



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 TRANSPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Řepa

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Lukáš Zeizinger, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Vojtěch Řepa
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	Ing. Lukáš Zeizinger, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23

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:

Pásové dopravníky jsou strojními zařízeními k přepravě kusových nebo sypkých produktů na potřebnou vzdálenost s využitím v různých odvětvích průmyslu. Dálková pásová doprava je speciální druh pásové dopravy, který je převážně využíván v povrchových nebo hlubinných dolech pro transport vytěženého materiálu na velké vzdálenosti.

Konstrukční návrh dálkové pásové dopravy o dopravovaném množství 2000 t/h.

Délka dopravníku je 480 m s převýšením 25 m. Přepravovaný materiál je hnědé uhlí.

Cíle bakalářské práce:

Stručný popis funkce dálkové pásové dopravy.

Podrobná rešerše jednotlivých komponent zařízení.

Pevnostní výpočet vybraných komponent.

Výkresová dokumentace koncepčního návrhu.

Seznam doporučené literatury:

SUBBA, Rao. The Belt Conveyor. New York: CRC Press, 2022. ISBN 9780367544416.

FRIES, Jiří. Pásové dopravníky, bubny a jejich výpočet. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-2080-4.

GAJDŮŠEK, Jaroslav; ŠKOPÁN Miroslav. Teorie dopravních a manipulačních zařízení.

Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně v Čs. redakci VN MON, 1988, 277 s.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá dálkovou pásovou dopravou, jejíž principy jsou vysvětleny v první kapitole práce. V následující kapitole jsou podrobně popsány jednotlivé komponenty pásového dopravníku. Praktická část práce se zabývá koncepčním návrhem podle zadaných parametrů v souladu s ČSN ISO 5048 a použitou odbornou literaturou. Pro ověření správnosti koncepce je provedena kontrola pevnosti zvoleného dopravního pásu. K navrhovanému dopravníku je vytvořena 3D vizualizace a výkresová dokumentace koncepčního návrhu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dálková pásová doprava, pásový dopravník, dopravník na hnědé uhlí, logistika povrchových dolů.

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with long-distance belt transport, the principles of which are explained in the first chapter of the thesis. In the following chapter, the individual components of the belt conveyor are described in detail. The practical part of the bachelor thesis deals with the conceptual design according to the specified parameters in accordance with ČSN ISO 5048 and the professional literature on the construction of belt conveyors. To verify the correctness of the concept, the strength of the selected conveyor belt is checked. A 3D visualization and drawing documentation of the conceptual design is created for the proposed concept.

KEYWORDS

Long-distance transport, conveyor belt, brown coal conveyor, surface mine logistics.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŘEPA, Vojtěch. Dálková pásová doprava [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149128>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Lukáš Zeizinger.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Lukáš Zeizingera, Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 23. května 2023

.....

Vojtěch Řepa

PODĚKOVÁNÍ

Své poděkování bych rád věnoval mému vedoucímu práce Ing. Lukáši Zeizingerovi, který mi přátelským a lidským přístupem poskytl cenné rady a připomínky k tvorbě mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval mé rodině, která mě trpělivě podporuje při vysokoškolském studiu.

OBSAH

Úvod	11
1 Doprava pomocí pásových dopravníků	12
1.1 Rozdělení pásových dopravníků podle literatury [1] [4]	12
1.2 Dálková pásová doprava	13
2 Základní komponenty pásového dopravníku.....	14
2.1 Dopravní pás	14
2.1.1 Provedení dopravníkových pásů.....	15
2.1.2 Spojování dopravníkových pásů.....	16
2.2 Válečky	16
2.3 Válečkové stolice	17
2.4 Bubny	18
2.5 Nosná konstrukce.....	18
2.6 Pohony pásových dopravníků	19
2.7 Překladní body	20
2.7.1 Násypka	20
2.7.2 Výsypka.....	20
2.8 Příslušenství pásového dopravníku.....	21
2.8.1 Napínací zařízení	21
2.8.2 Čističe pásu.....	22
2.8.3 Dopravníkové váhy	25
2.8.4 Odebírání vzorků	26
2.8.5 Ochrana pásového dopravníku	26
3 Výpočet pásového dopravníku	27
3.1 Zadané hodnoty.....	27
3.2 Vlastnosti přepravovaného materiálu:	27
3.2.1 Dynamický sypaný úhel	27
3.3 Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu	28
3.4 Volba rychlosti pásu dopravníku	28
3.5 Určení minimálního teoretického průřezu náplně pásu	29
3.6 Skutečný průřez náplně.....	29
3.6.1 Využitá ložná šířka pásu.....	30
3.6.2 Průřez horní části náplně	30
3.6.3 Průřez dolní části náplně.....	31
3.7 Součinitel sklonu dopravníku	31
3.7.1 Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu	32
3.8 Největší dopravní výkon pásového dopravníku.....	32
3.9 Největší hmotnostní dopravní výkon dopravníku.....	33
3.10 Kontrola dopravovaného množství	33
3.11 Pohybové odpory pásového dopravníku	33
3.11.1 Hlavní odpory	33
3.11.2 Vedlejší odpory	36
3.11.3 Přídavné hlavní odpory.....	39
3.11.4 Přídavné vedlejší odpory	39
3.12 Hnací síla a potřebný výkon.....	42

3.12.1	Obvodová hnací síla.....	42
3.12.2	Součinitel vedlejších odporů C	42
3.12.3	Potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku.....	43
3.12.4	Potřebný pracovní výkon poháněcího motoru	43
3.13	Síly v pásu.....	44
3.13.1	Maximální obvodová hnací síla	44
3.13.2	Minimální tahová síla ve sbíhající větvi	44
3.13.3	Nejmenší tahová síla pro horní větev	45
3.13.4	Nejmenší tahová síla pro dolní větev	45
3.13.5	Maximální tahová síla v pásu.....	46
3.13.6	Tah v pásu ve větvi nabíhající na buben	46
3.13.7	Tah v pásu ve větvi sbíhající z bubnu	46
3.13.8	Maximální dovolený tah v pásu	47
3.13.9	Kontrola pevnosti pásu.....	47
4	Ilustrační 3D model.....	48
	Závěr	50
	Použité informační zdroje	51
	Seznam použitých zkratk a symbolů	55
	Seznam obrázků	58
	Seznam příloh	59

ÚVOD

Člověk je tvor velmi chytrý a pracovitý, když jde, ale o těžkou práci, vždy si ji rád usnadní. Možná z toho důvodu byla vymyšlena dálková pásová doprava. Toto provedení pásových dopravníků umožňuje rychlé přepravení velkého množství sypkého nebo kusového materiálu na vzdálenosti o délce přesahující desítky kilometrů. Proto je vhodná pro užití v povrchových nebo hlubinných dolech, odkud je za jejich pomoci odtěžený materiál přepravován do skladovacích nebo překládacích prostor.

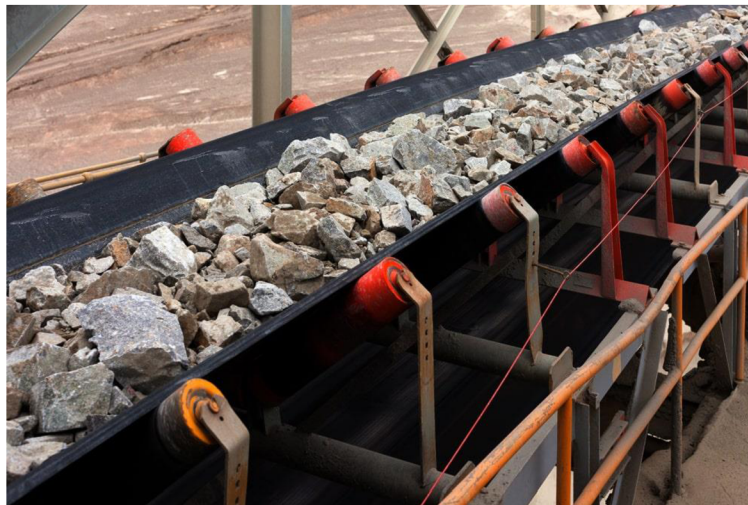
Tyto dopravníky přepravují suroviny jako je uhlí, které nám zajišťují základní životní potřeby tepla a elektrické energie, ale také například nerostné suroviny, ze kterých se vyrábějí elektrické komponenty, vyskytující se v každém elektrickém zařízení, na jaké si vzpomeneme. Přítomnost dálkové pásové dopravy tedy zásadním způsobem ulehčuje naše životy a dotýká se každého z nás, i když o tom třeba nevíme.

Cílem této bakalářské práce je přiblížení problematiky dálkové pásové dopravy a seznámení čtenáře s dílčími komponenty, které utváří celek – pásový dopravník.

Dále práce zahrnuje návrh pásového dopravníku pro přepravu 2000 tun hnědého uhlí za hodinu na vzdálenost 480 metrů s převýšením 25 metrů.

