



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY - TEORIE A KONSTRUKCE

BELT CONVEYORS - THEORY AND DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR ŽÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC. ING. JIŘÍ MALÁŠEK, PH.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Žáček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

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:

Pásové dopravníky - teorie a konstrukce

v anglickém jazyce:

Belt conveyors - theory and design

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vypracujte celkový přehled typů těchto dopravníků včetně hadicových dopravníků. S ohledem na jednotlivé typy a konstrukční zvláštnosti vypracujte způsoby výpočtů dopravníků včetně odpovídajících nákrešů. Uveďte přehled výrobců, nakupovaných dílů a celků. Nakreslete vybraný netypický konstrukční uzel dopravníku.

Cíle bakalářské práce:

Vypracování komplexních výpočtových a konstrukčních podkladů pro konstruktéry a projektanty jednotlivých typů dopravníků. Zaměření rovněž na netypická konstrukční řešení.

Výkres vybraného konstrukčního uzlu dopravníku.

Seznam odborné literatury:

1. Shigley J.E., Mischke Ch.R., Budynas R.G.: Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
2. Bigoš P., Kuřka J., Kopas M., Mantič M.: Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. TU v Košiciach. 2012. ISBN 978-80-553-1187-6
3. Jančík, L.: Části a mechanismy strojů, ČVUT Praha, 2004.
4. Klimeš P.: Části a mechanismy strojů I, II, VUT Brno 2003.
5. Janíček P., Ondráček E., Vrbka J.: Pružnost a pevnost, VUT Brno, 1992.
6. Gajdůšek, J., Škopán, M.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, skripta VUT Brno 1988.
7. Dražan, F. a kol.: Teorie a stavba dopravníků.
8. Kolář, D. a kol.: Části a mechanismy strojů.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 19.11.2013

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá výpočtem a konstrukcí pásových dopravníků se zaměřením rovněž na netypická konstrukční řešení. Obsahuje rozdělení, konstrukční řešení a komplexní výpočet pásových dopravníků. Dále obsahuje přehled výrobců nakupovaných dílů a celků.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pásový dopravník, konstrukce

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals about the calculation and design of belt conveyors with focusing also on the atypical design solutions. Contains the basic classification, design solutions and complex calculation of belt conveyors. Also contains an overview of producers of purchased parts and units.

KEYWORDS

Belt conveyor, construction



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŽÁČEK, P. *Pásové dopravníky – teorie a konstrukce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 50 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením pana doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2014

.....

Petr Žáček



PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za cenné rady a pomoc při zpracovávání této práce. Poděkování patří také rodině, která mě podporovala během celého studia.



OBSAH

Úvod	10
1 Rozdělení a konstrukce pásových dopravníků	11
1.1 Rozdělení pásových dopravníků dle ČSN 26 0001	11
1.2 Konstrukce pásových dopravníků.....	11
1.2.1 Dopravní pás.....	12
1.2.2 Nosná konstrukce	14
1.2.3 Bubny	17
1.2.4 Poháněcí stanice	17
1.2.5 Napínací zařízení	18
1.2.6 Prostředky k odvádění materiálu z pásu	19
1.2.7 Čističe pásu.....	20
1.3 Netypická konstrukční řešení.....	21
1.3.1 Hadicové dopravníky.....	21
1.3.2 Pásové dopravníky typu Flexowell	22
1.3.3 Lanopásové dopravníky.....	23
1.3.4 Pásové dopravníky s přítlačným pásem.....	24
1.3.5 Přestavitelné pásové dopravníky	24
2 Postup při výpočtu pásových dopravníků.....	26
2.1 Zadané parametry	26
2.2 Volba dopravní rychlosti	27
2.3 Určení šířky pásu	27
2.4 Výpočet obvodové síly potřebné na poháněcím bubnu	30
2.4.1 Hlavní odpory	30
2.4.2 Vedlejší odpory	33
2.4.3 Přídavné odpory.....	34
2.4.4 Odpor k překonání dopravní výšky	36
2.5 Výpočet potřebného provozního výkonu poháněcího motoru.....	36
2.6 Výpočet sil v pásu.....	37
2.6.1 Přenos obvodové síly na poháněcím bubnu	37
2.6.2 Omezení podle průřezu pásu	38
2.6.3 Největší tahová síla v pásu	39
2.7 Odlišnosti při výpočtu hadicových dopravníků	40
2.7.1 Výpočet šířky pásu	40
2.7.2 Výpočet maximální délky válečků	41
3 Přehled výrobců nakupovaných dílů a celků.....	42



Závěr	44
Seznam použitých zkratek a symbolů	47
Seznam příloh	50



ÚVOD

Pásové dopravníky slouží pro přepravu nejčastěji sypkých materiálů v různých odvětvích průmyslu. Patří do skupiny dopravníků s tažným elementem, kterým je nekonečný dopravní pás obíhající kolem hnacího a vratného bubnu. Dopravní pás plní rovněž nosnou funkci dopravníku.

Cílem této bakalářské práce je vypracovat komplexní výpočtové a konstrukční podklady pro konstruktéry a projektanty pásových dopravníků a zaměřit se taktéž na netypická konstrukční řešení. Dále uvést přehled výrobců pásových dopravníků a jejich konstrukčních součástí a nakreslit netypický konstrukční uzel pásového dopravníku.



1 ROZDĚLENÍ A KONSTRUKCE PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Pásové dopravníky se používají nejčastěji v těžebním, potravinářském, chemickém průmyslu a v zemědělství pro kontinuální dopravu zejména sypkých ale i kusových materiálů.

Materiál se přepravuje ve vodorovném nebo mírně šikmém směru. Pásový dopravník je jeden z nejčastěji používaných typů dopravníků z důvodu vysoké dopravní výkonnosti a rychlosti, velkých dopravních vzdáleností, možnosti nakládat a vykládat přepravovaný materiál kdekoli po celé délce dopravníku a z důvodu nízké spotřeby energie. Nevýhodou pásových dopravníků je nutnost mazat velký počet rotujících částí dopravníku a omezení úhlu sklonu dopravníku v závislosti na dopravovaném materiálu, tento úhel se však dá zvětšit například použitím vhodného profilového pásu.

1.1 ROZDĚLENÍ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ DLE ČSN 26 0001

Podle tažného elementu (druhu pásu)

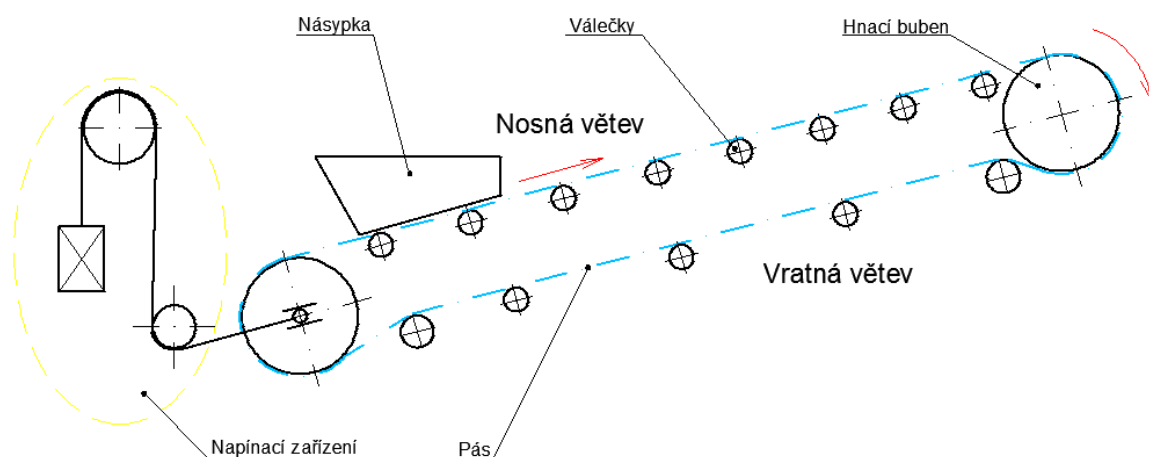
- a) dopravníky s gumovým pásem (nebo pásem z PVC),
- b) dopravníky s ocelovým pásem,
- c) dopravníky s ocelogumovým pásem,
- d) dopravníky s pásem z drátěného pletiva.

Podle provedení nosné konstrukce

- a) stabilní, jejichž nosná ocelová konstrukce je pevně spojena se základem,
- b) pojízdné a přenosné pro malá dopravní množství a malé dopravní délky,
- c) přestavitelné, charakterizované velkou dopravní rychlostí a velkou dopravní délkou; jsou používány na povrchových dolech.

1.2 KONSTRUKCE PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Pásový dopravník patří do skupiny dopravníků s tažným elementem. Tažnou a nosnou funkci vykonává dopravní pás, který je podpíráný nosnými válečky, uloženými ve válečkových stolicích. Pás je opásán kolem dvou koncových bubnů, kde jeden je hnací a druhý vratný. Hnací buben přenáší obvodovou sílu na dopravní pás z poháněcí stanice. K vratnému bubnu bývá připevněno napínací zařízení, které vytváří potřebné napětí v pásu, aby nedocházelo k prokluzu mezi bubnem a pásem. Na straně vratného bubnu je pomocí násypky přiváděn dopravovaný materiál na pás, po němž je nosnou větví dopravníku unášen k přepadové straně v místě hnacího bubnu. Prázdný pás se vratnou větví dostává zpět do místa přivádění materiálu na pás.



Obr. 1 Schéma pásového dopravníku

1.2.1 DOPRAVNÍ PÁS

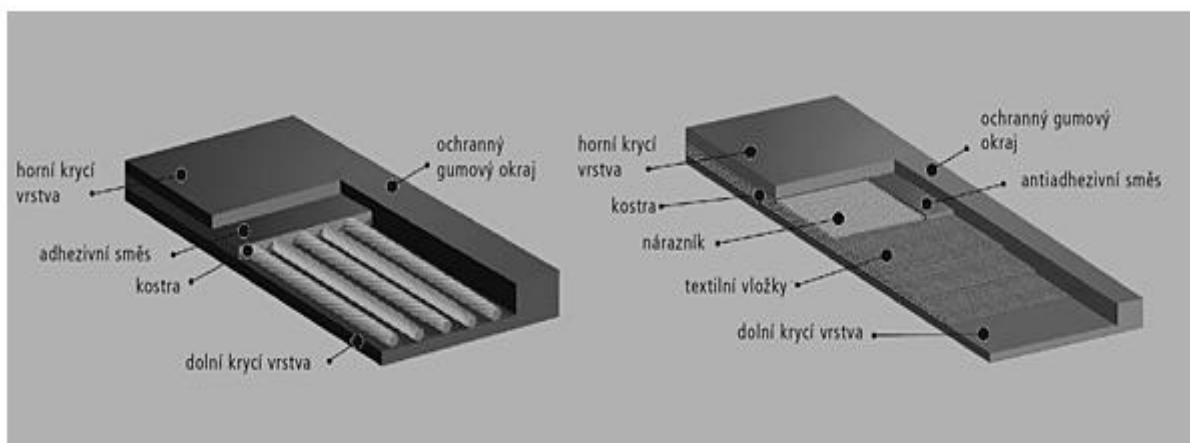
Dopravní pás je základním prvkem pásového dopravníku. Plní nosnou a tažnou funkci dopravníku, proto je nejvíce namáhanou součástí. Nejdůležitějším parametrem je pevnost pásu v tahu, udávající jak velkou tahovou sílu je schopen přenést pás o šířce 1mm.

Požadavky kladené na dopravní pás jsou velmi vysoké. Jedná se zejména o [2]:

- vysoká odolnost proti opotřebení otěrem,
- vysoká životnost,
- vysoká podélná tuhost (malá prodloužení i při vysokých tazích v pásu),
- minimální navlhavost,
- vysoká pevnost při nízké vlastní hmotnosti,
- schopnost odolávat účinkům střídavého namáhání.

GUMOVÝ PÁS

Pás je tvořen nosnou kostrou a krycí vrstvou. **Nosná kostra** zajišťuje pevnost pásu. Pro nižší zatížení a kratší dopravní vzdálenosti se používá textilní kostra z polyamidu nebo z polyesteru. Pevnost gumotextilních pásů bývá $200 \div 3500 \text{ N.mm}^{-1}$ v závislosti na počtu použitých vrstev textilní vložek ($1 \div 6$). Pro vysoká zatížení a dálkovou dopravu se používá ocelokordová kostra s pevností až 5000 N.mm^{-1} . **Krycí vrstva** dopravního pásu plní ochrannou funkci, chrání nosnou kostru před abrazivními účinky působícími na pás. Skládá se z horní, dolní a boční vrstvy. Závislost velikosti krycí vrstvy na dopravovaném materiálu je uvedena v tab. 1. Maximální úhel sklonu dopravníku s hladkým pásem je přibližně 18° , tento úhel dle [6] lze zvýšit použitím profilového pásu až na 30° a použitím pásu s příčnými profily a bočním vlnovcem až na 75° .



