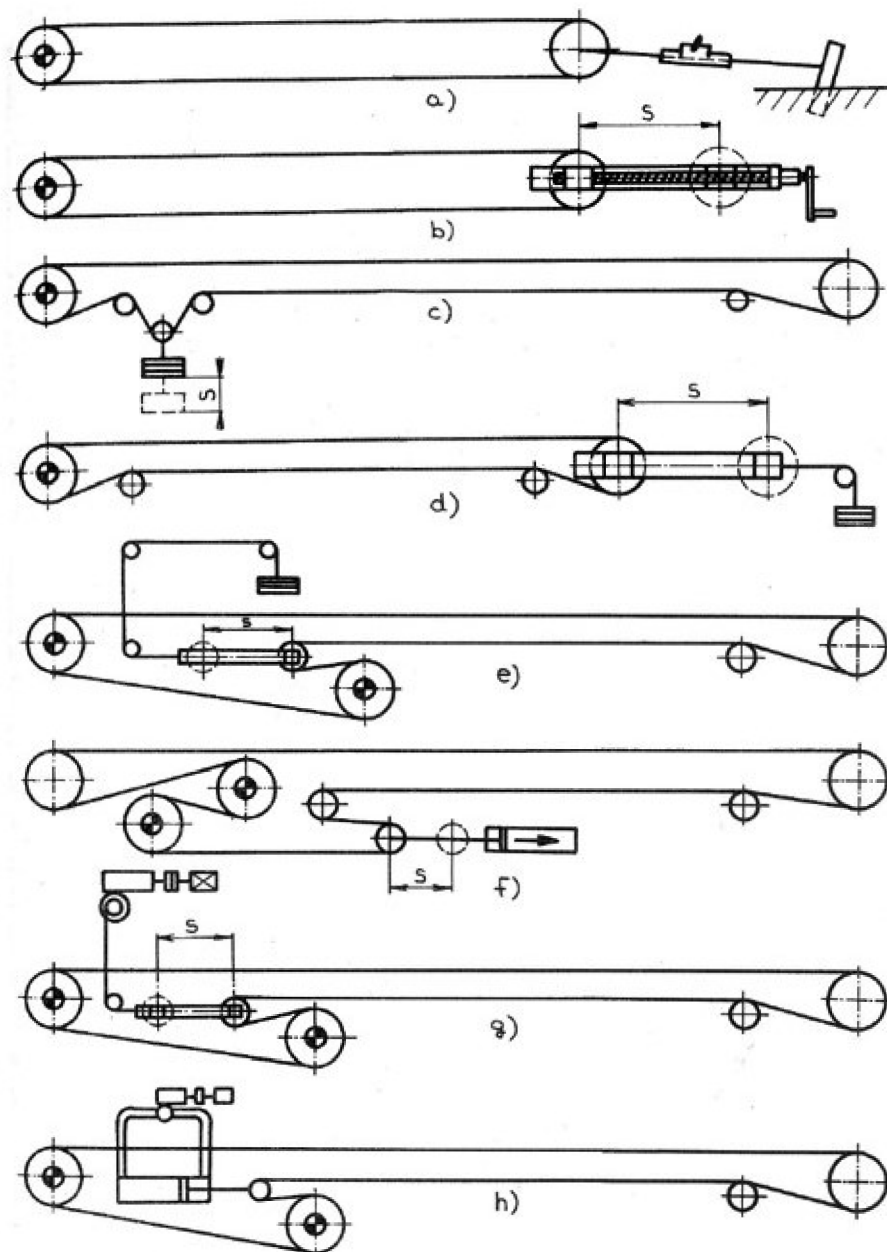
Napínací zařízení tvoří nedílnou součást pásových dopravníků. Zajišťuje předpětí pásu a tím vyvolává potřebné napínací síly pro dostatečné tření, mezi hnaným bubnem, hnacím bubnem a pásem, aby mohla být na pás přenesena tažná síla. Na tomto zařízení závisí správné napnutí pásu, tím jeho živostnost a následně hospodárnost celého zařízení. [1]

Typy napínacích zařízení

Základní rozdělení napínacích zařízení je do dvou skupin. První, kompenzující pouze trvalé prodloužení pásu. Tato skupina je vhodná pro dopravníky do maximální délky 100 m, kdy se napínání provádí pohybem vratného bubnu. Napnutí se provádí šrouby nebo pomocí kladkostroje. Jelikož buben dále nemění svou polohu, dochází při rozběhu k odlehčení odbíhající síly. [1], [3], [7]

Druhé, kompenzující trvalé i pružné prodloužení pásu. U tohoto typu zařízení se napínací buben pohybuje při změně tahu a tím kompenzuje změnu délek. Dochází tak k zajištění konstantní síly za všech provozních režimů. Nejjednodušším způsobem je použití zařízení

se závažím, a to v místě nejmenšího tahu, aby závaží mohlo být co nejmenší. Další možností jsou pneumatická zařízení používající se v dolech, kde je k dispozici stlačený vzduch. Napínání pomocí elektrického vrátku, je možno sílu regulovat, jak automaticky tak i ručně. I tento způsob je často využíván v dolech. Elektrohydraulická napínací zařízení vyvozují sílu přímočarým hydromotorem, používajícího kladkového převodu. Při rozběhu dochází k zvýšení síly asi o 50 % oproti ustálenému chodu. Typy napínacích zařízení jsou znázorněny (viz obr. 4.9) [1], [3], [7]



a) Napínák s lanem, b) Napínací šroub, c,d,e) Napínací zařízení se závažím, f) Pneumatické napínací zařízení, g) Elektronické napínací zařízení, h) Elektrohydraulické napínací zařízení