1 DOPRAVA POMOCÍ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Pásové dopravníky jsou jedny z nejrozšířenějších dopravníků, které jsou současně využívány pro vodorovnou, popřípadě šikmou dopravu. Při zvolení správné konfigurace a komponentů umožňují nepřetržitou přepravu širokého spektra materiálů od jemných práškových po rozměrné kusové materiály na různé vzdálenosti při zachování relativně nízkých provozních nákladů a vysoké spolehlivosti systému. Klíčový prvek pásových dopravníků je dopravní pás, který je nosným a tažným členem, tvoří nekonečnou smyčku a zajišťuje kontinuální plynulou dopravu materiálu (viz Obr. 1). První moderní pásový dopravník byl postaven v roce 1981 vynálezcem Thomase Robinsonem pro potřebu přepravy uhlí a železné rudy těžební společnosti amerického vynálezce a podnikatele Thomase Alva Edisona. Tento dopravník byl oceněn hlavní cenou na Světové výstavě v Paříži z roku 1900. [1] [2] [3]



Obrázek 1 Pásový dopravník přepravující vytěžený kámen [20]

1.1 ROZDĚLENÍ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ PODLE LITERATURY [1]

Rozdělení pásových dopravníků dle provedení nosné konstrukce:

- Stabilní pásové dopravníky – konstrukce je pevně spojena s podkladem
- Pojízdne a přenosné pásové dopravníky – pro malé množství materiálu a krátké vzdálenosti
- Přestavitelné pásové dopravníky – pro velké dopravní vzdálenosti, využíváno zejména v povrchové těžbě

Rozdělení dle tvaru profilu pásového dopravníku:

- Dopravníky vodorovné
- Dopravníky šikmé
- Dopravníky konkávní – dopravníky přecházející z vodorovného směru na šikmý
- Dopravníky konvexní – dopravníky přecházející z šikmého směru na vodorovný
- Dopravníky kombinované – dopravníky kombinující konkávní a konvexní dopravníky

Rozdělení pásových dopravníků podle tažného elementu:

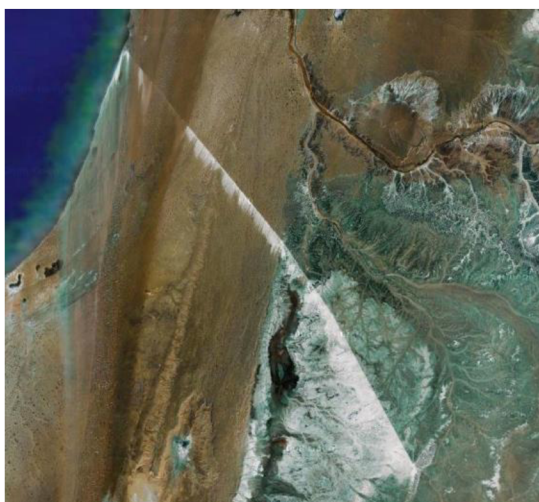
- Dopravníky s gumovým pásem, nebo pásem z PVC
- Dopravníky s ocelovým pásem
- Dopravníky s ocelogumovým pásem
- Dopravníky s pásem z drátěného pletiva

1.2 DÁLKOVÁ PÁSOVÁ DOPRAVA

Dálková pásová doprava využívá principů pásových dopravníků pro dopravu téměř jakýchkoliv materiálů o dopravovaném množství až 20 000 t/hod na vzdálenosti až v řádu desítek kilometrů. Toho lze dosáhnout použitím několika dílčích pásových dopravníků, které mají délku až 1000 m. Dopravní pásy u dálkové pásové dopravy využívají standartně dopravní pásy o šířce 1200-2400 mm. Dálkové pásové dopravy se využívá zejména pro přepravu odtěženého materiálu z povrchových dolů do místa zpracování nebo uložení. Pro společnosti je tento způsob dopravy obzvláště výhodný, jelikož pásové dopravníky jsou schopné dopravit rychleji, spolehlivěji a levněji větší dopravované množství látky než například nákladní automobilová, nebo vlaková doprava. Jak nákladní, tak vlaková doprava vyžaduje jistou úpravu povrchu – nákladní doprava vyžaduje zpevněné cesty, zatímco vlaková doprava vyžaduje konstrukci nákladních železnic. Pásové dopravníky tyto velké úpravy nevyžadují. Oproti nákladní a vlakové dopravě je pásová doprava schopna překonávat vyšší sklony, dopravníky tedy mohou věrněji kopírovat zemský povrch a tím zkrátit dopravovanou vzdálenost. Další výhodou je, že vratná část pásu nepřeppravující žádný materiál se vrací během dopravování materiálu, takže nenastává časová prodleva, která je u nákladní dopravy způsobena čekáním na návrat prázdného přepravního prostředku. Pásová doprava je schopna zajistit tišší a ekologičtější dopravu než výše zmíněné alternativní způsoby dopravy. [5] [6] [2] [7]

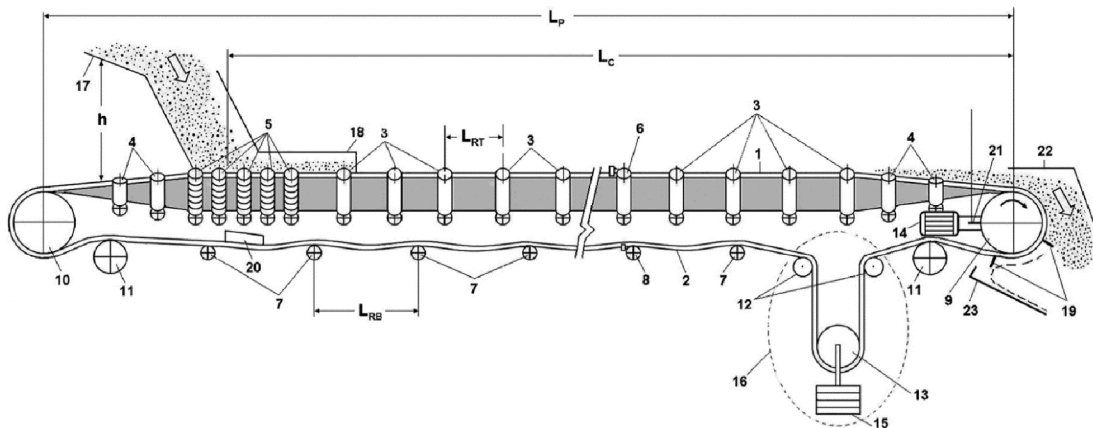
NEJDELŠÍ PÁSOVÝ DOPRAVNÍK NA SVĚTĚ

Nejdelší pásový dopravník na Světě se nachází v Západní Saharě. Tento dopravník měřící 98 kilometrů přepravuje fosfátovou rudu z dolu v Bou Craa do přístavu města El-Aaiun. Za hodinu přepraví 2000 tun fosfátové rudy, která je dále zpracována. Největší podíl výsledného produktu z fosfátové rudy z tohoto dolu tvoří hnojiva. Poloha dopravníku je snadno identifikovatelná ze satelitních map – rozfoukaná fosfátová ruda tvoří bílé pásy podél celé délky dopravníku, které tvoří barevný kontrast s krajinou (viz Obr. 2). [3] [8]



Obrázek 2 Fosfátová stopa dopravníku z dolu Bou Craa [21]

2 ZÁKLADNÍ KOMPONENTY PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU



Obrázek 3 Schéma pásového dopravníku [4]

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Nosná část dopravního pásu | 17. Násypka |
| 2. Vratná část dopravního pásu | 18. Boční vedení násypky |
| 3. Nosné válečky – korýtkový průřez | 19. Čističe pásu – stěrače |
| 4. Nosné přechodové válečky | 20. Čistič pásu – pluh |
| 5. Dopadové válečky | 21. Čistič bubnu |
| 6. Vodící válečky nosné větve | 22. Výsypka |
| 7. Podpůrné válečky vratné větve | 23. Skluz pro materiál odpadlý z čističů |
| 8. Vodící válečky vratné větve | |
| 9. Hnací buben | L_P – Osová vzdálenost bubnů |
| 10. Hnaný buben | L_C – Dopravovaná délka |
| 11. Kladka zvyšující úhel opásání | L_{RT} – Rozteč váleček nosné větve |
| 12. Ohýbací kladky | L_{RB} – Rozteč váleček vratné větve |
| 13. Kladka napínacího zařízení | h – Výška pádu materiálu |
| 14. Pohon pásového dopravníku | |
| 15. Závaží napínacího zařízení | |
| 16. Gravitační napínací zařízení | |

2.1 DOPRAVNÍ PÁS

Dopravní pás je jednou z hlavních součástí pásových dopravníků. Tvoří pohyblivou nosnou plochu, na kterou je umístěn přepravovaný materiál. Je to nejvíce nákladná a zároveň nejvíce zranitelná součást systému, proto musí splňovat následující požadavky:

- Vysoká pevnost
- Nízká hmotnost, jednoduchost
- Malé prodloužení a vytažení
- Pružnost
- Dlouhá životnost
- Odolnost vůči opotřebení
- Schopnost pohlcení rázů způsobených nakládkou

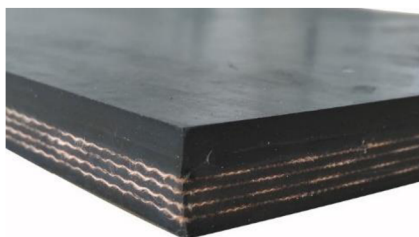
Dopravní pás se skládá ze dvou základních prvků – kostry a krycí vrstvy. Kostra pásu je nejdůležitější strukturální částí pásu, na kterou jsou kladeny vysoké nároky. Je tvořena ocelovými nebo bavlněnými kordy, popřípadě syntetickými vlákny.