Obr. 2 Konstrukce pásu s ocelokordovou a textilní kostrou [7]

Tab. 1 Tloušťka krycí vrstvy pásu [2]

Dopravovaný materiál	Tloušťka krycí vrstvy	
	horní [mm]	dolní [mm]
Písek, drobné uhlí, drobná škvára	2	1
Černé a hnědé uhlí, škvára, koks	3	2
Hrubozrnné uhlí, kámen	4 - 5	2
Železná ruda, ostré kameny	5 - 8	2 - 3

OCELOVÝ PÁS:

Pásové dopravníky s ocelovým pásem se užívají v případech, kdy gumové pásy nevyhovují specifickým náročným podmínkám. Oproti gumovému má ocelový pás řadu výhod [2]:

- je hladký a tuhý – materiál z něj lze snadno odvádět, proto je vhodný pro použití v provozech s vysokými požadavky na hygienu;
- snáší vysoké provozní teploty – pásy z uhlíkové oceli do 150 °C, pásy z legované oceli do 800 °C, pracují-li v ochranné atmosféře;
- odolává chemickým vlivům – vhodný pro užití v chemickém průmyslu;
- vhodný pro dopravu abrazivních materiálů.

Při volbě ocelového pásu je však na druhé straně třeba počítat i s jeho nevýhodnými vlastnostmi [2]:

- menší dopravní rychlost;
- menší dopravní délka;
- velký průměr bubnů;
- menší úhel stoupání u šikmých dopravníků (malý součinitel smykového tření mezi dopravovaným materiálem a pásem);
- nutnost dokonalého čištění a to i na vnitřní straně před náběhem na napínací buben;
- vyšší pořizovací náklady



1.2.2 NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosná konstrukce tvoří trať pásového dopravníku mezi vratným a výsypným bubnem. Slouží zejména pro podepření a vedení dopravního pásu v horní a spodní větvi. Je tvořena stojany, podélnými nosníky s podpěrami a válečky horní a spodní větve. Typická nosná konstrukce sestává ze segmentů trati, které se navzájem spojují šrouby [3].



Obr. 3 Nosná konstrukce pásového dopravníku včetně pohonu [8]

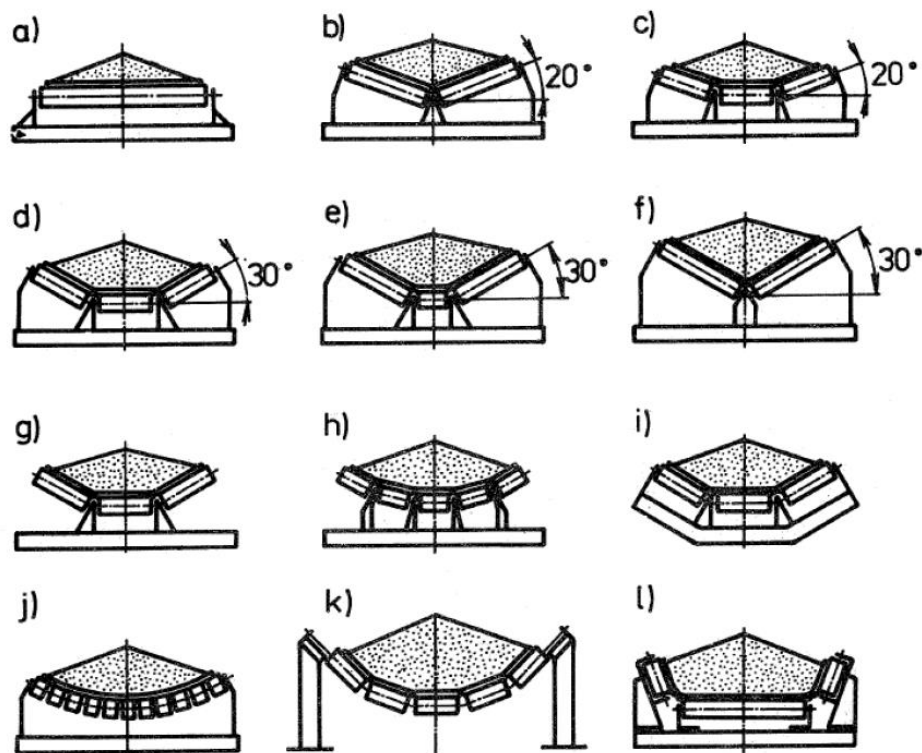
Pro velké dopravní vzdálenosti s minimálním počtem podpěr se využívá příhradová konstrukce. Často se také využívá pro pojízdné a přenosné pásové dopravníky. Konstrukce je svařována z tyčí I, L a U profilu.



Obr. 4 Pásový dopravník s příhradovou konstrukcí [9]

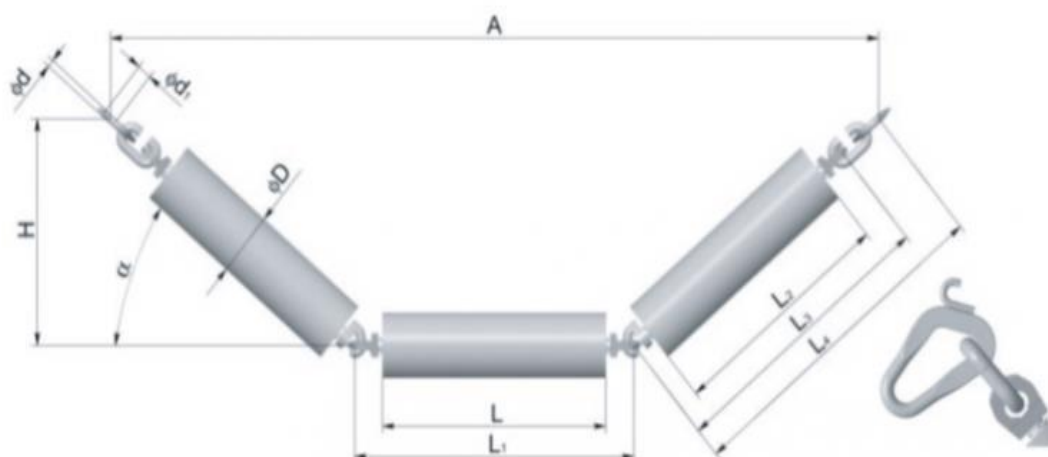
VÁLEČKOVÉ STOLICE

Válečkové stolice jsou upevněny na nosném rámu dopravníku a slouží pro uložení válečků v nosné i vratné větvi dopravníku. Válečková stolice určuje tvar příčného průřezu pásu, nejčastěji korýtkový (obr. 5 b až i) nebo rovný (obr. 5 a). V místě přivádění materiálu na pás se volí menší rozteč mezi stolicemi, aby se zamezilo nadměrnému průvěsu pásu.



Obr. 5 Typy válečkových stolic [2]

V horní větvi dopravníku se nejčastěji používají korýtkové dvouválečkové nebo tříválečkové stolice. Používají se také **girlandové stolice** (obr. 5 j, k) tvořené nosnými kladkami pevně nasazenými na ocelovém laně, které je otočně spojeno s rámem dopravníku. Výhodou tohoto provedení je nižší hmotnost, menší počet mazaných míst a rovnoměrnější rozložení sil působících na pás. Značnou nevýhodou jsou však vysoké odpory proti otáčení. Pro dopravníky s malou dopravní výkoností a pro dopravu kusových materiálů se používá rovná válečková stolice. V dolní větvi se používají rovné válečkové stolice, výjimečně dvouválečkové korýtkové stolice pro lepší vedení pásu.



Obr. 6 Girlandová stolice pásového dopravníku [10]

Při chodu dopravníku může docházet k vybočování pásu, z tohoto důvodu se pro dopravníky s kratší dopravní vzdáleností používají strážní válečky se svislou osou rotace. U dopravníků s dlouhou dopravní vzdáleností se vybočování pásu předchází odkloněním krajních válečků o 1° až 2° . U girlandových stolic dochází k mírnému prohnutí ocelového lana ve směru dopravy, proto nedochází k vybočování pásu.

VÁLEČKY

Válečky jsou jednou z nejdůležitějších součástí dopravníku a mají značný vliv na jeho vlastnosti. Na 1 km délky pásového dopravníku jich připadá až 4000. Válečky mají mít malý odpor proti otáčení, malou hmotnost, jednoduchou konstrukci, mají být dokonale utěsněny proti vnikání nečistot, musí být náležitě vyváženy a mají být nenáročné na údržbu [2].

V horní větvi se používají hladké válečky. V místě násypky se používají válečky dopadové, které bývají pogumované nebo složeny s gumových kotoučů pro lepší tlumení rázů, vznikajících po dopadu materiálu na pás a tím zvyšují jeho životnost.



Obr. 7 Dopadový váleček s gumovými kotouči [11]

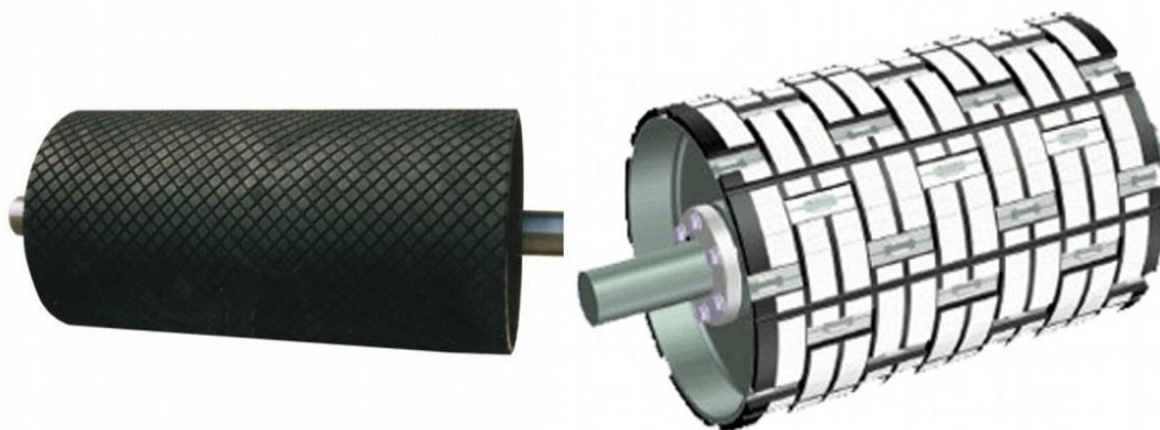
Pro přepravu nelepivých materiálů se v dolní větvi používají hladké válečky. Při přepravování lepidelných materiálů zčásti zůstávajících na pásu i ve vratné větvi dopravníku se používají diskové válečky, díky nimž nedochází k poškození pásu.



1.2.3 BUBNY

Pásové dopravníky se skládají minimálně ze dvou bubnů a to hnacího a vratného. Pro pásové dopravníky se nejčastěji používají svařované bubny, méně používané jsou bubny odlévané. Pro správné vedení pásu bývá plášť bubnu bombírován.

Hnací buben je spojen s hnací stanicí a přenáší potřebnou obvodovou sílu na pás. Nejčastěji bývá umístěn na přepadové straně dopravníku, kde vznikají největší tahové síly. Povrch bubnu bývá pogumovaný nebo obložený keramickými destičkami pro zvýšení součinitele tření.



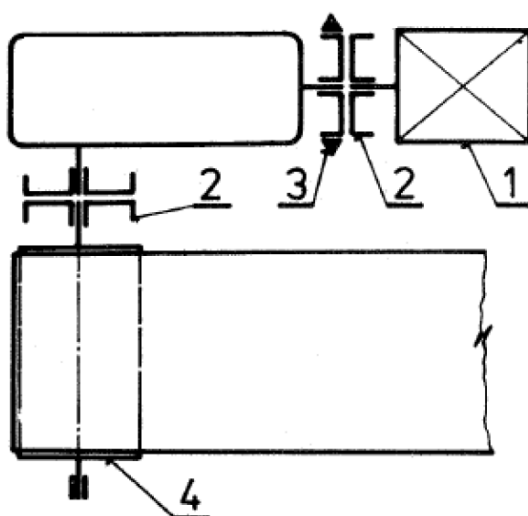
Obr. 8 Hnací buben pogumovaný [12] a obložený keramickými destičkami [13]

Vratné bubny jsou umístěny na straně přivádění materiálu na pás. Buben je uložen pohyblivě a připojen k napínací stanici pro zajištění potřebného tahu v pásu. Vratný buben obvykle nepřenáší obvodové síly, proto lze použít buben s hladkým povrchem.

Převáděcí bubny slouží ke zvýšení úhlu opásání hnacího bubnu. S použitím převáděcího bubnu je možno dosáhnout úhlu opásání až 250° a tím zvýšit obvodovou sílu přenášenou hnacím bubnem na pás.

1.2.4 POHÁNĚCÍ STANICE

Poháněcí stanice je spojená s hnacím bubnem a pomocí něj vytváří potřebnou obvodovou sílu pro provoz dopravníku. **Klasická poháněcí stanice** se skládá z elektromotoru připojenému k převodové skříní spojkou, která je opatřena brzdou. Pro pohon dopravníků s nižšími výkony se používá asynchronní elektromotor s kotvou nakrátko. Pro spojení komponent poháněcí stanice se používá pružná spojka. Při vysokých výkonech se používá pohon asynchronním elektromotorem s kroužkovou kotvou a rozběhová spojka, která zabraňuje přetížení motoru při rozběhu plně naloženého dopravníku.