Obrázek 4.9 Typy napínacích zařízení [1]

4.7 Odvod materiálu z pásu

Nejčastěji dochází k odvodu materiálu přes koncový buben přepadem. Avšak výhodou pásových dopravníků je dodávání a vykládání materiálu v jakémkoli místě dopravníku. Pro odvod materiálu dřív než přepadem na konci bubnu, je možné použití shrnovačů, které jsou buď jednostranné či dvoustranné. Při použití jednostranného shrnovače dochází vlivem působení sil od materiálu k vybočování pásu. Využití shrnovačů je možné i v případě korýtkových dopravníků, kdy se v místě odběru materiálu musí korýtková stolice nahradit rovnou stolicí. [1], [3], [7]

Shazovací vozík

Další možností je použití tzv. shazovací vozík. Toto zařízení pomocí dvou bubnů vytvoří stejnou situaci jako na konci dopravníku a dochází k přepadu materiálu přes horní buben. Materiál následně padá do výsypky, která může být jednostranná nebo oboustranná. Vozík je vybaven vlastní jízdni dráhou upevněnou ke konstrukci dopravníku a jeho pohyb je zajištěn vlastním hnacím mechanismem nebo je odvozen od rotace bubnů. [1], [7]

4.8 Čističe pásu

Během provozu dopravníku je nutné gumový pás čistit, aby nedocházelo ke špinění zbytky materiálu na válečcích spodní větve. Dále by při dopravě vlhkých nebo lepivých materiálu mohlo docházet k nalepování nečistot na válečky, čímž by se zvyšovali odpory a také klesala životnost pásu i hnacího bubnu. Aby k těmto situacím nemohlo dojít umísťují se na začátek dolní větve čističe pásu (viz obr. 4.10), stírající usazující se materiál. Tvar a typ čističů záleží na velikosti dopravníku a druhu přepravovaného materiálu. Čističe mohou být z měkké gumy (jednoduchý), rotační čistič, a další. [1], [3], [7]



Obrázek 4.10 Čističe pásového dopravníku [20]

5 FUNKČNÍ VÝPOČET PODLE ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE [24]

Funkční výpočet dle zadání bakalářské práce byl realizován dle ČSN ISO 5048 [24].

5.1 Zadané hodnoty a základní výpočty

Dopravované množství:

$$Q = 3\,000 \text{ t/h}$$

Dopravovaná délka:

$$L_{dop.} = 350 \text{ m}$$

Dopravní výška:

$$H = 18 \text{ m}$$

Materiál: Drcená žula

Sypná hmotnost dopravované hmoty:

$$\rho = 1360 \text{ kg/m}^3$$

Sypný úhel:

$$\alpha = 35^\circ$$

Dynamický sypný úhel:

$$\theta = 0,75 \cdot \alpha \tag{1}$$

$$\theta = 0,75 \cdot 35$$

$$\theta = 26,25^\circ$$

Sypná hmotnost a sypný úhel drcené žuly dle [25].

5.1.1 Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu

$$\sin\delta = \frac{H}{L} \tag{2}$$

$$\delta = \arcsin\left(\frac{H}{L}\right)$$

$$\delta = \arcsin\left(\frac{18}{360}\right)$$

$$\delta = 2,8660^\circ$$

Maximální sklon dopravníku pro použití hladkého pásu je 18° , ten je splněn. [1]

Jelikož vzdálenost $L_{dop.} = 350 \text{ m}$ je pouze vzdálenost mezi násypkou a místem vysypání dopravovaného materiálu, nemůže vzdálenost os bubnů z konstrukčního hlediska být daných 350 m ale více. Pro další výpočty se vzdálenost os bubnů rovná $L = 360 \text{ m}$.

5.1.2 Rychlost pásu

$$v = 2,5 \text{ m/s}$$

Rychlost pásu byla volena dle doporučení [1].

5.1.3 Minimální průřez náplně pásu

$$S_t = \frac{Q}{\rho \cdot v} \quad (3)$$

$$S_t = \frac{3 \cdot 10^6}{1360 \cdot 2,5 \cdot 3600}$$

$$S_t = 0,245 \text{ m}^2$$

5.1.4 Průřez náplně pásu

$$S = S_1 + S_2 \quad (4)$$

$$S = 0,1278 + 0,2092$$

$$S = 0,3370 \text{ m}^2$$

kde:

$$S_1 \quad \text{Průřez horní části náplně pásu} \quad [\text{m}^2]$$

Průřez horní části náplně pásu

$$S_1 = (l_3 + (b - l_3) \cos \lambda)^2 \cdot \frac{\tan \theta}{6} \quad (5)$$

$$S_1 = (0,6 + (1,6 - 0,6) \cos 35)^2 \cdot \frac{\tan 26,25}{6}$$

$$S_1 = 0,1278 \text{ m}^2$$

kde:

$$b \quad \text{Ložná šířka pásu} \quad [\text{m}]$$

l_3 Délka středního válečku (tříválečková stolice) dle [15] [m]

Využitelná ložná šířka pásu

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \quad (6)$$

$$b = 0,9 \cdot 1,6 - 0,05$$

$$b = 1,39 \text{ m}$$

Délka středního válečku (tříválečková stolice)

$$l_3 = 0,6 \text{ m} \quad (7)$$

Délka středního válečku dle šířky pásu v zvoleného typu stolice dle [15].