Kostra pásu je chráněna krycími vrstvami před opotřebením způsobeným přepravovaným materiálem, dalšími součástmi dopravníku a vnějšími vlivy jako jsou vlhkost, sluneční záření, chemikálie, teplo, chlad a jiné. Krycí vrstvy jsou tvořeny různými pryžovými směsmi. Jejich složení je dáno způsobem provedení pásu a přepravovaným materiálem s požadavkem co nejvyšší životnosti pásu. [1] [4]

2.1.1 PROVEDENÍ DOPRAVNÍKOVÝCH PÁSŮ

TEXTILNÍ PÁSY

Kostra je tvořena textilií, která může být v jedné nebo více vrstvách. Jednovrstvé pásy se používají pro pásové dopravníky s malým napětím v pásu. Vícevrstvé pásy se využívají u dopravy s větším zatížením, a to například v důlní dopravě u exkavátorů (viz Obr. 4). Hrana pásu může být řezaná nebo vyztužená ochranou gumovou částí. Tento boční ochranný okraj slouží převážně k ochraně před opotřebením způsobeným vodíci lištami nebo strážnými válečky a vnikem vlhkosti do bavlněné kostry pásu. Řezané pásy nabízejí levnější výrobu za cenu nižší životnosti. [1] [4] [9]



Obrázek 4 Dopravní pás s textilní kostrou [22]

OCELOKORDOVÉ PÁSY

Kostra pásu je tvořena ocelovými kordy, které jsou vůči sobě rovnoběžně uloženy v pryžové matici, kterou chrání horní a dolní ochranné vrstvy (viz Obr. 5). Jednotlivé kordy jsou splétány z množství ocelových drátů tvořících prameny. Zvýšení příčné tuhosti může být dosaženo použitím textilní vložky. Ocelokordové pásy se využívají pro přepravu těžkých materiálů, nebo pro přepravu materiálů s ostrými hranami. [1] [4]



Obrázek 5 Dopravní pás s ocelokordovou kostrou [23]

KEVLAROVÉ PÁSY

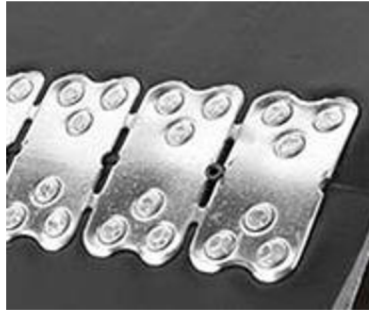
Kevlarové pásy využívají pro kostru pásu kevlarová vlákna. Oproti ocelokordovým pásům nabízejí vyšší pevnost – kevlar je 5x pevnější než ocel. Další výhodou je lepší pohlcování rázů a také korozivzdornost. Oproti textilním pásům nabízejí nižší hmotnost, vyšší pevnost a odolnost vůči poškození hořením. [4]

2.1.2 SPOJOVÁNÍ DOPRAVNÍKOVÝCH PÁSŮ

Pro vytvoření nekonečné smyčky dopravníkového pásu se využívají různé metody spojování konců pásu. Spojování pásů se dá rozdělit na dvě běžné metody: mechanické spojování s pomocným materiálem a vulkanizační spojování. Mechanické spoje bývají provedeny buď napravo destičkami (viz Obr. 7), které spojují konce pásu pomocí šroubů, popřípadě nýtů, anebo pohyblivým spojem pomocí háčků (viz Obr. 8), spirálových švů a sponek. Mechanické spoje zajišťují jednodušší servis a montáž. Nevýhodou mechanických spojů u přepravy jemného materiálu je propad do spodní větve pásu v oblasti spoje, porušení kostry, ke které může pronikat vlhkost a snížení tahové pevnosti pásu – proto jsou mechanické spoje využívány pouze u méně namáhaných dopravníků. Vulkanizační spoje se dělí na horké a studené. Horké spoje jsou provedeny tak, že spojované konce jsou upraveny do schodovitého tvaru, nebo prstovitého tvaru (viz Obr. 6) tak, aby do sebe zapadly a tvořily hladký přechod mezi oběma konci. Očištěné a odmaštěné konce jsou pokryty vulkanizační směsí a jsou vloženy do vulkanizačního lisu kde je vytvořen a vytvrzen spoj za zvýšené teploty a tlaku. U studené vulkanizace je příprava obdobná jako u horké vulkanizace, místo vulkanizační směsi je použito lepidlo, které je vytvrzeno za pokojové teploty. Studená vulkanizace je méně nákladná, není však vhodná pro přepravu horkého materiálu. [1] [4]



Obrázek 6 Spojení pásu na prsty [25]



Obrázek 7 Spojení pásu destičkami [24]



Obrázek 8 Spojení pásu pomocí háčků [24]

2.2 VÁLEČKY

Válečky jsou zařízení, které se nachází v nosné i vratné větvi dopravníkového pásu. Jejich hlavní funkce je tvořit podporu dopravníkovému pásu s co nejmenšími ztrátami a dávat tvar dopravníkovému pásu. Válečky, které jsou nejčastěji vyrobeny z plastových nebo ocelových trubek, jsou uloženy ve válečkových stolicích za pomoci valivých ložisek. Uložení válečku ve stolicu je provedeno buď pomocí pevné osy, nebo pomocí čepů ve víku válečku. Dle umístění dělíme válečky na válečky nosné větve a válečky vratné větve. V nosné větvi se nacházejí válečky nesoucí zatížení pásu a tvořící tvar pásu. Využívají se zde hladké válečky a dopadové válečky umístěné v oblasti násypky, které pomocí speciální pryžové směsi chrání dopravní pás absorbováním energie nárazu při nakládce (viz Obr. 9). V nosné i vratné větvi také nalezneme boční vodící válečky (viz Obr 10), které vystředují pás a starají se tím tak o to, aby nedošlo

k sesmeknutí pásu, při kterém by mohlo dojít k poškození pásu o rám. Válečky vratné větve nesou pouze zatížení od vratné větve pásu a případně pomocí spirálových či diskových válečků čistí pás od nečistot. [1] [4] [6]



Obrázek 9 Dopadová válečková stolice [26]

2.3 VÁLEČKOVÉ STOLICE

Válečkové stolice slouží k upevnění válečků, přenášejí tím tak dynamické i statické zatížení od materiálu dopravovaného na pásu na nosnou konstrukci pásového dopravníku, ke které jsou tyto stolice připevněny. V stolici nosné větve dopravníku se nachází většinou dva, tři, nebo více válečků, které tvoří korýtkový průřez (viz Obr 10). Boční válečky mají náklon od 15° do 45° . Maximální úhel může dosahovat až 60° a to při použití ocelokordového pásu v místě násypky. Pro přechody mezi těmito úhly se používají přechodné válečkové stolice, které zajišťují hladší přechod mezi těmito bočními úhly. Podle velikosti změny bočního sklonu válečků volíme počet přechodných válečkových stolic. Díky zvětšení bočního náklonu válečků můžeme dosahovat většího dopravovaného množství za hodinu, menšího opotřebení pásu na tunu přepraveného materiálu a menšího množství vysypaného materiálu. Na vratné větvi se využívá jeden váleček, popřípadě dva uspořádané do písmene V s bočním sklonem válečků 10° - 15° . [1] [4]



Obrázek 10 Korýtková válečková stolice s bočními vodicími válečky [27]

Alternativou k pevné svařované stolici je girlandová stolice. Ta je tvořena také nejčastěji dvěma nebo třemi válečky, které jsou spojeny pomocí kloubů do tvaru girlandy (viz Obr. 11). Připevnění girlandové stolice k nosnému rámu pásového dopravníku je uskutečněno zavěšením pomocí háků, nebo řetězů. Hlavními výhodami girlandových stolic oproti pevným jsou:

- Lepší vedení dopravníkového pásu
- Snížení napětí v pásu v oblasti násypky – menší opotřebení pásu
- Menší rozsypání – přepravovaný materiál se sám vystředí na pásu
- Snížení vibrací a hluku
- Snížení hmotnosti o 10 % – 15 %
- Nižší pořizovací i provozní náklady

Nevýhodou girlandových stolic je zvýšený odpor proti otáčení. [1] [4] [6]



Obrázek 11 Girlandová válečková stolička [28]

2.4 BUBNY

Přítomnost bubnů v pásových dopravnících zajišťuje přeměnu rotačního pohybu na translační pohyb dopravníkového pásu, který tvoří nekonečnou smyčku. Bubny rozlišujeme na dva typy – hnací a hnaný. Hnací buben přenáší výkon z pohonné soustavy a mění směr pohybu pásu, zatímco hnaný buben pouze mění směr pohybu pásu. Bubny bývají vyrobeny z válcovaného plechu, odlítkem, svařováním nebo z trubkového materiálu. Pás je v kontaktu s obručí bubnu, která je ponechána hladká, popřípadě je pro zvýšení tření mezi pásem a bubnem pogumována (viz Obr. 12) nebo osazena keramickými destičkami. Elektromotor s převodovkou může být umístěn buď vně, nebo uvnitř bubnu. [1] [4] [6]



Obrázek 12 Hnací buben [29]

2.5 NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosná konstrukce z jednotlivých komponentů tvoří celek – pásový dopravník. Jejím hlavním úkolem je nést zatížení od jednotlivých komponentů a od samotného materiálu. Dopravníky podle způsobu zhotovení nosné konstrukce dělíme na stabilní a přemístitelné. Stabilní jsou pevně spojeny se zemí a tvoří jeden nerozebíratelný celek, kterého je většinou dosaženo svařováním nebo šroubovými spoji. Přemístitelné nosné konstrukce jsou mobilní a umožňují relativně snadnou změnu trajektorie. Nosná konstrukce bývá zhotovena z ocelových profilů, popřípadě trubek. U rozměrnějších dopravníků s velkou únosností je rám tvořen prutovými konstrukcemi (viz Obr. 13). [1] [4]



Obrázek 13 Nosná konstrukce pásového dopravníku [30]