Obr. 9 Schéma uspořádání poháněcí stanice [2]

- | | |
|-------------------|------------------|
| 1 – elektromotor | 3 – pásová brzda |
| 2 – pružné spojky | 4 – hnací buben |

Pásový dopravník je možno pohánět také pomocí **elektrobubnu**, kde elektromotor a převodovka je umístěna uvnitř bubnu. Výhodou elektrobubnu je kompaktní uspořádání a minimální rozměry.



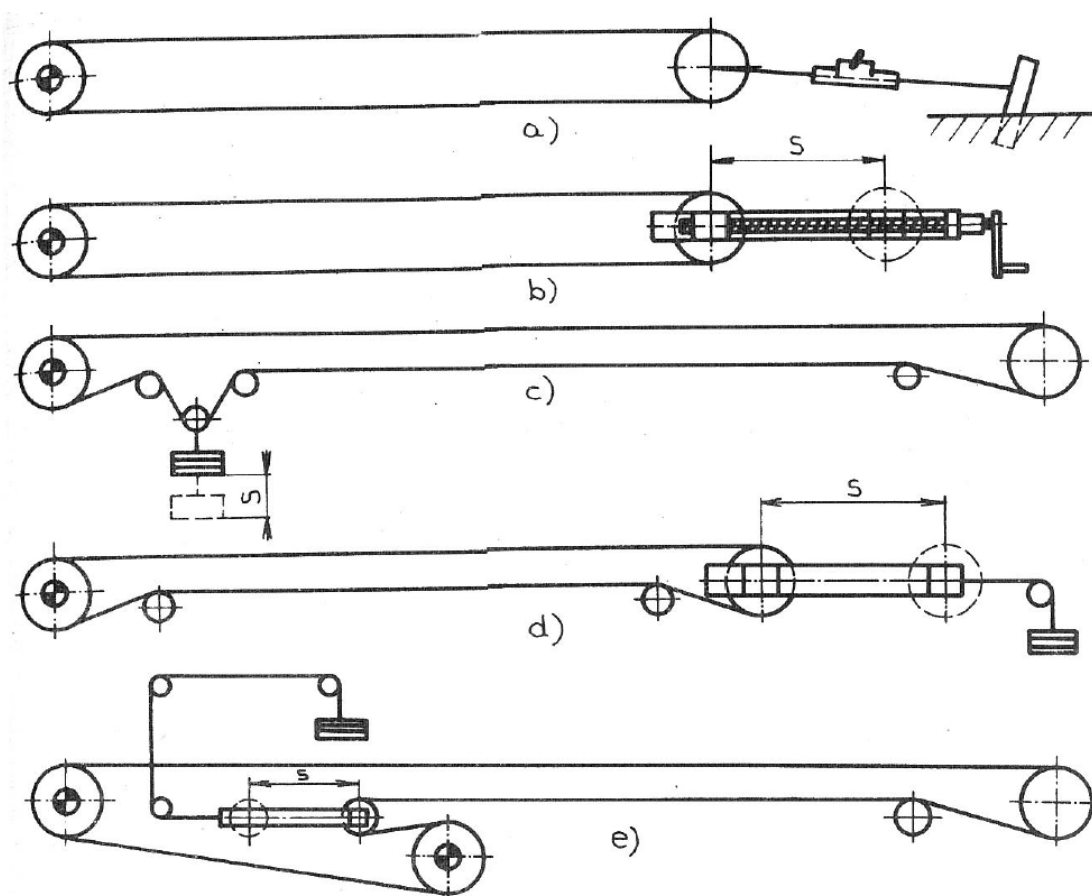
Obr. 10 Vnitřní konstrukce elektrobubnu [14]

1.2.5 NAPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ

Napínací zařízení slouží k dosažení potřebného napětí v pásu, aby nedocházelo k prokluzu mezi pásem a hnacím bubnem. Pás bývá napínán pomocí vratného bubnu, který je uložen posuvně v rámu dopravníku. U dopravníku s delší dopravní vzdáleností se napínání provádí pomocí sestavy bubnů ve vratné větvi dopravníku.

Napínací zařízení se dělí na pevná a gravitační. U **pevných napínacích zařízení** (obr. 11 a, b) je napínán vratný buben pomocí šroubů nebo lanovými napínáky. Výhodou tohoto zařízení je

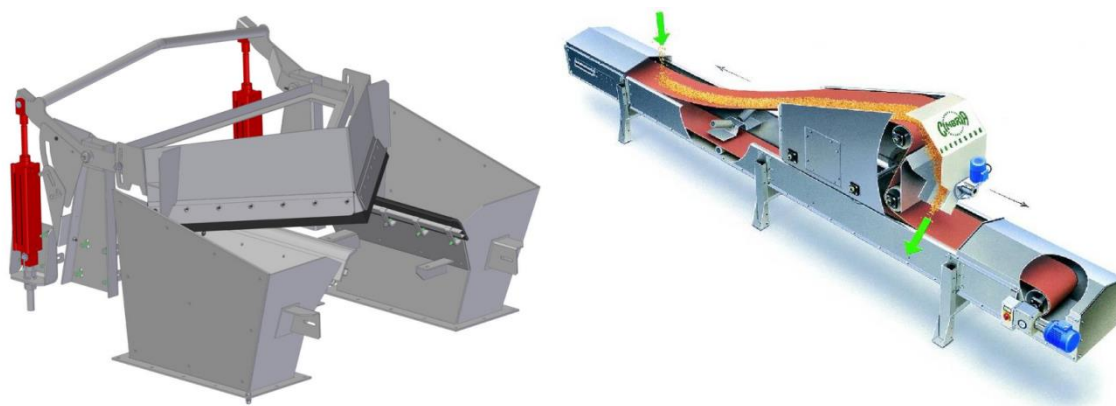
jednoduchá konstrukce. Nevýhodou je obtížná montáž, protože je nutné napnout oba konce vratného bubnu rovnoměrně, aby nedocházelo ke sbíhání pásu z bubnu. Další nevýhodou je nutnost opakovaného seřizování po delší době provozu z důvodu prodlužování pásu a tím ke snížení napětí v pásu. **Gravitační napínací zařízení** (obr. 11 c až d) se používá pro pásové dopravníky s delší dopravní vzdáleností. Potřebné napětí v pásu je dosaženo pomocí protizávaží, které je přes kladky spojeno s vratným bubnem. Velkou výhodou tohoto zařízení je zajištění stále stejného napětí v pásu bez ohledu na jeho zatížení a prodloužení.



Obr. 11 Druhy napínacích zařízení [2]

1.2.6 PROSTŘEDKY K ODVÁDĚNÍ MATERIÁLU Z PÁSU

Slouží k odvádění materiálu v kterékoli části dopravníku. Pro odvádění materiálu slouží **jednostranné** nebo **oboustranné shrnovače**, které lze použít pouze u dopravníků s jednoválečkovými rovnými stolicemi. Materiál může být odváděn z pásu také pomocí **shazovacího vozíku**, který lze použít i pro dopravníky s korýtkovými stolicemi. Vozík má vlastní vedení připevněné k rámu dopravníku a může se pohybovat po celé jeho délce. Vozík se skládá ze dvou bubnů, přes první buben je odváděn materiál z pásu a druhý buben vrací pás zpět na trať dopravníku.



Obr. 12 Oboustranný shrnovač [15] a shazovací vozík [16]

1.2.7 ČISTIČE PÁSU

Slouží k očištění pásu od materiálu, který zůstává na pásu i za přepadovou oblastí. Čištění pásu je velice důležité, jelikož jeho horní strana, na kterou byl naložen materiál, je ve vratné větvi obrácená směrem dolů a je v přímém styku s válečky vratné větve. Bez čističe pásu by docházelo ke znečišťování válečků a zvětšování jejich odporů proti otáčení a poškozování pásu vtlačováním materiálu. Pro méně lepidivé materiály se používají **čističe z měkké gumy**, které mají jednoduchou konstrukci a jsou k pásu přitlačovány pomocí závaží nebo pružinou. U lepidivých materiálů se používají **čističe rotační**, které mají složitější konstrukci, ale jsou účinnější. Rotační čističe bývají poháněné řemenem od hnacího bubnu nebo mají vlastní pohon.



Obr. 13 Čistič z měkké gumy [17] a rotační čistič s vlastním pohonem [18]

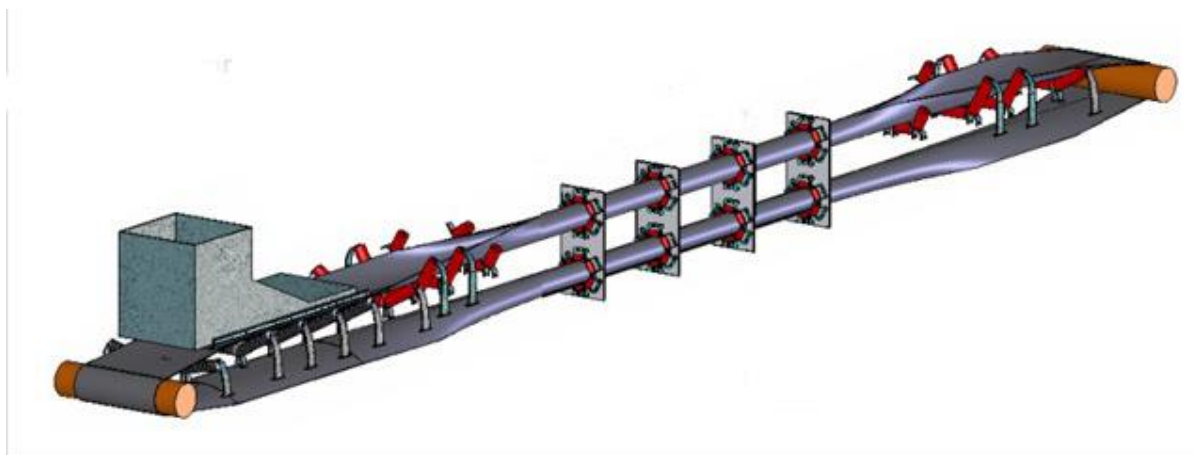


1.3 NETYPICKÁ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Z důvodu zlepšení technických parametrů a rozšíření pásových dopravníků do nových oblastí použití vznikají nová konstrukční řešení dopravníků upravením klasického provedení pásového dopravníku. Nejčastěji jde o snahu zvýšit maximální úhel sklonu dopravníku ale také zlepšit ekologizaci přepravy.

1.3.1 HADICOVÉ DOPRAVNÍKY

Hadicový dopravník vznikl upravením konstrukce klasického pásového dopravníku. Dopravní pás je v místě přivádění materiálu na pás rovný, poté je v nosné větvi pomocí vhodně tvarovaných válečkových stolic postupně formován do válcovitého tvaru. Na opačné straně dopravníku v místě odvádění materiálu je pomocí válečkových stolic pás znovu narovnáván. Narovnaný pás se přes hnací buben dostane do vratné větve dopravníku, kde se znovu formuje do válcovitého tvaru.



Obr. 14 Schéma hadicového dopravníku [19]

Hlavní výhodou tohoto konstrukčního řešení je přeprava materiálu v uzavřeném prostoru, tím nedochází k znečišťování okolního prostředí, stejně tak je materiál chráněn před vlivy okolního prostředí. Zvětšuje se také styková plocha mezi materiálem a pásem, tím se zvyšuje maximální úhel sklonu dopravníku. Další výhodou spočívá v tom, že válečky ve vratné větvi dopravníku jsou ve styku s čistou plochou pásu, čímž se snižují odpory proti otáčení. Nevýhodou je však složitá konstrukce, větší počet válečků a tím větší počet mazaných míst.