Průřez dolní části náplně pásu

$$S_2 = (l_3 + \frac{b-l_3}{2} \cdot \cos \lambda) (\frac{b-l_3}{2} \cdot \sin \lambda) \quad (8)$$

$$S_2 = (0,6 + \frac{(1,6-0,6)}{2} \cdot \cos 35) (\frac{1,6-0,6}{2} \cdot \sin 35)$$

$$S_2 = 0,2092 \text{ m}^2$$

5.1.5 Součinitel sklonu

$$k = 1 - \frac{S_1}{S} \cdot (1 - k_1) \quad (9)$$

$$k = 1 - \frac{0,1278}{0,3370} \cdot (1 - 0,9936)$$

$$k = 0,9976$$

kde:

k_1 Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu [-]

Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos(\delta)^2 - \cos(\varepsilon)^2}{1 - \cos(\varepsilon)^2}} \quad (10)$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos(2,8660)^2 - \cos(26,25)^2}{1 - \cos(26,25)^2}}$$

$$k_1 = 0,9936$$

5.1.6 Maximální objemový dopravní výkon

$$I_{V_{max.}} = S \cdot v \cdot k \quad (11)$$

$$I_{V_{max.}} = 0,391 \cdot 2,5 \cdot 0,9976$$

$$I_{V_{max.}} = 0,9752 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.1.7 Objemový dopravní výkon

$$I_V = S_T \cdot v \cdot k \quad (12)$$

$$I_V = 0,245 \cdot 2,5 \cdot 0,9976$$

$$I_V = 0,6110 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.1.8 Největší hmotnostní dopravní výkon

$$I_m = I_{V_{MAX}} \cdot \rho \cdot 3600 \quad (13)$$

$$I_m = 0,9752 \cdot 1360 \cdot 3600$$

$$I_m = 4\,774\,579,2 \text{ kg/h}$$

$$I_m \geq Q = 1 \quad (14)$$

Splněna podmínka dopravního množství.

5.2 Hlavní odpory

$$F_H = f \cdot L \cdot g \cdot (q_{RO} + q_{RU} + (2 \cdot q_B + q_G) \cdot \cos \delta) \quad (15)$$

$$F_H = 0,03 \cdot 360 \cdot 9,81 \cdot (27,64 + 10,4 + (2 \cdot 38,24 + 332,38) \cdot \cos(2,8660))$$

$$F_H = 47\,293,98 \text{ N}$$

kde:

$$f \quad \text{Globální součinitel tření} \quad [-]$$

g	Tíhové zrychlení	$[m/s^2]$
q_{RO}	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku	$[kg/m]$
q_{RU}	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m dolní větve dopravníku	$[kg/m]$
q_B	Hmotnost 1 m dopravního pásu	$[kg/m]$
q_G	Hmotnost nákladu na 1 m délky pásu	$[kg/m]$

5.2.1 Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku

$$q_{RO} = \frac{3 \cdot m_{RO} \cdot n_o + 3 \cdot m_{RI} \cdot n_i}{L} \quad (16)$$

$$q_{RO} = \frac{3 \cdot 11,7 \cdot 276 + 3 \cdot 17,63 \cdot 5}{360}$$

$$q_{RO} = 27,64 \text{ kg/m}$$

kde:

m_{RO}	Hmotnost rotujících částí válečku v horní větvi dopravníku dle normy [22]	$[kg]$
n_o	Počet obyčejných válečků v horní stolici (dle konstrukce)	$[-]$
m_{RI}	Hmotnost rotujících částí dopadového válečku dle normy [22]	$[kg]$
n_i	Počet dopadových válečků v horní stolici (dle konstrukce)	$[-]$

5.2.2 Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku

$$q_{RU} = \frac{2 \cdot m_{RU} \cdot n_u}{L} \quad (17)$$

$$q_{RU} = \frac{2 \cdot 20,8 \cdot 90}{360}$$

$$q_{RU} = 10,4 \text{ kg/m}$$

kde:

m_{RU}	Hmotnost rotujících částí válečku v dolní větvi dopravníku dle normy [22]	$[kg]$
----------	---	--------

n_u Počet válečků v dolní stolici (dle konstrukce) [-]

5.2.3 Hmotnost 1 m dopravního pásu

$$q_B = B \cdot m_p \quad (18)$$

$$q_B = 1,6 \cdot 23,9$$

$$q_B = 38,24 \text{ kg/m}$$

kde:

m_p Hmotnost na m^2 pásu dle katalogu [14] [kg]

5.2.4 Hmotnost nákladu na 1 m délky pásu

$$q_G = \frac{I_V \cdot \rho}{v} \quad (19)$$

$$q_G = \frac{0,6110 \cdot 1360}{2,5}$$

$$q_G = 332,38 \text{ kg/m}$$

5.3 Vedlejší odpory

$$F_N = F_{ba} + F_f + F_l + F_t \quad (20)$$

$$F_N = 2077,40 + 591,14 + 214,83 + 61,00$$

$$F_N = 2944,37 \text{ N}$$

kde:

F_{ba} Odpor setrvačných sil v oblasti nakládání a vykládání [N]

F_f Odpor tření v oblasti urychlování mezi hmotou a bočním vedením [N]

F_l Odpor z ohybu dopravního pásu na bubnech [N]

F_t Odpor v ložiskách bubnu [N]

5.3.1 Odpor setrvačných sil v oblasti nakládání a vykládání materiálu

$$F_{bA} = I_V \cdot \varrho \cdot (v - v_0) \quad (21)$$

$$F_{bA} = 0,6110 \cdot 1360 \cdot (2,5 - 0)$$

$$F_{bA} = 2\,077,40 \text{ N}$$

kde:

v_0 Složka rychlosti dopravované hmoty ve směru [m/s]
pohybu pásu (voleno)