2.6 POHONY PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Pohony pásových dopravníků jsou realizovány elektromotorem, převodovkou, spojkou, zařízením zamezující pohyb pásu v klidném stavu a brzdou. Tyto komponenty jsou spojeny pružnými spojkami. Poháněcí stanice zajišťují přenos výkonu z elektromotoru na hnací buben – ten urychluje pás ve směru dopravy. Při požadavku na velký dodaný výkon může být použito více poháněcích stanic. Umístění poháněcí stanice záleží na uspořádání pásu a jeho sklonu. Při volbě umístění poháněcí stanice volíme variantu s nejnižším možným maximálním napětím pásu. To je například pro horizontální provoz a provoz šikmo vzhůru u místa vykládky materiálu (viz Obr 14). U směru dopravy šikmo dolů se poháněcí stanice většinou umísťuje na buben u násypky. Spojení jednotlivých elementů poháněcí soustavy je zajištěno, buď napřímo hřídelem, řetězovým převodem, anebo za pomoci klínového řetězu. Elektromotor volíme podle velikosti a zatížení pásu – pro běžné malé dopravníky s výkony do 100 kW volíme třífázový asynchronní elektromotor s kotvou na krátko, u větších pásových dopravníků vyžadujících větší množství výkonu se využívá asynchronních elektromotorů s kroužkovou kotvou. Dopravníky nacházející se v prostředí, ve kterém hrozí nebezpečí výbuchu, jsou použity motory vzduchové. Jelikož je rozběh pásového dopravníku požadován co nejplynulejší, je realizován přes hydrodynamickou nebo odstředivou rozběhovou spojkou. Pro uvedení dopravníku do klidového stavu se využívají mechanické a elektrodynamické brzdy. Pohyb pásu v opačném směru, který nastává u naloženého šikmého dopravníku, je omezen západkovým mechanismem nebo jednosměrným ložiskem. [1] [4] [6]



Obrázek 14 Pohon pásového dopravníku [31]

2.7 PŘEKLADNÍ BODY

Překladní body v dopravníkovém systému rozumíme místa, kde je materiál nakládán nebo vykládán z dopravního pásu. Zajišťují bezztrátovou manipulaci s drahocenným materiálem. Jejich konstrukce chrání pásový dopravník a systém, do kterého je prováděna výsypka, před poškozením. Dle směru toku materiálu je rozlišujeme na násypky a výsypky. [4]

2.7.1 NÁSYPKA

Násypka je zařízení, kterým materiál vstupuje na pásový dopravník z jiného stroje nebo operace (viz Obr. 15). Zajišťuje stálé doplňování materiálu na pás a za pomoci bočního vedení jej na páse vystředuje. Součástí násypky je podavač, který dopravuje materiál ze zásobníku skrze skluz na pás. Pro běžné pásové dopravníky se využívají pásové, šroubové, rotační a vibrační podavače. Tyto podavače udělují dopravovanému materiálu rychlost co nejbližší rychlosti pohybu pásu. Pokud by materiál nevstoupil na dopravník s jistou počáteční rychlostí, pás by byl vystaven velkému abrazivnímu opotřebení. Násypky také zajišťují tlumení rázu od materiálu a předchází tak poškození pásu a dalších komponent. Rázy můžeme zredukovat snížením výšky, ze které materiál padá na pás, použitím sít u jemných materiálů, nebo doplňováním přes kamennou vrstvu ve skluzu, která pohlcuje rázy u větších abrazivních materiálů. Paralelně s těmito metodami se používají dopadové válečky, které tak tlumí rázy způsobené plněním. Násypka přechází v boční vedení, které usměrňuje materiál na pás a zamezuje výsypu materiálu do strany. [4] [6]



Obrázek 15 Násypka [32]

2.7.2 VÝSYPKA

Nejběžnějším způsobem vykládání materiálu z dopravníkového pásu je vykládka přes vratný buben, kdy materiál na konci pásu samovolně padá na hromadu. Pro usměrnění vykládaného materiálu se využívají skluzy, které jsou umístěny pod bubnem (viz Obr. 16). Do skluzů je usměrněn i materiál z čistících zařízení. Pokud je zapotřebí více vykládacích míst podél pásu, vykládka je uskutečněna pomocí pluhů, které usměrňují materiál na jednu nebo obě strany pásu. [4] [6]



Obrázek 16 Výsypka [33]

2.8 PŘÍSLUŠENSTVÍ PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

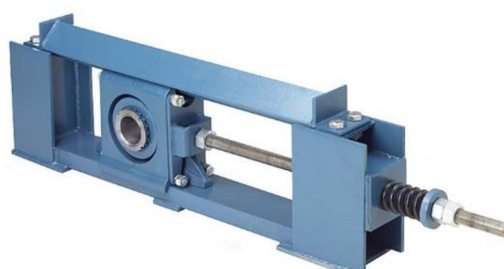
Příslušenstvím pásového dopravníku rozumíme pomocná zařízení podílející se na bezproblémovém chodu systému. Některá tato zařízení jsou pro fungování nezbytná, jiná zase ulehčují práci obsluze dopravníku, nebo prodlužují životnost celého systému.

2.8.1 NAPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ

Pro provoz pásového dopravníku je vyžadováno jisté napětí dopravníkového pásu. Toto napětí je zde z důvodu kompenzace natáhnutí pásu při zatížení, pro zajištění pásu proti prokluzu, sklouznutí z bubnů a pro udržení tvaru pásu. Pro vyvolání a udržování napětí pro přenos ideální tažné síly z bubnu na pás využíváme napínacích zařízení. Napnutí pásu může být zajištěno několika různými metodami: [1] [4] [6]

ŠROUBOVÁ NAPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ

Šroubová napínací zařízení jsou relativně jednoduché mechanismy vyvolávající konstantní tažnou sílu, které pracují na principu posuvu hnaného bubnu pomocí dvou šroubů (viz Obr.17). Tato napínací zařízení jsou hojně využívána v menších pásových dopravnících do 60 metrů délky pro svoji jednoduchost a nízkonákladovost. Jejich nevýhodou je, že musí být pravidelně kontrolována a precizně nastavována zkušeným operátorem. Velká pozornost musí být směřována na to, aby oba šrouby vyvolávaly stejné napětí a nedocházelo tím ke skluzu pásu do strany. [1] [4] [6]



Obrázek 17 Šroubové napínací zařízení [34]

GRAVITAČNÍ NAPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ

Napnutí pásu při použití gravitačních napínacích zařízení je realizováno pomocí závaží na kladce, která je umístěna na vratné větvi pásu (viz Obr. 18), nebo u hnaného bubnu. Pás může být napínán horizontálně, nebo vertikálně. Gravitační napínací zařízení zajišťují konstantní napětí, které se automaticky nastavuje a vymezuje natažení pásu. U dlouhých dopravníků se napínací zařízení umísťuje blíže k hnacímu bubnu pro získání menší setrvačnosti pohybující se hmotnosti na vratné větvi. Při velké vzdálenosti napínacího zařízení od hnacího bubnu může z důvodu pomalé reakce na změny napětí pásu dojít ke krátkodobému prokluzu pásu na hnacím bubnu, který může zkrátit životnost pásu. [1] [4]



Obrázek 18 Vertikální gravitační napínací zařízení [35]

AUTOMATIZOVANÁ NAPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ

Napínací zařízení jsou dnes již běžně automatizovaná. A to za pomoci elektronických snímačů, které snímají podmínky provozu. Informace z nich jsou odeslány do řídicí jednotky, tam jsou vyhodnoceny a podle nich je nastaveno napětí pásu. To může být realizováno pneumaticky, hydraulicky, nebo pomocí elektrického navijáku. [1] [4] [6]

2.8.2 ČISTIČE PÁSU

Při přepravě dochází k přilnutí vlhkých částic materiálu k pásu. Nečistoty na pásu jsou nežádoucí, jelikož díky nim dochází k zvýšenému namáhání komponentů, které mohou být poškozeny, snižování účinnosti a tím zvyšování nákladů na provoz a nechtěnému rozptýlení materiálu do okolí pásu. Tomu je zamezováno čističi pásu různých konstrukcí. Ty se dají rozdělit na statické a dynamické. [1] [4]

STATICKE ČISTIČE PÁSU

Stěrače

Stěrače jsou tenké karbidové břity zasazené v polyuretanovém těle. Dle umístění je dělíme na primární a sekundární stěrače. Primární se většinou nacházejí hned za vykládkovým místem mimo tok materiálu. Břit je přiložen na obvod bubnu pod malým úhlem proti směru pohybu pásu. Přiložení pod úhlem redukuje maximální kontaktní tlak a zajišťuje minimální hromadění materiálu. Tato konfigurace je výhodná také tím, že břit si udržuje svou ostrost v celé své životnosti. Sekundární a terciální čističe se nacházejí ve vratné větvi za primárním čističem a

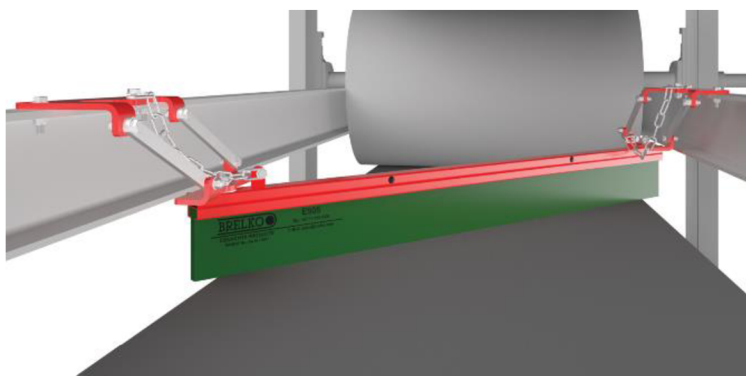
před prvním vratným válečkem. Jejich konfigurace je podobná jako u primárního čističe. Úhel styku s pásem je kolmý a používají se polyuretanové čepele. Pro zefektivnění se pro primární a sekundární stěrače používají segmentové čepele, které zajišťují větší kontaktní plochu u zakřivených pásů a umožňují výměnu opotřebených částí (viz Obr. 19). [1] [4] [6]