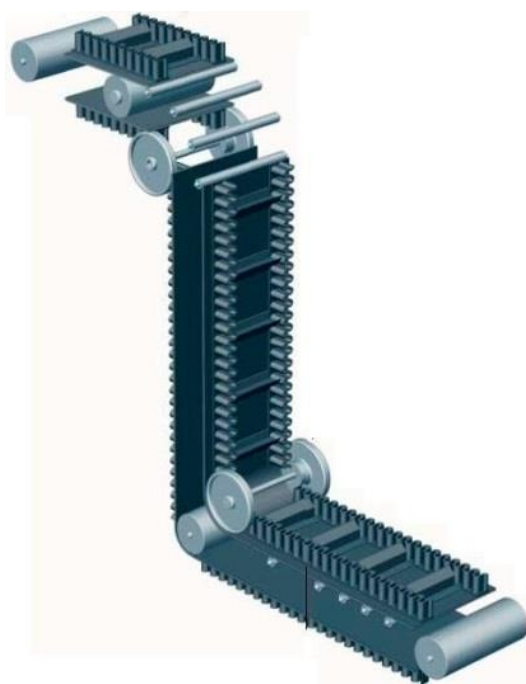


Tab. 2 Referenční listina pásových dopravníků firmy Tedo v ČR [20]

Zákazník	Délka (m)	Výška (m)	Kapacita (t/h)	Průměr hadice (mm)	Rychlost (m/s)	Materiál (°C) Frakce (mm)	Stoupání (°)	Instalace	Horiz. radius (m) úhel (°)
Heidelberger Zement AG, Vápenka Loděnice - CZ	53	10	240	215	1,52	vápenec 20 - 60	11	1994	ne
Krkonošské vápenky Kunčice n/L, CZ	38	11,5	70	215	1,14	malt. směsi do 1	17	1994	ne
Teplárna Strakonice - CZ	40	0	25	175	0,5	škvára 120° do 50	0	1994	ne
Teplárna Strakonice - CZ	87	24,3	25	175	0,5	škvára 120° do 50	16	1994	ne
Heidelberger Zement AG, Vápenka Loděnice - CZ	27	4,7	40	175	0,8	vápenec 20 - 60	10	1996	65 10
LAFARGE Cement Cementárna Čížkovice - CZ	74	7,4	130	175	2,0	vápenec do 2	6	1998	54 19
ČEZ - Elektrárna Pruněřov II - CZ	205	4,2	5 vstupů Σ190	300	1,8	škvára 200° do 40	0	1999	ne
LAFARGE Cement Cementárna Čížkovice - CZ	172	16,7	200	270	1,76	vápenec do 5	6	1999	100 51
Heidelberger Zement AG, Cementárna Králův Dvůr - CZ	510	7,5	200	270	1,28	slínek do 1	max 2	2000	100 20
Heidelberger Zement AG, Cementárna Králův Dvůr - CZ	55	- 2	80	215	1,32	cement do 1	max - 8	2000	ne
Dyckerhoff Hranice - cementárna - CZ	105	31	8	175	1,4	drcený odpad	17	2000	80 11,5
ČEZ - Elektrárna Pruněřov I - CZ	61,9	17,8	48	215	1,06	škvára 80° do 25	22	2001	ne
Dyckerhoff Hranice - cementárna - CZ	91	0,5	120	180	2,1	cement 0 - 1	0	2002	2 × $\frac{54}{20}$
Českomoravský cement, cementárna Mokrý - CZ	48	13,1	35	180	1,5	uhlí 0 - 60	19,5	2005	60 23
HOLCIM (Česko) cementárna Prachovice - CZ	402	20,4	18	180	1,12	chlorové odprašky	5	2007	60 46
Plzeňská teplárenská a.s., Plzeň	112	18,4	5	180	1,76	tuhá alternativní paliva (TAP)	16,5	2009	65 55 65 23
Českomoravský cement, cementárna Mokrý - CZ	235	18,6	140	215	1,5	vápenec 0 - 65	18,5	2010	80 90
Českomoravský cement, cementárna Mokrý - CZ	241	18,6	40	215	1,5	prach 0 - 0,1	18	2010	81,4 76

1.3.2 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY TYPU FLEXOWELL

Dopravníky typu Flexowell slouží k dopravě sypkých materiálů v šikmém až svislém směru. Dopravní pás je opatřen pryžovými bočními vlnovci a příčkami, které umožňují zvýšení sklonu dopravy. Tento typ dopravníku dokáže překonat velkou dopravní výšku při kratších vzdálenostech. Má však řadu nevýhod, např. složitou konstrukci pásu a tím i vysokou cenu, obtížné čištění pásu a složitou konstrukci vratné větve dopravníku.



Obr. 15 Pásový dopravník Flexowell [21]

1.3.3 LANOPÁSOVÉ DOPRAVNÍKY

Dopravní pás u těchto dopravníků plní pouze nosnou funkci, tažnou funkci vykonávají ocelová lana, proto od pásů těchto dopravníků není vyžadována vysoká pevnost v tahu. Spojení pásu s tažnými ocelovými lany je vytvořeno pomocí tření. Ocelová tažná lana jsou poháněna elektromotorem přes třecí kotouče a převodovku s diferenciálem, který udržuje rovnoměrné napětí v obou tažných lanech. Nosné stolice jsou opatřeny nosnými kladkami, čímž se dosahuje nižších odporů proti otáčení a klidnějšího chodu než u klasických pásových dopravníků. Ve vratné stanici jsou umístěna dvě napínací zařízení, jedno pro napínání ocelových lan a druhé k napínání dopravního pásu. Napínání tažných lan zajišťuje dostatečné napětí v lanech, aby bylo možné přenášet obvodovou sílu z poháněcí stanice. Dopravní pás je napínán, aby nedocházelo k nadměrnému průvěsu pásu mezi stolicemi.



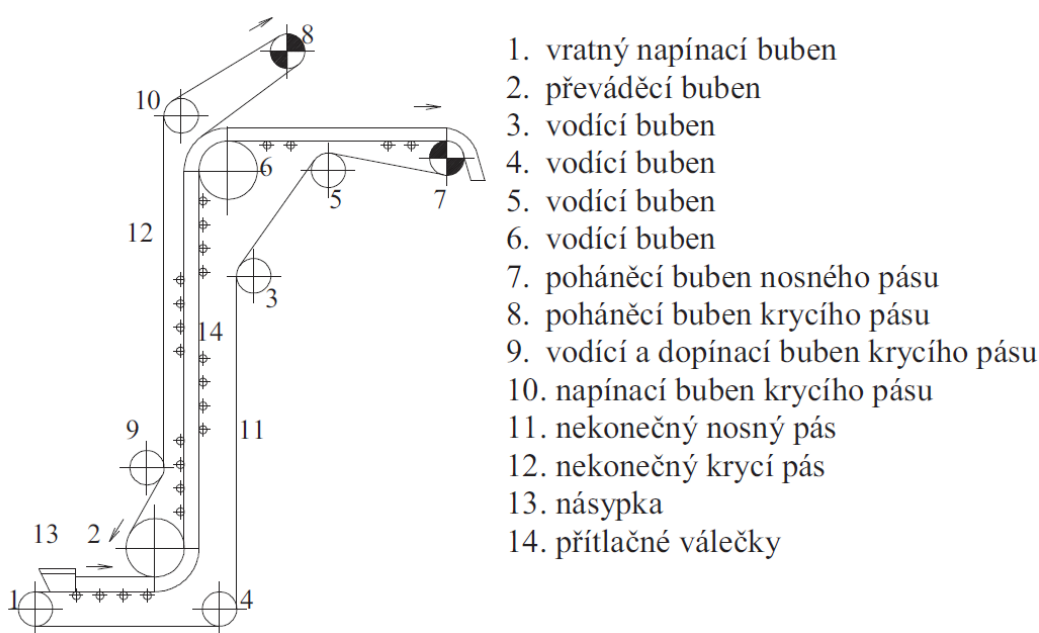
Obr. 16 Vedení lanopásových dopravníků [22]



1.3.4 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY S PŘÍTLAČNÝM PÁSEM

Tyto dopravníky se používají pro přepravu materiálu pod velkým úhlem, v některých případech i k vertikální přepravě. Materiál je přiváděn na vodorovný nosný pás, ke kterému je poté pomocí pneumaticky ovládaných válečků přitlačován horní přitlačný pás. Pomocí speciálního bubnu s pružinami se pásy s dopravovaným materiálem natočí do vertikálního směru. Po překonání dopravní výšky se pásy vracejí do vodorovného směru a materiál přepadá do výsypky.

Výhodou tohoto dopravníku je doprava materiálu mezi dvěma pásy v uzavřeném prostoru, kde je chráněn proti vlivům okolního prostředí. Dochází ovšem k většímu opotřebení pásu a zvyšuje se spotřeba energie.

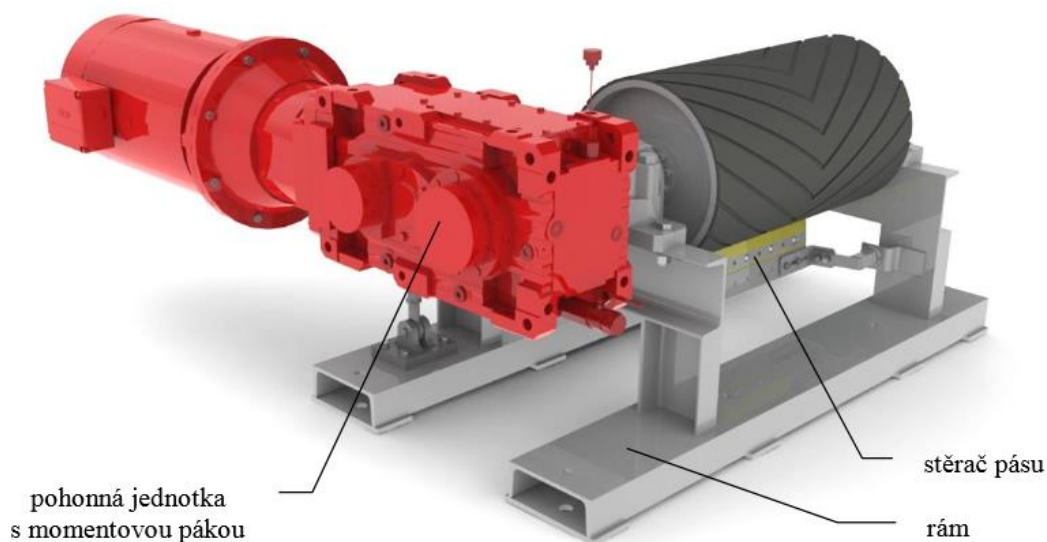


Obr. 17 Schéma pásového dopravníku s přitlačným pásem [3]

1.3.5 PŘESTAVITELNÉ PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY

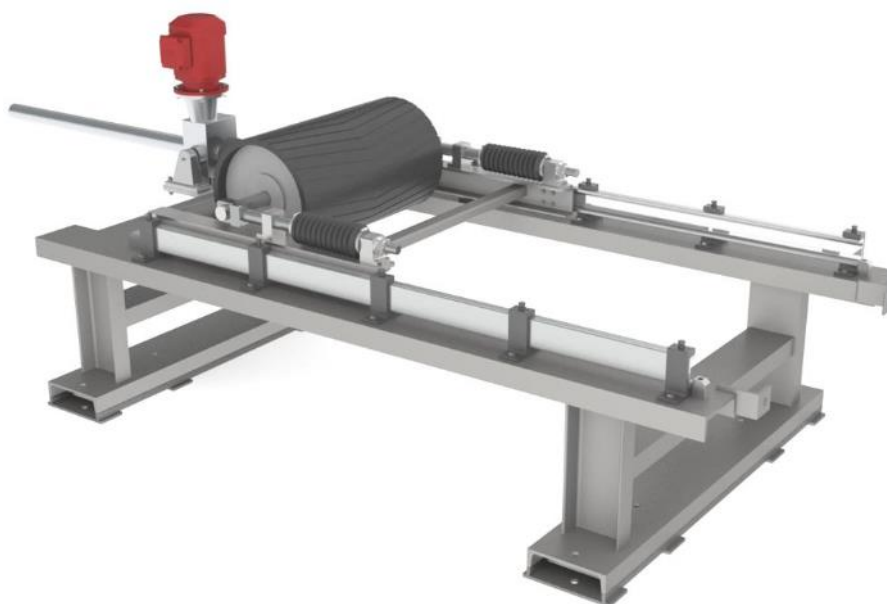
Přestavitelné pásové dopravníky se skládají z jednotlivých segmentů, aby bylo možné měnit jejich dopravní délku. Dopravník se skládá ze dvou koncových segmentů a ze středových segmentů.

Na jednom koncovém segmentu je umístěna poháněcí stanice s jednobubnovým nebo s třibubnovým uspořádáním, díky kterému se zvětší opásání a je možné přenášet větší výkony. Toto provedení se používá pro dopravníky s velkou dopravní vzdáleností. Na obr. 18 je zobrazena kompaktní jednobubnová poháněcí stanice, která se skládá z elektromotoru s kotvou nakrátko, kuželočelní převodovky s momentovou pákou, která podpírá pohonnou jednotku a slouží k zachycování reakčního momentu. Poháněcí stanice je také vybavena softstartérem, aby nedocházelo k přetížení elektromotoru.



Obr. 18 Poháněcí stanice přestavitelného dopravníku [4]

Na druhém koncovém segmentu je umístěna napínací stanice. Pro menší dopravní vzdálenosti je napínán přímo vratný buben a pro větší dopravní vzdálenosti je vratný buben napínán přes soustavu kladek nebo je pás napínán ve vratné větvi napínací smyčkou. Na obr. 19 je zobrazena napínací stanice, kde je napínán vratný buben pomocí elektrického zařízení. Vratný buben je uložen v posuvném rámu, který je spojen s posuvným ramenem zdvižné převodovky. Posuvné rameno je ovládáno asynchronním elektromotorem.



Obr. 19 Napínací stanice přestavitelného dopravníku [5]

Středové segmenty jsou tvořeny příhradovou konstrukcí pro větší délky a z plnostěnných profilů pro menší délky.