5.3.2 Odpor tření v oblasti urychlování mezi hmotou a bočním vedením

$$F_f = \frac{\mu_2 \cdot I_V^2 \cdot \varrho \cdot g \cdot l_b}{\left(\frac{v+v_0}{2}\right)^2 \cdot b_1^2} \quad (22)$$

$$F_f = \frac{0,6 \cdot 0,6110^2 \cdot 1360 \cdot 9,81 \cdot 0,5309}{\left(\frac{2,5+0}{2}\right)^2 \cdot 1,3106^2}$$

$$F_f = 591,14 \text{ N}$$

kde:

μ_2 Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi dle normy [24] [-]

l_b Urychlovací délka [m]

b_1 Světlná šířka bočního vedení [m]

Urychlovací délka

$$l_b = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_1} \quad (23)$$

$$l_b = \frac{2,5^2 - 0^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6}$$

$$l_b = 0,5309 \text{ m}$$

kde:

μ_1 Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem dle normy [24] [-]

Světlá šířka bočního vedení

$$b_1 = b \cdot \cos(\lambda) \quad (24)$$

$$b_1 = 1,6 \cdot \cos(35^\circ)$$

$$b_1 = 1,3106 \text{ m}$$

5.3.3 Odpor z ohybu dopravního pásu na bubnech

$$F_l = 12 \cdot B \cdot (200 + 0,01 \cdot \frac{F}{B}) \cdot \frac{d}{D} \quad (25)$$

$$F_l = 12 \cdot 1,6 \cdot (200 + 0,01 \cdot \frac{61000}{1,6}) \cdot \frac{0,0154}{0,8}$$

$$F_l = 214,83 \text{ N}$$

kde:

F Průměrný tlak v pásu na buben (voleno) [N]

d Tloušťka pásu dle [14] [m]

D Průměr bubnu dle doporučení [14] [m]

5.3.4 Odpor v ložiskách bubnu

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{d_0}{D} \cdot F \quad (26)$$

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{0,16}{0,8} \cdot 61000$$

$$F_t = 61,00 \text{ N}$$

kde:

d_0 Průměr hřídele v ložisku (voleno) [m]

5.4 Přídavné hlavní odpory

$$F_{S1} = F_\varepsilon \quad (27)$$

$$F_{S1} = 0$$

kde:

F_{ε} Odpor vychýlených bočních válečků dle normy [24] [N]
se v tomto případě zanedbává

5.5 Přídavné vedlejší odpory

$$F_{S2} = F_{gl} + F_r + F_a \quad (28)$$

$$F_{S2} = 1391,85 + 1440 + 0$$

$$F_{S2} = 2\,831,85 \text{ N}$$

kde:

F_{gl} Odpor mezi hmotou a bočním vedením mimo oblast [N]
urychlování

F_r Odpor čističů pásu [N]

F_a Odpor shrnovače pásu [N]

5.5.1 Odpor mezi hmotou a bočním vedením mimo oblast urychlování

$$F_{gl} = \frac{\mu_2 \cdot l \cdot v^2 \cdot g \cdot q \cdot l}{v^2 \cdot b_1^2} \quad (29)$$

$$F_{gl} = \frac{0,6 \cdot 0,6110^2 \cdot 9,81 \cdot 1360 \cdot 5}{2,5^2 \cdot 1,3106^2}$$

$$F_{gl} = 1\,391,85 \text{ N}$$

kde:

l Délka bočního vedení (voleno) [m]

5.5.2 Odpor čističů pásu

$$F_r = A \cdot p \cdot \mu_3 \quad (30)$$

$$F_r = 0,08 \cdot 40000 \cdot 0,45$$

$$F_r = 1\,440 \text{ N}$$

kde:

A	Dotyková plocha mezi pásem a čističem pásu	$[m^2]$
p	Tlak mezi čističem pásu a pásem dle normy [24]	$[N/m^2]$
μ_3	Součinitel tření mezi pásem a čističem pásu dle normy [24]	$[-]$

Plocha čističe pásu

$$A = W \cdot t_c \quad (31)$$

$$A = 1,6 \cdot 0,05$$

$$A = 0,08 \text{ m}^2$$

kde:

W	Šířka čističe pásu dle [29]	$[m]$
t_c	Tloušťka čističe pásu dle [29]	$[m]$

5.5.3 Odpor shrnovače pásu

$$F_a = 0 \text{ N} \quad (32)$$

V tomto případě není použito shrnovače.

5.6 Odpor k překonání dopravní výšky

$$F_{St} = q_G \cdot H \cdot g \quad (33)$$

$$F_{St} = 332,38 \cdot 18 \cdot 9,81$$

$$F_{St} = 58\,691,66 \text{ N}$$

5.7 Potřebná obvodová síla na poháněcím bubnu

$$F_U = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{St} \quad (34)$$

$$F_U = 47293,98 + 2944,37 + 0 + 2831,85 + 58691,66$$

$$F_U = 111\,761,86 \text{ N}$$

5.8 Provozní výkon

$$P_A = F_U \cdot v \quad (35)$$

$$P_A = 111\,761,86 \cdot 2,5$$

$$P_A = 279\,404,65 \text{ W}$$

5.9 Požadovaný výkon motoru

$$P_M = \frac{P_A}{\eta_1} \quad (36)$$

$$P_M = \frac{279\,404,65}{0,95}$$

$$P_M = 294\,110,16 \text{ W}$$

Minimální výkon poháněcího motoru je tedy volen 315 kW.