Obrázek 19 Polyuretanový segmentový stěrač [36]

Pluhové čističe pásu

Pluhové stěrače se umísťují na vnitřní stranu pásu a zajišťují tak čištění ze strany, která je v přímém kontaktu s bubny a nosnými válečky. Pluhové stěrače tedy fungují jako vhodná prevence před sesmeknutím a poškozením pásu, bubnů a nosných válečků. Vyrábí se ve tvaru písmene „V“, nebo jako obyčejný přímý břit nakloněn o 45° vůči pásu (viz Obr. 20). Materiálem pro výrobu břitu je polyuretan. [4]



Obrázek 20 Šikmý pluhový čistič pásu [37]

Spirálové a diskové válečkové čističe

Spirálové a diskové válečkové čističe jsou další zařízení, která jsou umístěna ve vratné větvi za účelem čištění pásu (viz Obr. 21). To probíhá spirálovým pohybem kovového válečku. Spirálové válečkové čističe dovolují pohyb pouze v jednom směru a musí být často kontrolovány na opotřebení, jelikož opotřebené válečky by mohly rychle poškodit pás. Častěji využívané jsou diskové válečky. To jsou hladké válečky, na kterých jsou nalisovány pryžové disky. Tyto disky čistí pás a zabráňují přilnutí nečistot na váleček. Jejich tvar jim oproti spirálovým válečkům umožňuje pohyb v obou směrech. [4] [6]

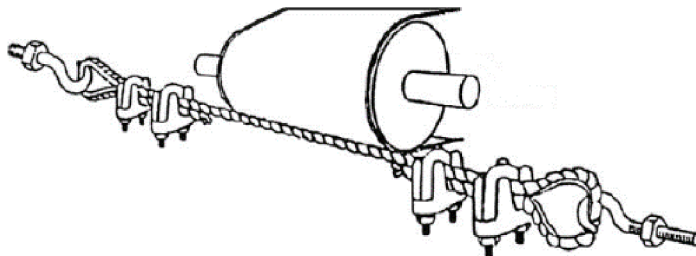


Obrázek 21 Spirální válečkový čistič [38]

Alternativní statické čističe

Mezi další statické čističe vratné větve pásu patří provazové a strunové stěrače, proudové čističe a převraceče pásu.

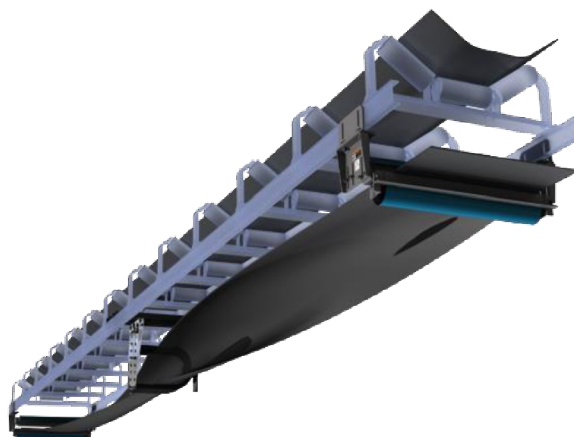
Provazové čističe a strunové čističe jsou konstruovány napnutím provazu, nebo tenké struny přes pás v oblasti bubnu za vykládkou. Provazové čističe jsou v přímém kontaktu s pásem (viz Obr. 22), kdežto u strunových je ponechána vůle o velikosti přibližně 0,5 mm. U strunového čističe je tedy nutnost použití sekundárního břitového čističe. [4]



Obrázek 22 Provazový čistič [4]

Proudové čističe využívají pro čištění pásu proud vzduchu. Tato metoda je efektivní pro suché, nebo naopak extrémně vlhké materiály. [4]

Převraceče pásu nezajišťují přímé čištění pásu, pouze eliminují styk znečištěné strany pásu s válečky ve vratné větvi. Tomu je docíleno tak, že pás je po výstupu z vratného bubnu otočen o 180° (viz Obr 23). Před vstupem do horní větve musí být otočen zpět. Tato metoda nadměrně namáhá kostru pásu a působí vysokým napětím na hrany pásu, u kterých hrozí natržení. Pro zminimalizování těchto rizik je pro přetočení o 180° potřeba délka o velikosti přibližně dvanáctinásobku šířky pásu. Z tohoto důvodu se tato metoda využívá pouze u dálkové dopravy. [4]



Obrázek 23 Převraceč pásu [39]

DYNAMICKÉ ČISTIČE PÁSU

Dynamické čištění pásu je realizováno rotováním, nebo jiným pohybem čistícího tělesa vůči pásu. Čistícím tělesem je obvykle válcový kartáč, který se umísťuje na vratný buben a otáčí se proti směru pohybu pásu (viz Obr. 24). Čističe jsou poháněny elektromotory napřímo přes hřídel, nebo klínový řemen. Jeden z dalších způsobů čištění pásu je rotační stěrač. To je rotující obruč s polyuretanovým břitem umístěna kolmo k pásu poháněna klínovým řemenem od elektromotoru. Stírání probíhá vlastním pohybem pásu. [1] [4] [6]



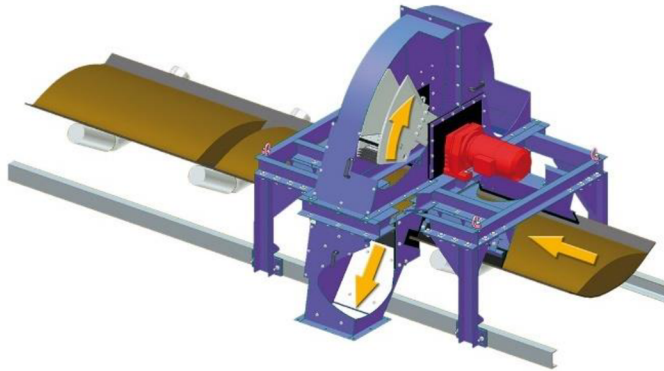
Obrázek 24 Kartáčový čistič pásu [40]

2.8.3 DOPRAVNÍKOVÉ VÁHY

Dopravníková váha je zařízení pro nepřetržitou kontrolu hmotnostního toku dopravovaného materiálu. Dopravníkovou váhu tvoří váhový rám, snímač váhy, snímač rychlosti a průmyslový počítač, který vyhodnocuje signály z těchto snímačů. Také se využívají optické laserové váhy, které vyhodnotí průřez materiálu na pásu a ten následně přepočítají na hmotnost. [4]

2.8.4 ODEBÍRÁNÍ VZORKŮ

Odebírače vzorků slouží k automatickému odebrání malého množství vzorku, který reprezentuje celou dopravovanou skupinu. Díky nim lze tedy ověřit kvalitu přepravovaného materiálu. Odebírání se provádí uprostřed pásu v pravidelných intervalech rotačním kladivem, které se otáčí ve směru kolmém k toku materiálu těsně nad pásem a vytlačuje vzorkovaný materiál směrem ke gravitační výpusti (viz Obr. 25). [4] [10] [6]



Obrázek 25 Odebírání vzorku rotačním kladivem [41]

2.8.5 OCHRANA PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Pokud pásový dopravník operuje v nehostinném prostředí je nutné ho chránit před jeho okolními vlivy. Pro ochranu před sněhem, deštěm, vzdušnou vlhkostí, slunečním svitem, větrem a mrazem chráníme komponenty pásového dopravníku i přepravovaný materiál pomocí galerií a obloukových krytů (viz Obr. 26). Galerie tvoří strukturální podporu rámu dopravníku, zatímco obloukové kryty vyráběné z plechu, laminátu nebo plastu nejsou strukturální částí dopravníku a zajišťují pouze jeho ochranu. Ochrana může být vnímána oboustranně – kryty a galerie mohou chránit životní prostředí a lidské zdroje před přepravovaným materiálem. [4] [11] [6]



Obrázek 26 Obloukový kryt pásového dopravníku [42]

3 VÝPOČET PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Výpočty byly provedeny dle normy ČSN ISO 5048. [12]

3.1 ZADANÉ HODNOTY

Dopravované množství:

$$Q = 2\,000 \text{ t/hod}$$

Délka dopravníku:

$$L = 480 \text{ m}$$

Převýšení:

$$H = 25 \text{ m}$$

Přepravovaný Materiál:

Hnědé uhlí

3.2 VLASTNOSTI PŘEPRAVOVANÉHO MATERIÁLU:

Sypná hmotnost a sypný úhel byl převzat z literatury [1]. Sypná hmotnost je pro hnědé uhlí 900 kg/m^3 , sypný úhel je 20° .