2 POSTUP PŘI VÝPOČTU PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Základní výpočet pásových dopravníků se provádí dle normy ČSN ISO 5048.

Při návrhu pásových dopravníků je účelné vycházet především z výpočtu potřebné obvodové síly na poháněcím bubnu a z toho plynoucího tahového namáhání pásu, neboť tyto hodnoty podstatně ovlivňují volbu pohonu a konstrukce pásu [1].

Je nutno věnovat pozornost řadě různých činitelů, které ovlivňují obvodovou sílu na poháněcím bubnu a ztěžují přesné stanovení výkonu. Tato mezinárodní norma uvádí jednoduchý způsob výpočtu při návrhu dopravníku. Následkem toho je přesnost výpočtu omezena, ale je vyhovující ve většině případů. Řada činitelů není ve vztazích zahrnuta, ale je proveden podrobný rozbor jejich charakteru a závažnosti [1].

2.1 ZADANÉ PARAMETRY

Při návrhu pásového dopravníku má konstruktér nejčastěji zadané tyto parametry:

- *dopravní výkon: Q [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]*
- *dopravní výška: H [m]*
- *dopravní vzdálenost: L [m]*
- *dopravovaný materiál: pro dopravovaný materiál jsou známy tyto hodnoty*
 - *objemová hmotnost: ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]*
 - *sypný úhel: α [°]*

Tab. 3 Hodnoty pro dopravovaný materiál [2]

Dopravovaný materiál	objemová hmotnost: ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Max. sklonu dopravníku: δ [°]	Sypný úhel: α [°]
Hnědé uhlí - těžené z dolů	800 - 1000	18	20
Černé uhlí - těžené z dolů	850 - 1100	18	
Koks - kusový	350 - 500	17	
Štěrka - kopaný	1800 - 2000	18	
Ruda ve velkých kusech	1800 - 3000	18	
Obilná zrna, mouka, škrob	400 - 800	17	
Uhlí - tříděné drobné	750 - 1000	22	30
Uhlí - tříděné hrubé	750 - 1000	17	
Písek - suchý smíšený se štěrkem	1300 - 1600	20	
Hlína - hroudý	1400 - 1500	18	
Hlína - suchá jemná	1600	22	
Kámen - drcený	1500 - 2000	18	
Strusky, škvára - do zrnění 100mm	600 - 1000	22	
Uhelný mour - prach do zrnění 10 mm	500 - 800	24	35
Písek - vlhký	2000	27	



2.2 VOLBA DOPRAVNÍ RYCHLOSTI

Dopravní rychlost se volí podle druhu přepravovaného materiálu.

Tab. 4 Doporučená dopravní rychlost pro jednotlivé materiály [2]

Materiál	Charakteristický materiál	Rychlost: $v[m.s^{-1}]$	
		od	do
lehký	obilní zrno, slad, šrot	2,5	4
neodírající, drobný	drobné uhlí, cukr, cement, písek, rašelina	1,6	3,2
ostrohranný, odírající, drobný a střední	drobný koks, štěrk, kamenivo, strusky, hlušina	1,25	2,5
neodírající v kusech	uhlí, řepa, škrob, kusová sůl	1,6	2,5
odírající v kusech a kusový	hrubý štěrk, ruda, kámen, struska, vápno, hlušina, uhlí	1,25	2
	těžké uhlí pro podzemní dobývání		3,2
ztrácející rozbíjením jakost	tříděné uhlí	0,8	1,6

2.3 URČENÍ ŠÍŘKY PÁSU

Šířka pásu se určuje podle teoretického průřezu náplně, sypného úhlu a tvaru válečkové stolice (vodorovný, korýtkový).

Teoretický průřez náplně:

$$S_t = \frac{Q}{\rho \cdot v} [m^2] \quad (1)$$

kde: Q – dopravní výkon $[kg.s^{-1}]$
 ρ – objemová hmotnost $[kg.m^{-3}]$
 v – dopravní rychlost $[m.s^{-1}]$



Tabulka 5 Hodnoty pro volbu pásu [2]

	B[mm]	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
	Sypný úhel: α [°]	Teoretický průřez materiálu: S_t [m ²]									
Vodorovný pás - rovinný	15	0,004	0,007	0,013	0,02	0,032	0,048	0,065	0,086	0,11	0,137
	20	0,006	0,01	0,017	0,027	0,044	0,064	0,089	0,117	0,15	0,186
	25	0,008	0,012	0,022	0,035	0,056	0,083	0,114	0,15	0,192	0,238
	30	0,009	0,015	0,028	0,043	0,07	0,102	0,141	0,186	0,237	0,295
	35	0,011	0,019	0,034	0,052	0,084	0,124	0,171	0,225	0,288	0,357
	40	0,014	0,022	0,04	0,063	0,101	0,149	0,205	0,27	0,345	0,428
Vodorovný pás - korýtkový		dvouválečková stolice - sklon válečku: $\lambda = 20^\circ$			tříválečková stolice - sklon válečku: $\lambda = 30^\circ$				tříválečková stolice - sklon válečku: $\lambda = 35^\circ$		
	15	0,012	0,019	0,034	0,059	0,096	0,141	0,196	0,279	0,356	0,442
	20	0,013	0,021	0,038	0,065	0,106	0,156	0,216	0,304	0,388	0,482
	25	0,014	0,024	0,043	0,072	0,117	0,171	0,238	0,33	0,422	0,524
	30	0,016	0,026	0,047	0,079	0,128	0,188	0,261	0,359	0,459	0,57
	35	0,018	0,029	0,052	0,087	0,141	0,206	0,286	0,391	0,499	0,62
	40	0,02	0,033	0,058	0,096	0,155	0,228	0,315	0,427	0,545	0,677

Dále se provede kontrola, zda je dopravní výkon pro zvolený tvar válečkové stolice a šířku dopravního pásu vyhovující.

Nejprve se vypočítá **využitelná ložná šířka pásu b** , která je závislá na šířce pásu B :

- pro $B \leq 2 \text{ m}$

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \text{ [m]} \quad (2)$$

- pro $B > 2 \text{ m}$

$$b = B - 0,25 \text{ [m]} \quad (3)$$

Pokud není znám **dynamický sypný úhel θ** , vypočítá se ze sypného úhlu α .

$$\theta = 0,75 \cdot \alpha \text{ [°]} \quad (4)$$

Dále pomocí vypočítaných hodnot využitelné ložné šířky pásu b a dynamického sypného úhlu θ lze vypočítat **celkovou plochu průřezu náplně pásu S** :

$$S = S_1 + S_2 \text{ [m}^2\text{]} \quad (5)$$

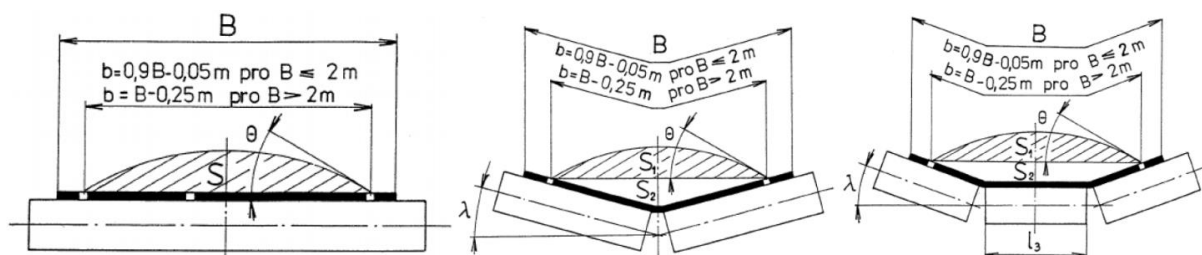
$$S_1 = [l_3 + (b - l_3) \cdot \cos \lambda]^2 \cdot \frac{\tan \theta}{6} \text{ [m}^2\text{]} \quad (6)$$

$$S_2 = \left[l_3 + \frac{b - l_3}{2} \cdot \cos \lambda \right] \cdot \left[\frac{b - l_3}{2} \cdot \sin \lambda \right] [m^2] \quad (7)$$

kde: l_3 – délka středního válečku [m]

λ – úhel sklonu bočních válečků [°]

V případě jedno- nebo dvouválečkových stolic je délka středního válečku rovna nule [1].



Obr. 20 Průřez náplně pásu pro jednotlivé tvary válečkových stolic [1]

Pokud se jedná o pásový dopravník, kde je dopravovaný materiál nasypáván na skloněnou část dopravníku, je nutno vypočítat **součinitel sklonu k**:

$$k = 1 - \frac{S_1}{S} \cdot (1 - k_1) [-] \quad (8)$$

kde: k_1 – součinitel korekce vrchlíku náplně pásu [-]

Kde při idealizovaném chodu dopravníku dopravujícího částečně tříděnou hmotu a uvažování střední kusovitosti lze předpokládat, že k_1 je dán následujícím vztahem [1]:

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 \delta - \cos^2 \theta}{1 - \cos^2 \theta}} [-] \quad (9)$$

kde: δ – úhel sklonu dopravníku [°]

θ – dynamický sypný úhel [°]

V poslední části se provede výpočet **maximálního dopravního výkonu Q_{max}** :

$$Q_{max} = S \cdot v \cdot k \cdot \rho [kg \cdot s^{-1}] \quad (10)$$

kde: S – celková plocha průřezu náplně pásu [m²]

v – dopravní rychlost [m.s⁻¹]

k – součinitel sklonu [-]

ρ – objemová hmotnost [kg.m⁻³]

Následně se porovná největší dopravní výkon Q_{max} s dopravním výkonem Q , zda vyhovuje požadavkům.



Pro zvolený dopravní pás jsou vzhledem k dalším výpočtům důležité tyto parametry:

- *hmotnost 1m² pásu: m_B [kg.m⁻²]*
- *pevnost pásu v tahu: σ_B [N.m⁻¹]*

V závislosti na vypočítané šířce pásu se volí **délka nosných válečků** pro horní i spodní větev dopravníku.

Tab. 6 Délky nosných válečků [3]

Šířka pásu [mm]	Uspořádání [mm]		
	Jednoválečkové	Dvouválečkové	Tříválečkové
500	600	315	
650	750	380	
800	950		315
1000	1150		380
1200	1400		465
1400	1600		530

Pro zvolené nosné válečky jsou vzhledem k dalším výpočtům důležité tyto parametry:

- *hmotnost rotujících částí válečků horní větve dopravníku: m_{RO} [kg]*
- *hmotnost rotujících částí válečků dolní větve dopravníku: m_{RU} [kg]*

2.4 VÝPOČET OBVODOVÉ SÍLY POTŘEBNÉ NA POHÁNĚCÍM BUBNU

Obvodová hnací síla F_U , potřebná na poháněcím bubnu pásového dopravníku, se určí součtem všech odporů podle následujícího vztahu [1]:

$$F_U = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{St} \text{ [N]} \quad (11)$$

kde: F_H – hlavní odpory [N]
 F_N – vedlejší odpory [N]
 F_{S1} – přídavné hlavní odpory [N]
 F_{S2} – přídavné vedlejší odpory [N]
 F_{St} – odpor k překonávání dopravní výšky [N]

2.4.1 HLAVNÍ ODPORY

Hlavní odpory působí u všech pásovéch dopravníků po celé jeho délce. Výpočet se liší pro pásové dopravníky s dopravní délkou menší než 80 m a pro pásové dopravníky s dopravní délkou větší než 80 m.

- pro $L \leq 80$ m

$$F_H = f \cdot L \cdot g \cdot [q_{RO} + q_{RU} + (2 \cdot q_B + q_G) \cdot \cos \delta] \text{ [N]} \quad (12)$$



- pro $L > 80 \text{ m}$

$$F_H = C \cdot f \cdot L \cdot g \cdot [q_{R0} + q_{RU} + (2 \cdot q_B + q_G) \cdot \cos \delta] [N] \quad (13)$$

kde: f – globální součinitel tření [-]

C – součinitel C [-]

g – tíhové zrychlení [m.s^{-2}]

q_{R0} – hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku [kg.m^{-1}]

q_{RU} – hmotnost rotujících částí válečků na 1 m dolní větve dopravníku [kg.m^{-1}]

q_B – hmotnost 1 m dopravního pásu [kg.m^{-1}]

q_G – hmotnost nákladu na 1 m délky pásu [kg.m^{-1}]

δ – úhel sklonu dopravníku (při $\delta \leq 18^\circ$ lze úhel zanedbat dle [1]) [$^\circ$]

SOUČINITEL C

U dopravníků s délkou větší než 80 m jsou vedlejší odpory výrazně menší než hlavní odpory, proto se do výpočtu hlavních odporů zavádí součinitel C , který nahrazuje vedlejší odpory za účelem zjednodušení výpočtu.

Součinitel C je funkcí délky pásového dopravníku, protože většina odporů F_N je nezávislá na délce dopravníku L a působí pouze v určitém místě [1].