kde:

$$\eta_1 \quad \text{Účinnost dle normy [24]} \quad [-]$$

6 SÍLY V PÁSU

6.1 Maximální obvodová hnací síla

$$F_{Umax.} = \xi \cdot F_U \quad (37)$$

$$F_{Umax.} = 1,6 \cdot 111\,761,86$$

$$F_{Umax.} = 178\,818,97\,N$$

kde:

ξ	Součinitel rozběhu dle normy [24]	[–]
-------	-----------------------------------	-----

6.2 Potřebný tah v pásu ve větvi sbíhající z bubnu

$$F_{2min.} \geq F_{Umax.} \cdot \frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi - 1}} \quad (38)$$

$$F_{2min.} \geq 178\,818,97 \cdot \frac{1}{e^{0,3 \cdot 3,142 - 1}}$$

$$F_{2min.} \geq 114\,141,27\,N$$

kde:

e	Základní přirozený logaritmus	[–]
-----	-------------------------------	-----

μ	Součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem dle normy [24]	[–]
-------	---	-----

φ	Úhel opásání poháněcího bubnu dle konstrukce zvoleno $\varphi = 180^\circ = 3,142\,rad$	[radiány]
-----------	---	-----------

6.3 Nejmenší tahová síla pro horní větev

$$F_{min.o} \geq \frac{a_o \cdot (q_B + q_G) \cdot g}{8 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)_{adm}} \quad (39)$$

$$F_{min.o} \geq \frac{1,28 \cdot (38,24 + 3 \cdot 38) \cdot 9,81}{8 \cdot 0,02}$$

$$F_{min.o} \geq 29\,086,26\,N$$

kde:

a_o	Rozteč horních válečkových stolic dle doporučení [7]	[m]
$\left(\frac{h}{a}\right)_{adm}$	Dovolený relativní průvès pásu mezi válečkovými stolicemi dle normy [24]	[-]

6.4 Nejmenší tahová síla pro dolní větev

$$F_{min.u} \geq \frac{a_u \cdot q_B \cdot g}{8 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)_{adm}} \quad (40)$$

$$F_{min.u} \geq \frac{4,00 \cdot 38,24 \cdot 9,81}{8 \cdot 0,02}$$

$$F_{min.u} \geq 9\,378,36\,N$$

kde:

a_u	Rozteč dolních vlečkových stolic dle doporučení [7]	[m]
-------	---	-----

6.5 Tah v pásu ve větvi nabíhající na buben

$$F_1 = F_{Umax} \cdot \left(\frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} + 1 \right) \quad (41)$$

$$F_1 = 178\,818,97 \cdot \left(\frac{1}{e^{0,3 \cdot 3,142} - 1} + 1 \right)$$

$$F_1 = 292\,960,24\,N$$

6.6 Tah v pásu ve větvi sbíhající z bubnu

$$F_2 = \frac{F_1}{e^{\mu \cdot \varphi}} \quad (42)$$

$$F_2 = \frac{292\,960,24}{e^{0,3 \cdot 3,142}}$$

$$F_2 = 114\,141,27\,N$$

Jelikož se $F_{2mi} = F_2$ bude potřebná obvodová síla na poháněcím bubnu přenesena bez prokluzu pásu. (43)

6.7 Pevnostní kontrola pásu

$$F_{Dp} \geq \max\{F_1, F_2\} \quad (44)$$

$$F_{Dp} \geq F_1$$

$$2\,560\,000 \geq 292\,960,24 = 1$$

kde:

$$F_{Dp} \quad \text{Maximální dovolená tahová síla} \quad [N]$$

6.8 Maximální dovolená tahová síla v pásu

$$F_{Dp} = R_{mp} \cdot B \quad (45)$$

$$F_{Dp} = 1\,600 \cdot 1,6 \cdot 10^3$$

$$F_{Dp} = 2\,560\,000 \text{ N}$$

kde:

$$R_{mp} \quad \text{Dovolené namáhání v tahu dle katalogu [14]} \quad [N/mm]$$

7 VÝBĚR KOMPONENT

Výpočet pásového dopravníku je dle normy ČSN ISO 5048 [24]. Při výpočtu pásového dopravníku dle zadání byly voleny hodnoty všech součinitelů vyšší než nejnižší hodnota a to z důvodu použití pásového dopravníku a to konkrétně v povrchovém dole s celoročním provozem. Z toho důvodu jsou očekávány vyšší součinitele všech hodnot.

Celková sestava zařízení se tedy bude skládat z pásu, horní a dolní válečkové stolice. Horních dopadových, horních hladkých a dolních hladkých válečků. Hnacího bubnu, hnaného bubnu, čističe pásu, podpěrných bubnů, poháněcí stanice a napínacího zařízení. Rychlost pásového dopravníku byla zvolena 2,5 m/s, což zhruba odpovídá průměrné rychlosti doporučené u pásových dopravníků. [1]

7.1 Pás pásového dopravníku

Dle průřezu náplně pásu, sypného úhlu a zvoleného typu vodorovného korýtkového pásu byl vybrán pás šíře 1600mm. Konkrétně byl vybrán pás firmy Matador typ ST 1600 6+4 Y. Ocelokordový dopravní pás se 104 ocelovými kordy. Konkrétně s rozstupem kordů 15mm a průměrem ocelového kordu (7x7) 5,4mm. Horní krycí vrstva má tloušťku 6mm a dolní krycí vrstva 4mm. Jeho celková tloušťka je 15,4mm a váha 23,9 kg/m². Tento typ pásu je vhodný pro vápenky, cementárny, důlní průmysl, těžbu a úpravu surovin a další. Pevnost pásu v tahu je 1600 N/mm, tažnost 400 % a teplotní rozhraní pásu je od -25°C do +60°C. Pás je vyráběn dle normy EN ISO 15236. [14]