Sypná hmotnost:

$$\rho = 900 \text{ kg/m}^3$$

Sypný úhel:

$$\alpha = 20^\circ$$

3.2.1 DYNAMICKÝ SYPNÝ ÚHEL

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

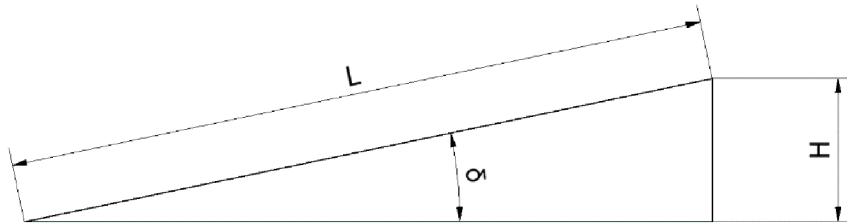
$$\theta = 0,75 \cdot 20$$

$$\theta = 15^\circ$$

kde α [°] Sypný úhel

3.3 ÚHEL SKLONU DOPRAVNÍKU VE SMĚRU POHYBU

Pro tento přepravovaný materiál platí dle literatury [1] maximální sklon transportu 18° při použití hladkého pásu. Provedeme tedy kontrolu:



Obrázek 27 Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu

$$\sin \delta = \frac{H}{L} \quad (2)$$

$$\delta = \sin^{-1} \frac{H}{L}$$

$$\delta = \sin^{-1} \frac{25}{480}$$

$$\delta = 2,986^\circ$$

Úhel sklonu dopravníku je dostatečně malý, použití hladkého pásu je tedy vyhovující.

3.4 VOLBA RYCHLOSTI PÁSU DOPRAVNÍKU

Literatura [1] doporučuje pro uhlí jmenovitou rychlost pásu 1,25-2 m/s. Pro rychlost počítaného dopravníku byla zvolena horní hranice rychlosti $v = 2 \text{ m/s}$.

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

3.5 URČENÍ MINIMÁLNÍHO TEORETICKÉHO PRŮŘEZU NÁPLNĚ PÁSU

Dle literatury [1] je teoretický průřez je určen vztahem (3)

$$S_t = \frac{Q}{3600 \cdot \rho \cdot v} \quad (3)$$
$$S_t = \frac{2000 \cdot 10^3}{3600 \cdot 900 \cdot 2}$$
$$S_t = 0,309 \text{ m}^2$$

kde	Q	[kg/hod]	Dopravované množství
	ρ	[kg/m ³]	Sypná hmotnost
	v	[m/s]	Rychlost pásu dopravníku zvolena dle literatury [1]

Dle literatury [1] podle teoretické náplně pásu byla zvolena šířka pásu $B = 1800$ mm a tříválečková stolice GTK Typ U18 s úhlem bočního sklonu válečků $\lambda = 35^\circ$ [13]. Pozvolný náběh pásu na buben bude realizován umístěním těchto stolic s odstupňovaným úhlem bočního sklonu válečků a to $\lambda = 25^\circ$ a $\lambda = 15^\circ$.

$$B = 1800 \text{ mm}$$

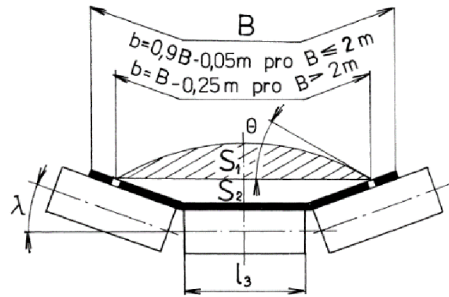
$$\lambda = 35^\circ$$

3.6 SKUTEČNÝ PRŮŘEZ NÁPLNĚ

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

kde	S_1	[m ²]	Průřez horní části náplně
	S_2	[m ²]	Průřez dolní části náplně

3.6.1 VYUŽITÁ LOŽNÁ ŠÍŘKA PÁSU



Obrázek 28 Průřez náplně pásu [12]

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \quad (5)$$

$$b = 0,9 \cdot 1,8 - 0,05$$

$$b = 1,57 \text{ m}$$

kde B [m] Šířka pásu

3.6.2 PRŮŘEZ HORNÍ ČÁSTI NÁPLNĚ

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

kde l_3 [m] Délka středního válečku – voleno 670 mm

b [m] Využitá ložná šířka pásu

λ [°] Úhel bočního sklonu válečků

θ [°] Dynamický sypný úhel

Určení délky válečku

Jako vyhovující byl z katalogu firmy Transroll [14] podle šířky pásu vybrán váleček hladký $\varnothing 159 \times 670 / 6308, 3-21074-00130$.

$$l_3 = 670 \text{ mm}$$

Vybraná délka válečku byla dosazena do rovnice (6), která určí průřez horní části náplně.

$$S_1 = [l_3 + (b - l_3) \cdot \cos \lambda]^2$$

$$S_1 = [0,67 + (1,57 - 0,67) \cdot \cos 35]^2 \cdot \frac{\tan 15}{6}$$

$$S_1 = 0,0884 \text{ m}^2$$

3.6.3 PRŮŘEZ DOLNÍ ČÁSTI NÁPLNĚ

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

$$S_2 = \left[0,67 + \frac{(1,57 - 0,67)}{2} \cdot \cos 35 \right] \cdot \left[\frac{(1,57 - 0,67)}{2} \cdot \sin 35 \right]$$

$$S_2 = 0,2681 \text{ m}^2$$

kde	l_3 [m]	Délka středního válečku dle literatury [1]
	b [m]	Využitá ložná šířka pásu
	λ [°]	Úhel bočního sklonu válečků

Výsledky z rovnic (6) a (7) byly dosazeny do rovnice (4) a tím byl získán celkový průřez materiálu na dopravním pásu.

$$S = S_1 + S_2$$

$$S = 0,0884 + 0,2681$$

$$S = 0,3565 \text{ m}^2$$

3.7 SOUČINITEL SKLONU DOPRAVNÍKU

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

kde	S_1 [m ²]	Průřez horní části náplně
	S [m ²]	Skutečný průřez náplně
	k_1 [-]	Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu

3.7.1 SOUČINITEL KOREKCE VRCHLÍKU NÁPLNĚ PÁSU

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

$$k_1 = \sqrt{\frac{(\cos 2,986)^2 - (\cos 15)^2}{1 - (\cos 15)^2}}$$

$$k_1 = 0,9795$$

kde	δ [°]	Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu
	θ [°]	Dynamický sypný úhel

Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu byl dosazen do rovnice (8), tím byl získán součinitel sklonu dopravníku.

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

$$k = 1 - \frac{0,0884}{0,3565} \cdot (1 - 0,9795)$$

$$k = 0,9949$$

3.8 NEJVĚTŠÍ DOPRAVNÍ VÝKON PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

$$I_v = S \cdot v \cdot k \quad (10)$$

$$I_v = 0,3565 \cdot 2 \cdot 0,9949$$

$$I_v = 0,7094 \text{ m}^3/\text{s}$$

kde	S [m ²]	Skutečný průřez náplně
	v [m/s]	Rychlost pásu dopravníku
	k [-]	Součinitel sklonu dopravníku

3.9 NEJVĚTŠÍ HMOTNOSTNÍ DOPRAVNÍ VÝKON DOPRAVNÍKU

$$I_m = I_v \cdot \rho \cdot 3600 \quad (11)$$

$$I_m = 0,7094 \cdot 900 \cdot 3600$$

$$I_m = 2298456 \text{ kg/hod}$$

kde I_v [m^3/s] Největší dopravní výkon dopravníku

ρ [kg/m^3] Objemová sypaná hmotnost

3.10 KONTROLA DOPRAVOVANÉHO MNOŽSTVÍ

$$I_m \geq Q$$

$$2298456 \geq 2000000$$

Největší hmotnostní dopravní výkon dopravníku je cca o 14,9 % vyšší než požadované dopravované množství. Dopravník byl lehce naddimenzován. Byla vytvořena lehká rezerva, která ovšem nebude způsobovat nepřipustné zvýšení výdajů na pořízení a údržbu.

3.11 POHYBOVÉ ODPORY PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Tyto odpory zahrnují všechny odpory, které musí dopravník překonávat svým pohonným strojíím. Je zde zahrnut sklon dopravníku i nakládka materiálu.

3.11.1 HLAVNÍ ODPORY

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

kde f [-] Globální součinitel tření – 0,02 dle ČSN ISO 5048

L [m] Délka dopravníku

g [m/s^2] Tíhové zrychlení

q_{RO} [kg] Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku

q_{RU} [kg] Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m dolní větve dopravníku

q_B [kg] Hmotnost 1 m dopravního pásu

q_G [kg] Hmotnost nákladu na 1 m délky pásu

δ [°] Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu

HMOTNOST ROTUJÍCÍCH ČÁSTÍ VÁLEČKŮ NA 1 M HORNÍ VĚTVE DOPRAVNÍKU

$$q_{RO} = \frac{3 \cdot m_{ro} \cdot n_o + 3 \cdot m_{ri} \cdot n_i}{L} \quad (13)$$

$$q_{RO} = \frac{3 \cdot 12,8 \cdot 434 + 3 \cdot 30,6 \cdot 5}{480}$$

$$q_{RO} = 35,676 \text{ kg/m}$$

kde	m_{ro} [kg]	Hmotnost rotačních částí válečku v horní větvi-12,8 kg
	n_o [-]	Počet válečkových stolic v horní části dopravníku
	m_{ri} [kg]	Hmotnost rotačních částí dopadového válečku v horní větvi-30,6 kg
	n_i [-]	Počet dopadových válečkových stolic v horní části dopravníku
	L [m]	Délka dopravníku

Literatura [1] doporučuje rozteč pro dopadové stolice 0,45-0,6 m. Bylo zvoleno 5 dopadových válečkových stolic s roztečí 0,5 m. Použit je zde kotoučový váleček $\varnothing 194/108 \times 670 / 6308$, 3-21284-00027 z katalogu firmy Transroll [14]. Pro zatíženou větev je doporučena rozteč stolic 0,75-1,8 m. Pro zvolenou rozteč 1,1 m bude použito 434 válečků hladkých $\varnothing 159 \times 670 / 6308$, 3-21074-00130 z katalogu firmy Transroll [14].