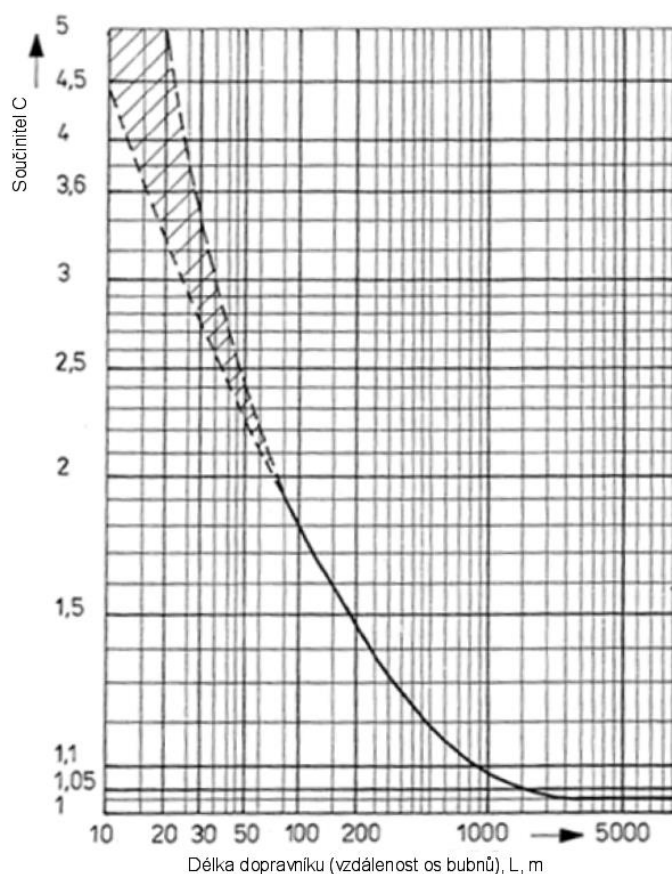
Pokud délka dopravníku L přesahuje hodnotu 80 m, tak lze součinitel C vypočítat podle následujícího vztahu [1]:

$$C = \frac{L + L_0}{L} [-] \quad (14)$$

kde: L_0 – přídavná délka (dle [1] 70 až 100 m) [m]

Součinitel C musí být roven nebo větší než 1,02 [1].

Pro vzdálenost os bubnů L menší než 80 m se hodnota součinitele C stává nespolehlivou. Tato vyšrafovaná oblast je znázorněna na obr. 19. Nespolehlivost součinitele C pro malé vzdálenosti os bubnů dopravníku lze vysvětlit převahou vedlejších odporů u těchto dopravníků [1].

Obr. 21 Součinitel C jako funkce L [1]

GLOBALNÍ SOUČINITEL TŘENÍ F

Globální součinitel tření, f , zahrnuje valivý odpor válečkových stolic a pohybové odpory pásu a na základě výsledků velké série měření je stanovena hodnota 0,02 jako základní hodnota pro pásové dopravníky. Pro stabilní a dobře vyrovnané dopravníky s lehce se otáčejícími válečky a dopravovanými hmoty s nízkým vnitřním třením může být tato hodnota nižší o 20%, snížena na 0,016, zatímco pro špatně vyrovnané pásové dopravníky s těžko se otáčejícími válečky a s vysokým vnitřním třením dopravovaných hmot může hodnota přesáhnout základní hodnotu o 50% a dosáhnout 0,03 [1].

Úpadní dopravníky, které vyžadují brždění motorem, musí být s ohledem na bezpečnost počítány s hodnotou nižší o 40%, než je použita pro výpočet poháněných pásovéch dopravníků: výsledkem je základní hodnota $f = 0,012$ [1].

Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku

$$q_{RO} = \frac{n_O \cdot m_{RO}}{a_O} [kg \cdot m^{-1}] \quad (15)$$

kde: n_O – počet válečků ve válečkové stoličce horní větve dopravníku [-]
 m_{RO} – hmotnost rotujících částí válečků horní větve dopravníku [kg]
 a_O – rozteč válečků horní větve dopravníku [m]



Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m dolní větve dopravníku

$$q_{RU} = \frac{n_U \cdot m_{RU}}{a_U} [kg \cdot m^{-1}] \quad (16)$$

kde: n_U – počet válečků ve válečkové stolici dolní větve dopravníku [-]
 m_{RU} – hmotnost rotujících částí válečků dolní větve dopravníku [kg]
 a_U – rozteč válečků dolní větve dopravníku [m]

Hmotnost 1 m dopravního pásu

$$q_B = m_B \cdot B [kg \cdot m^{-1}] \quad (17)$$

kde: m_B – hmotnost $1m^2$ pásu [$kg \cdot m^{-2}$]
 B – šířka pásu [m]

Hmotnost nákladu na 1 m délky pásu

$$q_G = \frac{Q}{v} [kg \cdot m^{-1}] \quad (18)$$

kde: Q – dopravní výkon [$kg \cdot s^{-1}$]
 v – dopravní rychlost [$m \cdot s^{-1}$]

2.4.2 VEDLEJŠÍ ODPORY

Vedlejší odpory působí u všech pásových dopravníků, ale jen v určitých místech po jeho délce. U dopravníků s délkou větší než 80 m se vedlejší odpory nahrazují součinitelem C pro zjednodušení výpočtu.

$$F_N = F_{bA} + F_f + F_l + F_t [N] \quad (19)$$

kde: F_{bA} – odpory setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti urychlování [N]
 F_f – odpory tření mezi doprav. hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování [N]
 F_l – odpor ohybu pásu na bubnech [N]
 F_t – odpor v ložiskách bubnu [N]

ODPORY SETRVAČNÝCH SIL V MÍSTĚ NAKLÁDÁNÍ A V OBLASTI URYCHLOVÁNÍ

$$F_{bA} = Q \cdot (v - v_0) [N] \quad (20)$$

kde: Q – dopravní výkon [$kg \cdot s^{-1}$]
 v – dopravní rychlost [$m \cdot s^{-1}$]
 v_0 – složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu [$m \cdot s^{-1}$]

ODPORY TŘENÍ MEZI DOPRAVOVANOU HMOTOU A BOČNÍM VEDENÍM V OBLASTI URYCHLOVÁNÍ

$$F_f = \frac{\mu_2 \cdot Q_v^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l_b}{\left(\frac{v - v_0}{2}\right)^2 \cdot b_1^2} [N] \quad (21)$$



kde: μ_2 – součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi (dle [1] 0,5 až 0,7) [-]
 Q_v – objemový dopravní výkon [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
 ρ – objemová hmotnost [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 g – tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
 l_b – urychlovací délka [m]
 v – dopravní rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
 v_0 – složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
 b_1 – světlá šířka bočního vedení [m]

Urychlovací délka

$$l_b = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_1} \text{ [m]} \quad (22)$$

kde: μ_1 – součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem (dle [1] 0,5 až 0,7) [-]

ODPOR OHYBU PÁSU NA BUBNECH

- pro pásy s textilními vložkami

$$F_l = 9 \cdot B \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{F}{B} \right) \cdot \frac{d}{D_v} \text{ [N]} \quad (23)$$

- pro pásy s ocelovým kordem

$$F_l = 12 \cdot B \cdot \left(200 + 0,01 \cdot \frac{F}{B} \right) \cdot \frac{d}{D_v} \text{ [N]} \quad (24)$$

kde: B – šířka pásu [m]
 F – průměrný tah pásu na bubnu [N]
 d – tloušťka pásu [m]
 D_v – průměr vratného bubnu [m]

ODPOR V LOŽISKÁCH BUBNU

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{d_0}{D_v} \cdot F_T \text{ [N]} \quad (25)$$

kde: d_0 – průměr hřídele v ložisku [m]
 D_v – průměr vratného bubnu [m]
 F_T – vektorový součet tahů v pásu a tíhových sil otáčejících se částí bubnu [N]

2.4.3 PŘÍDAVNÉ ODPORY

Přídavné odpory nepůsobí u všech pásových dopravníků, ale závisí na přídavných zařízeních dopravníku. Skládají se z hlavních přídavných odporů, které působí po celé délce dopravníku a vedlejších přídavných odporů, které působí jen v určitých místech dopravníku.

$$F_S = F_{S1} + F_{S2} = F_\varepsilon + F_{gL} + F_r + F_a \text{ [N]} \quad (26)$$



kde: F_{ε} – odpor vychýlených bočních válečků [N]
 F_{gL} – odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením [N]
 F_r – odpor čističů pásu [N]
 F_a – odpor shrnovače materiálu [N]

ODPOR VYCHÝLENÝCH BOČNÍCH VÁLEČKŮ

- pro válečkové stolice se třemi válečky stejné délky

$$F_{\varepsilon} = C_{\varepsilon} \cdot \mu_0 \cdot L_{\varepsilon} \cdot (q_B + q_G) \cdot g \cdot \cos \delta \cdot \sin \varepsilon \quad [N] \quad (27)$$

- pro dolní válečkové stolice se dvěma válečky

$$F_{\varepsilon} = \mu_0 \cdot L_{\varepsilon} \cdot q_B \cdot g \cdot \cos \lambda \cdot \cos \delta \cdot \sin \varepsilon \quad [N] \quad (28)$$

kde: C_{ε} – součinitel korytkovosti [-]
 μ_0 – součinitel tření mezi nosnými válečky a pásem (dle [1] 0,3 až 0,4) [-]
 L_{ε} – délka dopravníku s vychýlenými válečky [m]
 q_B – hmotnost 1 m dopravního pásu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]
 q_G – hmotnost nákladu na 1 m délky pásu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]
 g – tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
 δ – úhel sklonu dopravníku [$^{\circ}$]
 ε – úhel vychýlení osy válečku vzhledem k rovině kolmé k podélné ose pásu [$^{\circ}$]
 λ – úhel sklonu bočních válečků korytkových válečkových stolic [N]

dle [1] $C_{\varepsilon} = 0,4$ pro sklon bočních válečků 30°
 $= 0,5$ pro sklon bočních válečků 45°

ODPOR TŘENÍ MEZI DOPRAVOVANOU HMOTOU A BOČNÍM VEDENÍM

$$F_{gL} = \frac{\mu_2 \cdot Q_v^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l}{v^2 \cdot b_1^2} \quad [N] \quad (29)$$

kde: μ_2 – součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi (dle [1] 0,5 až 0,7) [-]
 Q_v – objemový dopravní výkon [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
 ρ – objemová hmotnost [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 g – tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
 l – délka bočního vedení [m]
 v – dopravní rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
 b_1 – světelná šířka bočního vedení [m]

ODPOR ČISTIČŮ PÁSU

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

kde: A – dotyková plocha mezi pásem a čističem pásu [m^2]
 p – tlak mezi pásem a čističem pásu (dle [1] 30000 až 40000) [$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$]
 μ_3 – součinitel tření mezi pásem a čističem pásu [-]



ODPOR SHRNOVAČE MATERIÁLU

$$F_a = B \cdot k_a [N] \quad (31)$$

kde: B – šířka pásu [m]
 k_a – součinitel shrnování (dle [1] 1500) [N.m]

2.4.4 ODPOR K PŘEKONÁNÍ DOPRAVNÍ VÝŠKY

Odpor k překonání dopravní výšky, F_{St} , je odpor způsobený zdviháním nebo klesáním dopravované hmoty u skloněného dopravníku [1].

$$F_{St} = q_G \cdot H \cdot g [N] \quad (32)$$

kde: q_G – hmotnost nákladu na 1 m délky pásu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]
 H – dopravní výška [m]
 g – tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

Dopravní výška, H , je uvažována jako kladná u stoupajících a záporná u klesajících dopravníků [1].

2.5 VÝPOČET POTŘEBNÉHO PROVOZNÍHO VÝKONU POHÁNĚCÍHO MOTORU

Tato hodnota je nutná pro volbu pohonu, vypočítá se z provozního výkonu na poháněcím bubnu P_A a z účinnosti převodů η .

- pro hnané dopravníky

$$P_M = \frac{P_A}{\eta_1} [W] \quad (33)$$

- pro bržděné dopravníky

$$P_M = P_A \cdot \eta_2 [W] \quad (34)$$

kde: P_A – provozní výkon na poháněcím bubnu [W]
 η_1 – účinnost pro hnané dopravníky (dle [1] 0,85 až 0,95) [-]
 η_2 – účinnost pro bržděné dopravníky (dle [1] 0,95 až 1) [-]

Provozní výkon na poháněcím bubnu

$$P_A = F_U \cdot v [W] \quad (35)$$

kde: F_U – obvodová síla potřebná na poháněcím bubnu [N]
 v – dopravní rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]



Pro volbu pohonu je dále nutno znát **otáčky hřídele poháněcího bubnu** n_p

$$n_p = \frac{v}{\pi \cdot D_p} [s^{-1}] \quad (36)$$

kde: v – *dopravní rychlost* [$m \cdot s^{-1}$]
 D_p – *průměr poháněcího bubnu* [m]

2.6 VÝPOČET SIL V PÁSU

Tahové síly působící v pásu se mění po celé jeho délce; jejich velikost závisí na [1]:

- trase pásového dopravníku;
- počtu a uspořádání poháněcích bubnů;
- charakteristikách hnacích a brzdných systémů;
- druhu a uspořádání napínacích zařízení pásu;
- případu zatížení dopravníku: rozběhu, ustálenému provozu, brždění, zastavení, a to nenaloženého nebo plně nebo částečně naloženého.