7.2 Válečkové stolice pásového dopravníku

Horní válečková stolice

Dle průřezu náplně pásu, sypného úhlu, zvoleného typu vodorovného korýtkového pásu a šíře pásu (viz kapitola 7.1) byla vybrána tříválečková stolice pro horní větev. Konkrétně stolice s úhlem $\lambda = 35^\circ$ a šířkou 1,6 m. Na základě těchto údajů byla vybrána stolice od firmy GTK, typ VAL10 (VAL1016035175). [15]

Dolní válečková stolice

Dle výrobce dolní válečkové stolice je pro tuto šíři pásu jako dolní válečková stolice vhodná dvouválečková stolice. Konkrétně byla zvolena stolice firmy GTK, typ UL 12 (UL1216010475). [15]

7.3 Válečky pásového dopravníku

Válečky v hlavní stolici pásového dopravníku

Volbou pro horní tříválečkovou stolicí byly nosné válečky firmy TransRoll průměru 159mm a délky 600mm, typ 159x600/6308. Celkový počet těchto válečků v horní stolici je 276. Jedná se o válečky hladké. Průměr a délka všech válečků byla volena dle tabulek doporučených výrobcem TransRoll. Tento typ válečků je doporučený výrobcem pro zvolenou horní válečkovou stolicí (viz kapitola 7.2.1) při použití hladkých válečků. [22]

Dopadové válečky v hlavní stolici pásového dopravníku

Dopadových válečků bude v horní stolici 5 od firmy TransRoll průměru 194/108mm a délce 600mm, typ 194/108x600/6308. Válečky jsou pogumované a díky menšímu rozchodu válečkových stolic sníží zatížení vznikající dopadem materiálu na pás. Tento typ válečků je doporučený výrobcem pro zvolenou horní válečkovou stolicí (viz kapitola 7.2.1) při použití dopadových válečků. [22]

Válečky v dolní větvi pásového dopravníku

Válečky pro dolní větev byly voleny od firmy TransRoll. Váleček je pogumovaný vlnovací. Vnější průměr je 194mm a vnitřní 108mm. Typ 194/108x900/6308. Tento typ válečků je doporučený výrobcem pro zvolenou dolní válečkovou stolicí (viz kapitola 7.2.2). [22]

7.4 Hnací a hnaný buben

Hnací i hnaný buben bude od firmy GTK o průměru 0,8m s pogumováním a šíří 1,6m. Dále bude použito dvou přítlačných bubnů pásového dopravníku o průměru 0,63m. Rozměry těchto komponent odpovídají zvolené šíři dopravního pásu (viz kapitola 7.1). [15]

7.5 Čistič pásu

Dle šířky pásu (viz kapitola 7.1) byl vybrán čistič pásu od firmy Rulmeca. Konkrétně typ series H. Zařízení je umístěno na vratném bubnu pásové dopravníku. Jednoduchý design této série zajišťuje perfektní funkčnost a dlouhou životnost. Zařízení je jednoduše instalovatelné. [29]

7.6 Elektromotor válečkového dopravníku

Dle rovnice (36) je minimální požadovaný výkon zvolen motor 315 kW. Jako elektromotor byl vybrán motor Siemens řady 1LE56 IE3 dosahující výkonů 200 až 500 kW. Jedná se o nízkonapěťový trojfázový asynchronní elektromotor s litinovou kostrou, určený pro náročné pracovní podmínky. Elektromotor je součástí pohodného zařízení se všemi jeho částmi. Řešení pohonného zařízení však není úkolem této bakalářské práce. [23]

7.7 Napínací zařízení

Jako napínací zařízení pro toto zadání bylo zvoleno napínací zařízení se závažím. Toto zařízení je osvědčenou metodou napínání a zaručuje konstantní velikost teoreticky určené napínací síly. Bylo zvoleno pro jednoduchost konstrukce, která je vhodná pro použití v těžkých podmínkách, jak je uvedeno v zadání a také je vhodné pro delší dopravníky. [1]

ZÁVĚR

Výsledkem této bakalářské práce je kritická rešerše dopravních a manipulačních zařízení, obdobných pásovému dopravníku. Dopravní zařízení byli v této práci rozčleněny do několika skupin dle typu poháněcí jednotky. Dále byla jednotlivá dopravní zařízení stručně popsána.

Další část se věnovala pouze pásovým dopravníkům. Tato kapitola byla rozdělena do několika podkapitol, ve kterých byla problematika tohoto dopravního zařízení popsána detailněji.

Následně byl proveden funkční výpočet dle zadání bakalářské práce. Při výpočtu bylo postupováno dle normy ČSN ISO 5048 [24]. Součástí výpočtu byla také pevnostní kontrola. Rovnice byli v této kapitole detailně vypsány. Popsány byli nejdříve obecně, poté s dosazenými hodnotami a na závěr výsledkem rovnice. Všechny použité veličiny byly vypsány v kapitole Seznam symbolů, veličin a zkratk. Na základě výsledků funkčního výpočtu byly v poslední kapitole vybrány vhodné komponenty se zdůvodněním výběru. Tyto komponenty byly použity pro zhotovení celkové sestavy zařízení.

LITERATURA

- [1] GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Brno: Vysoké učení technické, 1988.
- [2] POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLIŠKA a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 80-248-0043-8.
- [3] POLÁK, Jaromír. *Dopravní a manipulační zařízení II*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0493-X.
- [4] POLÁK, Jaromír a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení III*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0963-X.
- [5] BRÁZDA, R., Günther P., Skácel K., Vyletělek J., Grabec J., Žalčík J. *Dopravní systémy v průmyslových podnicích*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Pardubice: Univerzita Pardubice 2017. ISBN 978-80-248-3258-6.
- [6] BRÁZDA, R., Vyletělek J., Günther P., Skácel K., Grabec J., Žalčík J. *Dopravní systémy v průmyslových podnicích*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Pardubice: Univerzita Pardubice 2017. ISBN 978-80-248-3257-9.
- [7] Practical Maintenance, [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <http://practicalmaintenance.net/wp-content/uploads/Construction-and-Maintenance-of-Belt-Conveyors-for-Coal-and-Bulk-Material-Handling-Plants.pdf>
- [8] Databáze patentov Slovenska, [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z:
- [9] Rulmeca, belt conveying, rollers – Technical information, [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://download.rulmeca.it/catalogo/macrofamiglia_eng/1%20technical_information.pdf
- [10] Screw Conveyor Corporation, Engineering Catalog 1, [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.screwconveyor.com/assets/1/7/Engineering_Catalog_1-2010.pdf
- [11] KNOFLÍČEK, Radek. *Roboty a manipulátory [přednáška č. 2,3,4]*. Brno: Fakulta strojního inženýrství VUT, 2018.
- [12] Monk – Conveyors & Conveyor Systems, [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.monk-conveyors.com/pdf/Downloads/roller%20conveyor%20catalogue.pdf>
- [13] Kuka, Products, Robot systems, Industrial robots, [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.kuka.com/-/media/kuka-downloads/imported/9cb8e311bfd744b4b0eab25ca883f6d3/kuka_pb_palettierer_en.pdf
- [14] Matador, Your Partner in Conveyor Belts, [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.matador-belts.com/pages/downloads/download/M-belt_catalogue_sk-cz.pdf
- [15] GTK, spol. s.r.o., [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.gktupesy.cz/index.php?page=valecky&language=cz>
- [16] Cimbria Conveying Equipment, [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.wbozoom.com/Conveying_Equipment.pdf
- [17] Cimbria Screw Conveyor, [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.wbozoom.com/Screw_Conveyor.pdf
- [18] MAGNUSKOVÁ, Jana. *Průmyslová logistika: skripta*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, 2014. ISBN 978-80-248-3485-6.

- [19] Haberkorn, pásové dopravníky, [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/standardni-pasove-dopravniky/>
- [20] ME Systems, [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://mesystems.cz/produkty/sterace-dopravnich-pasu/>
- [21] Achenbach-cz, Bubnové elektrophony, [online]. [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.achenbach.cz/bubnove_elektrophony
- [22] TRANSROLL - CZ, a.s, výrobky, dopravníkové válečky, katalog [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.transroll.cz/obrazky-soubory/produktovy-katalog_cz_2015-10-0a9fb.pdf?redir
- [23] MOTOR-GEAR, produkty, elektromotory Siemens, řady 1LE5, [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.motorgear.cz/files/files/235-1LE5-2017-CZ.PDF>
- [24] Norma ČSN ISO 5048: 1994. Zařízení pro plynulou dopravu nákladů – *Pásové dopravníky s nosnými válečky – Výpočet výkonu a tahových sil*. Praha: Český normalizační institut, 1993. 16s.
- [25] Norma ČSN 26 0070: 1994. Klasifikace a označování sypkých hmot dopravovaných na dopravních zařízeních. Praha: Český normalizační institut, 1993.
- [26] HOLANOVÁ, Tereza. Nová průmyslová revoluce. Nezaspěte nástup Práce 4.0. *Aktuálně.cz* [online]. 2015-07-29 [cit. 2015-09-20]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/nova-prumyslova-revoluce-nezaspete-nastup-prace-40/r~97fa2490353311e593f4002590604f2e/>
- [27] KORBEL, Petr. Průmyslová revoluce 4.0: Za 10 let se továrny budou řídit samy a produktivita vzroste o třetinu. *Hospodářské noviny* [online]. 2015-05-17 [cit. 2015-09-20]. Dostupné z: <https://byznys.ihned.cz/c1-64009970-prumyslova-revoluce-4-0-za-10-let-se-tovarny-budou-ridit-samy-a-produktivita-vzroste-o-tretinu>
- [28] KAŠPÁREK Jaroslav. Logistika dopravy a manipulace [přednáška]. Brno: Fakulta strojního inženýrství VUT, 2017.
- [29] Rulmeca, belt conveying, belt cleaners – series H, [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://download.rulmeca.it/catalogo/serie_eng/type_H.pdf

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

Označení	Název	Jednotka
a_o	Rozteč horních válečkových stolic	[m]
a_u	Rozteč dolních vlečkových stolic	[m]
A	Dotyková plocha mezi pásem a čističem pásu	[m ²]
b	Ložná šířka pásu	[m]
b_1	Světlá šířka bočního vedení	[m]
B	Šířka dopravního pásu	[m]
d	Tloušťka pásu	[m]
d_0	Průměr hřídele v ložisku	[m]
D	Průměr bubnu	[m]
e	Základní přirozený logaritmus	[–]
f	Globální součinitel tření	[–]
F	Průměrný tlak v pásu na buben	[N]
F_1	Tah v pásu ve větvi nabíhající na buben	[N]
F_2	Tah v pásu ve větvi sbíhající z bubnu	[N]
$F_{2min.}$	Potřebný tah v pásu ve větvi sbíhající z bubnu	[N]
F_a	Odpor shrnovače pásu	[N]
F_{ba}	Odpor setrvačných sil v oblasti nakládání a vykládání	[N]
F_{Dp}	Maximální dovolená tahová síla	[N]
F_f	Odpor tření v oblasti urychlování mezi hmotou a bočním vedením	[N]
F_{gl}	Odpor mezi hmotou a bočním vedením mimo oblast urychlování	[N]
F_H	Hlavní odpory	[N]
F_l	Odpor z ohybu dopravního pásu na bubnech	[N]
$F_{max.}$	Největší tah v pásu	[N]
$F_{min.o}$	Nejmenší tahová síla pro horní větev	[N]
$F_{min.u}$	Nejmenší tahová síla pro dolní větev	[N]
F_{mix}	Nejmenší tah v pásu	[N]
F_N	Vedlejší odpory	[N]
F_r	Odpor čističů pásu	[N]