S ohledem na namáhání pásu a ostatních částí dopravníku, zatížených silami vyvolanými v pásu, musí být tahové síly v pásu co nejnižší [1].

Pro správný provoz dopravníku je nezbytné, aby tahy v pásu splňovaly následující dvě podmínky [1]:

- tahy v pásu musí být takové, aby obvodové hnací síly na poháněcích bubnech byly v každém případě přenášeny na pás třením bez prokluzu;
- tah v pásu musí být dostatečný, aby nedocházelo k příliš velkému průvěsu mezi dvěma válečkovými stolicemi.

2.6.1 PŘENOS OBVODOVÉ SÍLY NA POHÁNĚCÍM BUBNU

Jedná se o výpočet nejmenší možné tahové síly F_2 ve spodní větvi pásového dopravníku, aby bylo možné přenášet obvodovou sílu F_U z poháněcího bubnu na dopravní pás. Tento vztah je odvozen z Eulerova vztahu pro vláknové tření a závisí na úhlu opásání poháněcího bubnu φ a součiniteli smykového tření mezi poháněcím bubnem a pásem μ .

$$F_{2min} = F_{Umax} \cdot \frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} [N] \quad (37)$$

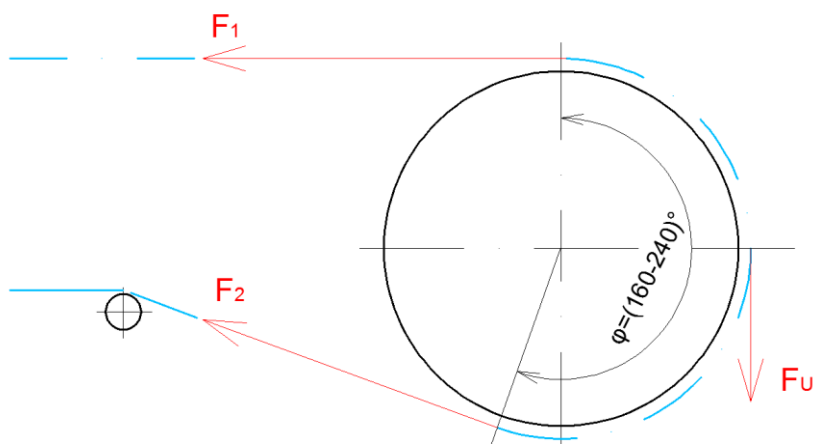
kde: F_{Umax} – *maximální obvodová hnací síla* [N]
 μ – *součinitel smykového tření mezi poháněcím bubnem a pásem* [-]
 φ – *úhel opásání poháněcího bubnu (dle [1] 2,8 až 4,2)* [rad]

Maximální obvodová hnací síla

Nejčastěji se vyskytuje při rozběhu nebo brždění plně naloženého dopravníku [1].

$$F_{Umax} = F_U \cdot \xi [N] \quad (38)$$

kde: ξ – *součinitel rozběhu (dle [1] 1,3 až 2)* [-]



Obr. 22 Působení sil v pásu

Tab. 7 Hodnoty součinitele tření [1]

Stav stykových ploch	Součinitel tření: μ [-]			
	hladký ocelový buben	pryžově obložený - šípové drážky	polyuretanové obložení - šípové drážky	keramické obložení - šípové drážky
suché	0,35 - 0,4	0,4 - 0,45	0,35 - 0,4	0,4 - 0,45
čisté a mokré - voda	0,1	0,35	0,35	0,35 - 0,4
mokré a znečištěné - jíl, hlína	0,05 - 0,1	0,25 - 0,3	0,2	0,35

2.6.2 OMEZENÍ PODLE PRŮVĚSU PÁSU

Nejmenší tahová síla, F_{min} , v pásu s ohledem na omezení průvěsu mezi dvěma válečkovými stolicemi se určí ze vztahů [1]:

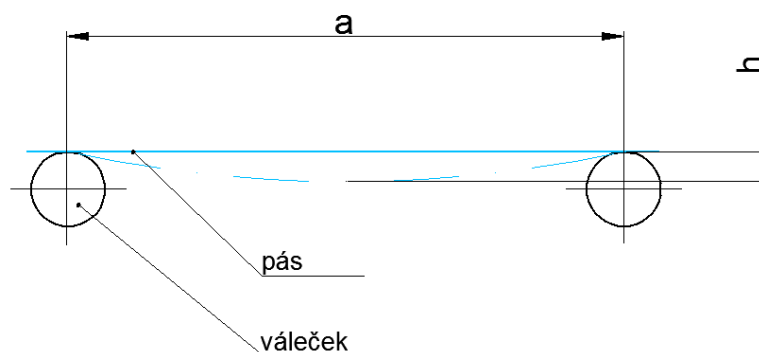
- pro horní větev

$$F_{min} \geq \frac{a_o \cdot (q_B + q_G) \cdot g}{8 \cdot (h/a)_{adm}} [N] \quad (39)$$

- pro dolní větev

$$F_{min} \geq \frac{a_u \cdot q_B \cdot g}{8 \cdot (h/a)_{adm}} [N] \quad (40)$$

kde: a_O – rozteč válečků horní větve dopravníku [m]
 a_U – rozteč válečků dolní větve dopravníku [m]
 q_B – hmotnost 1 m dopravního pásu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]
 q_G – hmotnost nákladu na 1 m délky pásu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]
 g – tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
 $(h/a)_{\text{adm}}$ – dovolený relativní průvěs pásu mezi válečkovými stolicemi
 (dle [1] 0,005 až 0,02) [-]



Obr. 23 Relativní průvěs pásu mezi válečkovými stolicemi

2.6.3 NEJVĚTŠÍ TAHOVÁ SÍLA V PÁSU

Největší tahová síla, $F_{\max}$ v pásu, použitá pro volbu a dimenzování pásu může být určena ze vztahu, který je univerzálně platný. Je to možné pouze v jednoduchých případech, které se vyskytují relativně často, tj [1].

- v případě vodorovné dopravy nebo s malým sklonem;
- použití jednoho poháněcího bubnu;
- při malých brzdných silách potřebných pro zastavení dopravníku;
- není-li minimální požadovaný tah v pásu určen žádnými jinými konstrukčními nebo provozními podmínkami (např. průvěsem pásu).

$$F_{\max} \approx F_1 \approx F_U \cdot \xi \cdot \left(\frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} + 1 \right) \quad [\text{N}] \quad (41)$$

kde: F_U – obvodová síla potřebná na poháněcím bubnu [N]
 ξ – součinitel rozběhu (dle [1] 1,3 až 2) [-]
 μ – součinitel smykového tření mezi poháněcím bubnem a pásem [-]
 φ – úhel opásání poháněcího bubnu (dle [1] 2,8 až 4,2) [rad]

S největší tahovou silou v pásu $F_{\max}$ se následně provede **kontrola pevnosti pásu v tahu**.

$$R_{mp} \cdot B \geq F_{\max} \quad [\text{N}] \quad (42)$$

kde: R_{mp} – dovolené namáhání pásu v tahu [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$]
 B – šířka pásu [m]
 $F_{\max}$ – největší tahová síla v pásu [N]

**Dovolené namáhání pásu v tahu**

Nejčastěji se volí s koeficientem bezpečnosti $k_b = 10$, poté:

$$R_{mp} = \sigma_B \cdot k_b \quad [N \cdot m^{-1}] \quad (43)$$

kde: σ_B – pevnost pásu v tahu $[N \cdot m^{-1}]$
 k_b – koeficient bezpečnosti (nejčastěji 10) [-]

2.7 ODLIŠNOSTI PŘI VÝPOČTU HADICOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Pro výpočet hadicových dopravníků není stanovena žádná norma, proto se postupuje podle normy ČSN ISO 5048. Ve výpočtu jsou však některé odlišnosti.

2.7.1 VÝPOČET ŠÍŘKY PÁSU

U hadicových dopravníků je dopravní pás tvarován do válcovitého tvaru, proto se výpočet šířky pásu liší od výpočtu u klasických dopravníků.

Teoretický průřez náplně

$$S_t = \frac{Q}{\rho \cdot v} \quad [m^2] \quad (44)$$

kde: Q – dopravní výkon $[kg \cdot s^{-1}]$
 ρ – objemová hmotnost $[kg \cdot m^{-3}]$
 v – dopravní rychlost $[m \cdot s^{-1}]$

Dále se vypočítá **skutečný průřez náplně** při uvažování 75% zaplnění průřezu pásu.

$$S = \frac{3}{4} \cdot S_t \quad [m^2] \quad (45)$$

kde: S_t – teoretický průřez náplně $[m^2]$

Poté se spočítá **průměr** stočeného dopravního pásu do tvaru válce.

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3}{4} \cdot S_t \Rightarrow d_h = \sqrt{\frac{3 \cdot S_t}{\pi}} \quad [m] \quad (46)$$

Potřebná **šířka pásu** se vypočítá ze vzorce pro obvod kruhu.

$$B = \pi \cdot d_h \quad [m] \quad (47)$$

2.7.2 VÝPOČET MAXIMÁLNÍ DÉLKY VÁLEČKŮ

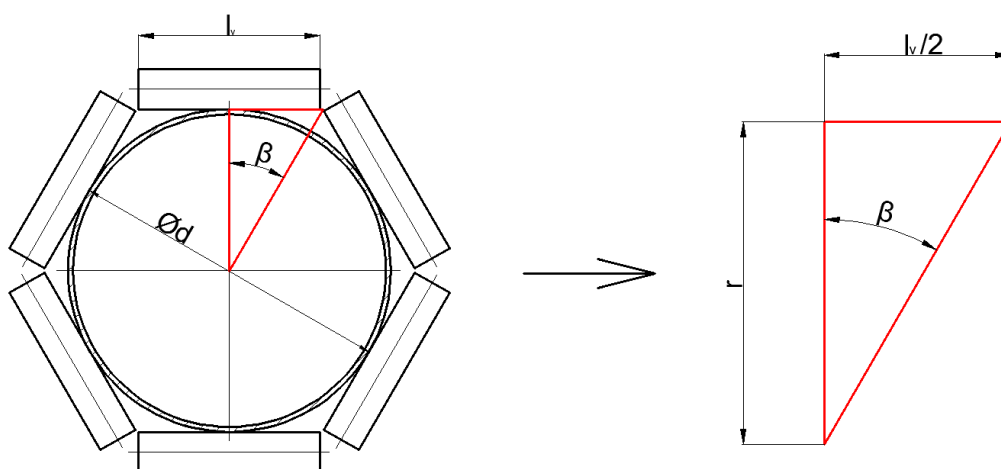
Válečková stolice má kruhový tvar, proto je nutné vypočítat maximální délku válečku, aby se navzájem nepřekrývaly.

$$l_v \leq 2 \cdot r \cdot \operatorname{tg}(\beta) \quad [m] \quad (48)$$

kde: r – poloměr dopravního pásu tvarovaného do válcovitého tvaru [m]

β – úhel závislý na počtu válečků ve válečkové stolici [°]

Pro stolicu se šesti válečky je $\beta = 30^\circ$ a s osmi válečky je $\beta = 22,5^\circ$



Obr. 24 Válečková stolice hadicového dopravníku



3 PŘEHLED VÝROBCŮ NAKUPOVANÝCH DÍLŮ A CELKŮ

VVV MOST spol. s r.o.

Firma VVV MOST spol. s r.o. byla založena v roce 1990. Tato firma poskytuje služby v oblasti projekce, výroby a údržby pásových dopravníků. Nabízí také náhradní díly, příslušenství a materiály pro údržbu pásových dopravníků. Nabízí dopravní pásy hladké, profilové i s postranními vlnovci, dále také prostředky pro spojování a údržbu pásů. Firma produkuje klasické pásové dopravníky ale i speciální dopravníky, mezi které patří: hadicové a U dopravníky, Z a L dopravníky typu Flexowell a příhradové dopravníky. Firma má také k dispozici široký sortiment příslušenství a náhradních dílů jako např. stěrače dopravních pásů, kryty dopravníků, těsnící systémy dopravníků, dopadové lože, pohony a převodovky, válečky, válečkové pražce a bubny.

GLENOWELL s.r.o.

Firma GLENOWELL byla založena v roce 1996 s.r.o. se sídlem v Pacově. Dodává pásové dopravníky pro automobilový průmysl, zemědělství a pro skladování zemědělských produktů.

I.A.N. TECHNIC s.r.o.

Společnost I.A.N. Technic, spol. s r.o. byla založena v roce 1991, zaměřuje se na technologie pro manipulaci v potravinářském průmyslu. Sídlo firmy je ve Šlapanicích. Vyráběné pásové dopravníky jsou určeny pro dopravu kusových předmětů i sypkých materiálů. Konstrukce dopravníků je vyráběna v různých typech provedení z nerezové nebo práškově lakované oceli.