F_S	Přídavné odpory	[N]
F_{S1}	Přídavné hlavní odpory	[N]
F_{S2}	Přídavné vedlejší odpory	[N]
F_{St}	Odpor k překonání dopravní výšky	[N]
F_T	Vektorový součet tahů v pásu, působících na buben a tíhových sil hmot otáčejících se částí bubnu	[N]
F_t	Odpor v ložiskách bubnu	[N]
F_U	Potřebná obvodová síla na poháněcím bubnu (bubnech)	[N]
$F_{Umax.}$	Maximální obvodová hnací síla	[N]
F_ε	Odpor vychýlených bočních válečků	[N]
g	Tíhové zrychlení	[m/s ²]
$\left(\frac{h}{a}\right)_{adm}$	Dovolený relativní průvěs pásu mezi válečkovými stolicemi	[-]
H	Dopravní výška	[m]
I_V	Objemový dopravní výkon	[m ³ /s]
$I_{Vmax.}$	Maximální objemový dopravní výkon	[m ³ /s]
I_m	Největší hmotnostní dopravní výkon	[kg/h]
k	Součinitel sklonu	[-]
k_1	Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu	[-]
l	Délka bočního vedení	[m]
l_3	Délka středního válečku (tříválečková stolice)	[m]
l_b	Urychlovací délka	[m]
L	Délka dopravníku (vzdálenost os bubnů)	[m]
$L_{dop.}$	Dopravní vzdálenost materiálu	[m]
m_p	Hmotnost na m ² pásu	[kg]
m_{RI}	Hmotnost rotujících částí dopadového válečku	[kg]
m_{RO}	Hmotnost rotujících částí válečku v horní větvi dopravníku	[kg]
m_{RU}	Hmotnost rotujících částí válečku v dolní větvi dopravníku	[kg]
n_o	Počet obyčejných válečků v horní stolici	[-]
n_i	Počet dopadových válečků v horní stolici	[-]
n_u	Počet válečků v dolní stolici	[-]

p	Tlak mezi čističem pásu a pásem	$[N/m^2]$
P_A	Provozní výkon na poháněcím bubnu	$[W]$
P_M	Provozní výkon poháněcího motoru	$[W]$
Q	Dopravované množství	$[kg/h]$
q_B	Hmotnost 1 m dopravního pásu	$[kg/m]$
q_G	Hmotnost nákladu na 1 m délky pásu	$[kg/m]$
q_{RO}	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku	$[kg/m]$
q_{RU}	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m dolní větve dopravníku	$[kg/m]$
R_{mp}	Dovolené namáhání v tahu	$[N/mm]$
S	Průřez náplně pásu	$[m^2]$
S_1	Horní průřez náplně pásu	$[m^2]$
S_2	Dolní průřez náplně pásu	$[m^2]$
S_t	Minimální průřez náplně pásu	$[m^2]$
t_c	Tloušťka čističe pásu	$[m]$
t_p	Tloušťka pásu	$[m]$
v	Rychlost pásu	$[m/s]$
v_0	Počáteční rychlost pásu ve směru jeho pohybu	$[m/s]$
v_0	Složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu	$[m/s]$
W	Šířka čističe pásu	$[m]$
α	Sypný úhel	$[stupně]$
δ	Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu	$[stupně]$
η_1	Účinnost	$[-]$
θ	Dynamický sypný úhel (dopravované hmoty)	$[stupně]$
λ	Úhel sklonu bočních válečků korýtkových válečkových stolic	$[stupně]$
μ	Součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem	$[-]$
μ_0	Součinitel tření mezi nosnými válečky s pásem	$[-]$
μ_1	Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem	$[-]$
μ_2	Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi	$[-]$
μ_3	Součinitel tření mezi pásem a čističem pásu	$[-]$

ξ	Součinitel rozběhu	$[-]$
ρ	Sypná hmotnost dopravované hmoty	$[kg/m^3]$
φ	Úhel opásání poháněcího bubnu	$[radiány]$

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1 Sypný úhel [9]	15
Obrázek 3.1 Konstrukce šnekového dopravníku [10]	18
Obrázek 3.2 Válečková trať [12]	19
Obrázek 3.3 Průmyslový robot KUKA [13]	21
Obrázek 4.1 Pásový dopravník [9]	25
Obrázek 4.2 Pásky pásového dopravníku [14]	26
Obrázek 4.3 Typy válečků pro válečkové stolice [15]	28
Obrázek 4.4 Typy válečkových stolic [9]	28
Obrázek 4.5 Typy Girlandovy stolice [9]	30
Obrázek 4.6 Elektrobuben [21]	31
Obrázek 4.7 Typy dvoububnových pohonů pásu [1]	32
Obrázek 4.8 Možnosti umístění pohonů u kratších dopravníků [19]	33
Obrázek 4.9 Typy napínacích zařízení [1]	34
Obrázek 4.10 Čističe pásového dopravníku [20]	35