DELTA Engineering s.r.o.

Společnost DELTA Engineering s.r.o. je přerovská firma zabývající se dopravou sypkých hmot, jako jsou cement, vápno, šterk a podobně. Firma vyrábí pásové dopravníky v plochém provedení k dopravě kusových produktů a v korýtkovém provedení k dopravě práškových, zrnitých a sypkých materiálů.

HAUSER CZ s.r.o.

Společnost HAUSER CZ s.r.o. začala podnikat v roce 1998. Firma sídlí ve Vejprnicích poblíž Plzně. Vyrábí lehké a těžké pásové dopravníky. Lehké pásové dopravníky slouží pro přepravu drobného materiálu, lehkých sypkých hmot při dopravním výkonu 20 až 50 tun za hodinu. Těžké pásové dopravníky jsou vhodné pro přepravu písku, kameniny, suti a jiných těžkých sypkých materiálů při dopravním výkonu až 250 tun za hodinu. Firma také nabízí spodní a šípové stěrače, pogumování bubnů, násypky, výsypky, bezpečnostní prvky, boční strážní válečky, podpěrné konstrukce atd.

ME Systems s.r.o.

ME Systems je zástupce firmy Martin Engineering pro Českou republiku a Slovensko. Firma se zabývá technickým řešením problémů při manipulaci a skladování sypkých hmot. Nabízí řešení problémů při nalepování materiálu na dopravní pásy, tlumení rázů materiálu na přesypech, utěsnění dopravníků a snížení prašnosti a také údržbou a servis dopravníků.

**Strand s.r.o.**

Strand s.r.o. je firma se sídlem v Loděnici u Berouna, která se specializuje na výrobu pásových dopravníků pro provoz s vysokými hygienickými nároky. Firma dodává dopravníky především pro masokombináty, příjmové a balící linky na porážkách drůbeže, dopravníky pro etiketovací a balící linky a dopravníky pro gastronomické provozy.

Bluetech s.r.o.

Firma Bluetech z Pacova vyrábí pásové dopravníky pro třídící technologie, průmysl a zemědělství. Firma nabízí kompletní dodávku dopravníků, tedy návrh, výrobu, montáž, elektroinstalaci i servis dopravníků podle požadavků zákazníka. Nabízí také nestandartní dopravníky, jako jsou univerzální pojízdné dopravníky, Z a L dopravníky a řetězové dopravníky.

Adapt dopravníky

Firma Adapt vznikla v roce 1992 a sídlí v Pardubicích. Nabízejí pásové dopravníky v různých šířkách a délkách pro vodorovnou nebo šikmou dopravu sypkých materiálů s výkonem až 100t/hod.

TRAMAZ a.s.

Pražská firma Tramaz nabízí pásové dopravníky s dopravní délkou až do stovek metrů a s hladkými nebo profilovými pásy v šířkách do 3000 mm pro vodorovnou, šikmou nebo lomenou dopravu materiálu. Dodávají také příslušenství pásových dopravníků, např. násypky a skluzy, přesypy, shrnovače, podélné boční vedení a zakrytování dopravního pásu.



ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat podklady pro výpočet a konstrukci pásových dopravníků se zaměřením také na netypická konstrukční řešení. Uvést přehled výrobců pásových dopravníků a nakreslit netypický konstrukční uzel pásového dopravníku.

V první části práce jsem se zabýval rozdělením pásových dopravníků a jejich konstrukčními prvky. Zde jsem popsal, jak pásový dopravník pracuje a k čemu slouží jeho jednotlivé prvky. V první části jsem dále uvedl netypická konstrukční řešení dopravníků, jejich konstrukční odlišnosti od typického pásového dopravníku, výhody a nevýhody a také obrázky těchto dopravníků pro lepší pochopení jejich funkce. V druhé části práce jsem uvedl podrobný postup při výpočtu pásového dopravníku dle normy ČSN ISO 5048. Jednotlivé výpočty jsou také doplněny o nákresy a tabulky počítaných veličin. V poslední části práce jsem uvedl přehled výrobců pásových dopravníků. U jednotlivých firem jsem uvedl, jaké typy dopravníků a jejich konstrukční prvky nabízejí. Součástí této práce je také výkres netypického konstrukčního uzlu pásového dopravníku. Po konzultaci s vedoucím mé bakalářské práce panem doc. Ing. Jiřím Maláškem, Ph.D. jsem zhotovil výkres oboustranného shrnovače pásu.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] ČSN ISO 5048. *Zařízení pro plynulou dopravu nákladů. Pásové dopravníky s nosnými válečky. Výpočet výkonu a tahových sil*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [2] GAJDUŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně v Čs. redakci VN MON, 1988, 277 s.
- [3] POLÁK, Jaromír. *Dopravní a manipulační zařízení II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2003, 104 s. ISBN 802480493x.
- [4] MACHATKA, M. *Pásový dopravník přestavitelný – stanice pohonu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 59 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.
- [5] LANG, R. *Pásový dopravník přestavitelný – napínací stanice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 58 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.
- [6] Pásky z PVC/PU. *Duba - dopravní pásy* [online]. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.duba-dp.cz/12-pvc-pu-pasy.html>
- [7] Dopravní pásy. *ROST GROUP s.r.o.* [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.rostgroup.cz/pasy.php>
- [8] Conveyors. *Michigan Aggregate Machinery* [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: http://www.michagg.com/machine_pics/overland-head.jpg
- [9] Products. *Terex Washing Systems* [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.terex.com/washing-systems/en/products/new-equipment/conveyor-range/tc7532l-static/index.htm>
- [10] Girlandové stolice. *ALTA a.s.* [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.altacz.cz/vyroba-a-obchod/tezebni-prumysl/pasove-dopravniky/jednotlivazarizeni/girlandove-stolice/>
- [11] Dopravníkové válečky. *A.D.A.C. spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.adacsro.cz/valecky.htm>
- [12] Bubny poháněcí. *AMG-Karel Pícha, s.r.o.* [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.amgpicha.cz/bubny/pohaneci/>
- [13] Keramické obložení bubnů. *I-TES - Internetový Technicko-Ekonomický Servis* [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.i-tes.com/profile/keramicke-oblozeni-bubnu---valcu-flex-lag-weld-746>
- [14] The VAN DER GRAAF Drum Motor. *Van der Graaf* [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: http://www.vandergraaf.com/pages/Menu/Products/Drum_Motors
- [15] Shrnovací pluh (SP). *Kešner a.s.* [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.kesner.cz/cz/produkt/shrnovaci-pluh-sp/>

- [16] Produkty. NAVZAS s.r.o. [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.cimbria.cz/images/bigimg/pasovy-dopravnik-rez-cimbria-heid-popis.jpg>
- [17] Secondary conveyor belt cleaner. *Direct Industry* [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/flexco/secondary-conveyor-belt-cleaners-14800-493925.html>
- [18] Brush Cleaner. *Martin Engineering Company* [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.martin-eng.com/products/belt-cleaners/specialty-cleaners/martin-brush-cleaner.html>
- [19] Pipe Conveyor Belt. *The Bridgestone Group* [online]. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: http://www.bridgestone.com/products/diversified/conveyorbelt/products/pipe_conveyor_belt.html
- [20] Realizované zakázky TEDO. *Schenck Process s.r.o.* [online]. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.schenckprocess.cz/cz/tedo/references.html>
- [21] Conveyor belt for mining industry. *Direct Industry* [online]. [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/sidewall-conveyor-belts-7393-2552109.jpg
- [22] Cable Hauled Conveyor Systems. *JLV Industries Pty Ltd* [online]. [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: <http://www.jlv.com.au/cable-hauled.php>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$(h/a)_{\text{adm}}$	[-]	dovolný relativní průvès pásu mezi válečkovými stolicemi
A	[m ²]	dotyková plocha mezi pásem a čističem pásu
a_0	[m]	rozteč válečků horní větve dopravníku
a_U	[m]	rozteč válečků dolní větve dopravníku
b	[m]	využitelná ložná šířka pásu
B	[m]	šířka pásu
b_1	[m]	světla šířka bočního vedení
C	[-]	součinitel C
C_e	[-]	součinitel korýtkovosti
d	[m]	tloušťka pásu
d_0	[m]	průměr hřídele v ložisku
d_h	[m]	průměr dopravního pásu tvarovaného do válcovitého tvaru
D_p	[m]	průměr pohánecího bubnu
D_v	[m]	průměr vratného bubnu
f	[-]	globální součinitel tření
F	[N]	průměrný tah pásu na bubnu
F_2	[N]	tahová síla ve spodní větvi dopravníku
F_a	[N]	odpor shrnovače materiálu
F_{bA}	[N]	odpory setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti urychlování
F_f	[N]	odpory tření mezi doprav. hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování
F_{gL}	[N]	odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením
F_H	[N]	hlavní odpory
F_l	[N]	odpor ohybu pásu na bubnech
F_{max}	[N]	největší tahová síla v pásu
F_N	[N]	vedlejší odpory
F_r	[N]	odpor čističů pásu
F_{S1}	[N]	přídavné hlavní odpory
F_{S2}	[N]	přídavné vedlejší odpory
F_{St}	[N]	odpor k překonávání dopravní výšky
F_t	[N]	odpor v ložiskách bubnu
F_T	[N]	vektorový součet tahů v pásu a tíhových sil otáčejících se částí bubnu
F_U	[N]	obvodová hnací síla



F_{Umax}	[N]	maximální obvodová hnací síla
F_{ε}	[N]	odpor vychýlených bočních válečků
g	[m.s ⁻²]	tíhové zrychlení
H	[m]	dopravní výška
k	[-]	součinitel sklonu
k_1	[-]	součinitel korekce vrchlíku náplně pásu
k_a	[N.m]	součinitel shrnování
k_b	[-]	koeficient bezpečnosti
L	[m]	dopravní vzdálenost
l	[m]	délka bočního vedení
L_0	[m]	přídavná délka
l_3	[m]	délka středního válečku
l_b	[m]	urychlovací délka
L_{ε}	[m]	délka dopravníku s vychýlenými válečky
m_B	[kg.m ⁻²]	hmotnost 1m ² pásu
m_{RO}	[kg]	hmotnost rotujících částí válečků horní větve dopravníku
m_{RU}	[kg]	hmotnost rotujících částí válečků dolní větve dopravníku
n_O	[-]	počet válečků ve válečkové stolici horní větve dopravníku
n_U	[-]	počet válečků ve válečkové stolici dolní větve dopravníku
p	[N.m ⁻²]	tlak mezi pásem a čističem pásu
P_A	[W]	provozní výkon na poháněcím bubnu
P_M	[W]	provozní výkon poháněcího motoru
Q	[kg.s ⁻¹]	dopravní výkon
q_B	[kg.m ⁻¹]	hmotnost 1 m dopravního pásu
q_G	[kg.m ⁻¹]	hmotnost nákladu na 1 m délky pásu
Q_{max}	[kg.s ⁻¹]	maximální dopravní výkon
q_{RO}	[kg.m ⁻¹]	hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku
q_{RU}	[kg.m ⁻¹]	hmotnost rotujících částí válečků na 1 m dolní větve dopravníku
Q_v	[m ³ .s ⁻¹]	objemový dopravní výkon
r	[m]	poloměr dopravního pásu tvarovaného do válcovitého tvaru
R_{mp}	[N.m ⁻¹]	dovolené namáhání pásu v tahu
S	[m ²]	celková plocha průřezu náplně pásu
S_1	[m ²]	horní plocha průřezu náplně pásu



S_2	$[m^2]$	dolní plocha průřezu náplně pásu
v	$[m.s^{-1}]$	dopravní rychlost
v_0	$[m.s^{-1}]$	složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu
α	$[^\circ]$	sypný úhel
β	$[^\circ]$	úhel závislý na počtu válečků ve válečkové stoličce
δ	$[^\circ]$	úhel sklonu dopravníku
ε	$[^\circ]$	úhel vychýlení osy válečku vzhledem k rovině kolmé k podélné ose pásu
η_1	$[-]$	účinnost pro hnané dopravníky
η_2	$[-]$	účinnost pro bržděné dopravníky
θ	$[^\circ]$	dynamický sypný úhel
λ	$[^\circ]$	úhel sklonu bočních válečků
μ	$[-]$	součinitel smykového tření mezi poháněcím bubnem a pásem
μ_0	$[-]$	součinitel tření mezi nosnými válečky a pásem
μ_1	$[-]$	součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem
μ_2	$[-]$	součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi
μ_3	$[-]$	součinitel tření mezi pásem a čističem pásu
ξ	$[-]$	součinitel rozběhu
ρ	$[kg.m^{-3}]$	objemová hmotnost
σ_B	$[N.m^{-1}]$	pevnost pásu v tahu
φ	$[rad]$	úhel opásání poháněcího bubnu



SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace:

2-3P24-7/00
4-3P24-7/00

OBOUSTRANNÝ SHRNOVAČ
OBOUSTRANNÝ SHRNOVAČ

výkres sestavení
seznam položek