HMOTNOST ROTUJÍCÍCH ČÁSTÍ VÁLEČKŮ NA 1 M DOLNÍ VĚTVE DOPRAVNÍKU

$$q_{RU} = \frac{2 \cdot m_{ru} \cdot n_u}{L} \quad (14)$$

$$q_{RU} = \frac{2 \cdot 23,2 \cdot 120}{480}$$

$$q_{RU} = 11,6 \text{ kg/m}$$

kde	m_{ru} [kg]	Hmotnost rotačních částí válečku v dolní větvi-23,2 kg
	n_u [-]	Počet válečkových stolic v horní části dopravníku
	L [m]	Délka dopravníku

Pro dolní větev byly zvoleny diskové válečky $194/108 \times 900 / 6308$, 3-21184-00081 z katalogu firmy Transroll [14], kterých zde bude 118 kusů. Budou umístěny v dvouválečkové stolici GTK Typ UL12 [15] s roztečí 4 metry. Rozteč byla zvolena z doporučeného intervalu z literatury [1]. Tyto válečky se budou podílet na čištění pásu od nečistot.

HMOTNOST 1 M DÉLKY DOPRAVNÍHO PÁSU

$$q_B = B \cdot m_p \quad (15)$$

$$q_B = 1,8 \cdot 17,535$$

$$q_B = 31,563 \text{ kg/m}$$

kde m_p [kg] Hmotnost 1 m² pásu-17,535 kg/m²

B [m] Šířka dopravníkového pásu

Dopravníkový pás splňující požadavky vysoké odolnosti vůči roztržení a opotřebení byl nalezen v katalogu firmy Dunlop [16]. Dle již získaných parametrů dopravníku byl jako nejvhodnější pro naši aplikaci vybrán dopravníkový pás T 800/3 s textilní kostrou Trioflex.

HMOTNOST NÁKLADU NA 1 M DÉLKY PÁSU

$$q_G = \frac{I_v \cdot \rho}{v} \quad (16)$$

$$q_G = \frac{0,7094 \cdot 900}{2}$$

$$q_G = 319,23 \text{ kg/m}$$

kde I_v [m³/s] Největší dopravní výkon dopravníku

ρ [kg/m³] Objemová sypná hmotnost

v [m/s] Rychlost pásu dopravníku

Pro získání hlavních odporů dosadíme vypočítané hodnoty z rovnic (13), (14), (15) a (16) do rovnice (12).

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

Velikost Globálního odporu f je v normě ČSN ISO 5048 stanovena jako 0,02.

$$F_H = 0,02 \cdot 480 \cdot 9,81 \cdot [35,676 + 11,6 + (2 \cdot 31,563 + 319,23) \cdot \cos 2,986]$$

$$F_H = 40\,412,1339 \text{ N}$$

3.11.2 VEDLEJŠÍ ODPORY

$$F_N = F_{bA} + F_f + F_l + F_t \quad (17)$$

kde	F_{bA} [N]	Odpor setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti urychlování
	F_f [N]	Odpor mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování
	F_l [N]	Odpor ohybu pásu na bubnech
	F_t [N]	Odpor v ložiskách bubnu

ODPOR SETRVAČNÝCH SIL V MÍSTĚ NAKLÁDÁNÍ A V OBLASTI URYCHLOVÁNÍ

$$F_{bA} = I_v \cdot \rho \cdot (v - v_0) \quad (18)$$

$$F_{bA} = 0,7094 \cdot 900 \cdot (2 - 0)$$

$$F_{bA} = 1276,92 \text{ N}$$

kde	I_v [m^3/s]	Největší dopravní výkon dopravníku
	ρ [kg/m^3]	Objemová sypaná hmotnost
	v [m/s]	Rychlost pásu dopravníku
	v_0 [m/s]	Složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu (voleno $v_0 = 0$ m/s)

URYCHLOVACÍ DÉLKA

$$l_b = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_1} \quad (19)$$

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

$$l_b = 0,3398 \text{ m}$$

kde	v [m/s]	Rychlost pásu dopravníku
	v_0 [m/s]	Složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu (voleno $v_0 = 0$ m/s)
	g [m/s^2]	Tíhové zrychlení
	μ_1 [-]	Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem (volen dle ČSN ISO 5048 $\mu_1 = 0,6$)

SVĚTLÁ ŠÍŘKA BOČNÍHO VEDENÍ

$$b_1 = b \cdot \cos \lambda \quad (20)$$

$$b_1 = 1,57 \cdot \cos(35)$$

$$b_1 = 1,2861 \text{ m}$$

kde	b	[m]	Využitá ložná šířka pásu
	λ	[°]	Úhel bočního sklonu válečků

ODPOR MEZI DOPRAVOVANOU HMOTOU A BOČNÍM VEDENÍM V OBLASTI URYCHLOVÁNÍ

$$F_f = \frac{\mu_2 \cdot I_v^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l_b}{\left(\frac{v + v_0}{2}\right)^2 \cdot b_1^2} \quad (21)$$

$$F_f = \frac{0,6 \cdot 0,7094^2 \cdot 900 \cdot 9,81 \cdot 0,3398}{\left(\frac{2 + 0}{2}\right)^2 \cdot 1,2861^2}$$

$$F_f = 547,6701 \text{ N}$$

kde	μ_2	[-]	je Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi (volen dle ČSN ISO 5048 $\mu_2 = 0,6$)
	I_v	[m ³ /s]	Největší dopravní výkon dopravníku
	ρ	[kg/m ³]	Objemová sypná hmotnost
	g	[m/s ²]	Tíhové zrychlení
	l_b	[m]	Urychlovací délka
	v	[m/s]	Rychlost pásu dopravníku
	v_0	[m/s]	Složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu (voleno $v_0 = 0 \text{ m/s}$)
	b_1	[m]	Světlá šířka bočního vedení

ODPOR OHYBU PÁSU NA BUBNECH

$$F_l = 9 \cdot B \cdot \left(140 + 0,01 \frac{F}{B} \right) \cdot \frac{d}{D} \quad (22)$$

$$F_l = 9 \cdot 1,8 \cdot \left(140 + 0,01 \frac{50000}{1,8} \right) \cdot \frac{0,0089}{0,8}$$

$$F_l = 75,294 \text{ N}$$

kde	B	[m]	Šířka dopravníkového pásu
	F	[N]	Průměrný tah v pásu na bubnu – volen 50000 N
	d	[m]	Tloušťka pásu podle katalogu Dunlop [16]
	D	[m]	Průměr bubnu

ODPOR V LOŽISKÁCH BUBNU

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{d_0}{D} \cdot F \quad (23)$$

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{d_0}{0,8} \cdot 50000$$

$$F_t = 46,875 \text{ N}$$

kde	d_0	[m]	Průměr hřídele v ložisku – voleno 0,15 m
	D	[m]	Průměr bubnu
	F	[N]	Průměrný tah v pásu na bubnu – volen 50000 N

Pro získání vedlejších odporů dosadíme vypočítané hodnoty z rovnic (18), (19), (20), (21), (22) a (23) do rovnice (17).

$$F_N = F_{bA} + F_f + F_l + F_t$$

$$F_N = 1276,92 + 547,6701 + 75,294 + 46,875$$

$$F_N = 1946,7591 \text{ N}$$

3.11.3 PŘÍDAVNÉ HLAVNÍ ODPORY

$$F_{S1} = F_{\varepsilon} \quad (24)$$

$$F_{S1} = 0 \text{ N}$$

kde F_{ε} [N] Odpor válečků vychýlených ve směru pohybu pásu

ODPOR VÁLEČKŮ VYCHÝLENÝCH VE SMĚRU POHYBU PÁSU

$$F_{\varepsilon} = C_{\varepsilon} \cdot \mu_0 \cdot L_{\varepsilon} \cdot (q_B + q_G) \cdot g \cdot \cos \delta \cdot \sin \varepsilon \quad (25)$$

$$F_{\varepsilon} = 0,433 \cdot 0,35 \cdot 0 \cdot (31,563 + 319,23) \cdot 9,81 \cdot \cos 2,986 \cdot \sin 0$$

$$F_{\varepsilon} = 0 \text{ N}$$

kde C_{ε} [-] Součinitel korýtkovitosti – voleno 0,433 dle normy ČSN ISO 5048
 μ_0 [-] Součinitel tření mezi nosnými válečky a pásem – dle normy 0,35
 L_{ε} [m] Délka dopravníku s vychýlenými válečky – 0 m
 q_B [kg] Hmotnost 1 m dopravního pásu
 q_G [kg] Hmotnost nákladu na 1 m délky pásu
 g [m/s²] Tíhové zrychlení
 δ [°] Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu
 ε [°] Úhel vychýlení osy válečku vzhledem k rovině kolmé k podélné ose pásu – voleno 0°

3.11.4 PŘÍDAVNÉ VEDLEJŠÍ ODPORY

$$F_{S2} = F_r + F_a + F_{gL} \quad (26)$$

kde F_r [N] Odpor čističů pásu
 F_a [N] Odpor shrnovače materiálu
 F_{gL} [N] Odpor mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením

PLOCHA ČISTIČE PÁSU

Čističe pásu jsou voleny z katalogu firmy Rulmeca. Jako primární čistič byl zvolen devíti segmentový čistič HS 1800 [17], jako sekundární byl zvolen dvanácti segmentový čistič P 1800 [18]. Dvojice čističů byla zvolena pro zefektivnění čištění, které má za následek větší životnost systému. Tato konfigurace páru čističů je doporučena výrobcem.

$$A = 2 \cdot W_{\zeta} \cdot t_{\zeta} \quad (27)$$

$$A = 2 \cdot 1,8 \cdot 0,015$$

$$A = 0,054 \text{ m}^2$$

kde W_{ζ} [m] Šířka čističů pásu – zvoleno z katalogu Rulmeca [17], [18] 1,8 m

t_{ζ} [m] Tloušťka čističe pásu – 0,015 m

ODPOR ČISTIČŮ PÁSU

$$F_r = A \cdot p \cdot \mu_3 \quad (28)$$

$$F_r = 0,054 \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 0,6$$

$$F_r = 1620 \text{ N}$$

kde A [m²] Dotyková plocha mezi pásem a čističem pásu

p [N/m²] Tlak mezi pásem a čističem pásu – voleno 5×10^4 N/m² dle normy ČSN ISO 5048

μ_3 [-] Součinitel tření mezi pásem a čističem pásu – voleno 0,6 dle normy ČSN ISO 5048

ODPOR SHRNOVAČE PÁSU

$$F_a = B \cdot k_a \quad (29)$$

$$F_a = 1,8 \cdot 1500$$

$$F_a = 2700 \text{ N}$$

kde B [m] Šířka dopravníkového pásu

k_a [N/m] Součinitel shrnování – volena hodnota 1500 N/m z normy ČSN ISO 5048

ODPOR MEZI DOPRAVOVANOU HMOTOU A BOČNÍM VEDENÍM

$$F_{gL} = \frac{\mu_2 \cdot I_v^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l}{v^2 \cdot b_l^2} \quad (30)$$

$$F_{gL} = \frac{0,6 \cdot 0,7094^2 \cdot 900 \cdot 9,81 \cdot 15}{2^2 \cdot 1,2861^2}$$

$$F_{gL} = 6044,0344 \text{ N}$$

kde	μ_2	[-]	Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi (volen dle ČSN ISO 5048 $\mu_2 = 0,6$)
	I_v	[m ³ /s]	Největší dopravní výkon dopravníku
	ρ	[kg/m ³]	Objemová sypná hmotnost
	g	[m/s ²]	Tíhové zrychlení
	l	[m]	Délka bočního vedení – voleno 15 m
	v	[m/s]	Rychlost pásu dopravníku
	b_l	[m]	Světlá šířka bočního vedení

Pro získání celkových vedlejších přidavných odporů dosadíme výsledky z rovnic (27), (28), (29) a (30) do rovnice (26)

$$F_{S2} = F_r + F_a + F_{gL}$$

$$F_{S2} = 1620 + 2700 + 6044,0344$$

$$F_{S2} = 10364,0344 \text{ N}$$

ODPOR K PŘEKONÁNÍ DOPRAVNÍ VÝŠKY

$$F_{St} = q_G \cdot H \cdot g \quad (31)$$

$$F_{St} = 319,23 \cdot 25 \cdot 9,81$$

$$F_{St} = 78291,1575 \text{ N}$$

kde	q_G	[kg]	Hmotnost nákladu na 1 m délky pásu
	H	[m]	Dopravní výška
	g	[m/s ²]	Tíhové zrychlení

3.12 HNACÍ SÍLA A POTŘEBNÝ VÝKON

Pro získání výkonu motoru pohánějícího systém musíme vypočítat obvodovou sílu, ze které bude odvozen potřebný pracovní výkon motoru pohánějícího dopravník.

3.12.1 OBVODOVÁ HNACÍ SÍLA

Obvodová hnací síla je síla, která je potřebná na poháněcím bubnu. Je dána součtem veškerých výše zmíněných odporů.

$$F_U = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{St} \quad (32)$$

$$F_U = 40\,412,1339 + 1\,946,7591 + 0 + 10\,364,0344 + 78\,291,1575$$

$$F_U = 131\,014,0849 \text{ N}$$

kde	F_H	[N]	Hlavní odpory
	F_N	[N]	Vedlejší odpory
	F_{S1}	[N]	Přídavné hlavní odpory
	F_{S2}	[N]	Přídavné vedlejší odpory
	F_{St}	[N]	Odpor k překonání dopravní výšky

3.12.2 SOUČINITEL VEDLEJŠÍCH ODPORŮ C

Součinitel vedlejších odporů C je dán podílem celkového odporu bez přídavných odporů a bez odporu dopravní výšky a hlavního odporu. Jelikož většina vedlejších odporů je nezávislá na délce dopravníku a působí lokálně, je tento koeficient funkcí délky pásového dopravníku. Hodnota C musí být dle ČSN ISO 5048 větší nebo rovna 1,02.

$$C = \frac{F_H + F_N}{F_H} \quad (33)$$

$$C = \frac{40\,412,1339 + 1\,946,7591}{40\,412,1339}$$

$$C = 1,0482$$

kde	F_H	[N]	Hlavní odpory
	F_N	[N]	Vedlejší odpory

3.12.3 POTŘEBNÝ PROVOZNÍ VÝKON POHONU PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

$$P_A = F_U \cdot v \quad (34)$$

$$P_A = 131\,014,0849 \cdot 2$$

$$P_A = 262\,028,1698 \text{ W}$$

kde F_U [N] Obvodová hnací síla
 v [m/s] Rychlost pásu dopravníku

3.12.4 POTŘEBNÝ PRACOVNÍ VÝKON POHÁNĚCÍHO MOTORU

$$P_M = \frac{P_A}{\eta_1} \quad (35)$$

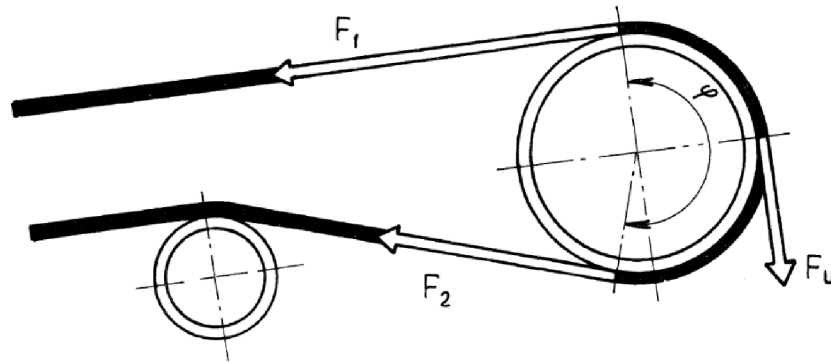
$$P_M = \frac{262\,028,1698}{0,9}$$

$$P_M = 291\,142,4109 \text{ W}$$

kde P_A [W] Potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku
 η_1 [-] Účinnost motoru – volena 0,9 dle ČSN ISO 5048

Minimální velikost výkonu motoru pro tento pásový dopravník je 291,142 kW. Z katalogu firmy VYBO Electric a.s. byl vybrán třífázový osmipólový motor H17RL400-8 [19] o výkonu 355 kW. Výkonová rezerva byla volena z důvodu potřeby použití převodovky, která stejně jako motor pracuje s jistou účinností. Návrh převodovky není cílem této práce.

3.13 SÍLY V PÁSU



Obrázek 29 Tahové síly působící v pásu [12]

3.13.1 MAXIMÁLNÍ OBVODOVÁ HNACÍ SÍLA

$$F_{U,max} = F_U \cdot \xi \quad (36)$$

$$F_{U,max} = 131\,014,0849 \cdot 1,6$$

$$F_{U,max} = 209\,622,5358 \text{ N}$$

kde F_U [N] Obvodová hnací síla
 ξ [-] Součinitel rozběhu – volen 1,6 dle ČSN ISO 5048

3.13.2 MINIMÁLNÍ TAHOVÁ SÍLA VE SBÍHAJÍCÍ VĚTVI

$$F_{2,min} \geq F_{U,max} \cdot \frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} \quad (37)$$

$$F_{2,min} \geq 209\,622,5358 \cdot \frac{1}{e^{0,475 \cdot 3,3161} - 1}$$

$$F_{2,min} \geq 54\,710,9595 \text{ N}$$

kde $F_{U,max}$ [N] Maximální obvodová hnací síla
 μ [-] Součinitel tření mezi bubnem a pásem – voleno 0,475 dle ČSN ISO 5048
 φ [rad] Úhel opásání poháněcího bubnu – voleno $190^\circ \rightarrow 3,3161$ rad

3.13.3 NEJMENŠÍ TAHOVÁ SÍLA PRO HORNÍ VĚTEV

$$F_{min,o} \geq \frac{a_o \cdot (q_B + q_G) \cdot g}{8 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)_{adm}} \quad (38)$$

$$F_{min,o} \geq \frac{1,1 \cdot (31,563 + 319,23) \cdot 9,81}{8 \cdot 0,0125}$$

$$F_{min,o} \geq 37\,854,0726\,N$$

kde	a_o	[m]	Rozteč horních válečkových stolic – voleno dle konstrukce 1,1 m
	q_B	[kg]	Hmotnost 1 m dopravního pásu
	q_G	[kg]	Hmotnost nákladu na 1 m délky pásu
	g	[m/s ²]	Tíhové zrychlení
	$(h/a)_{adm}$	[-]	Dovolený relativní průvěs pásu mezi válečkovými stolicemi – voleno 0,0125 dle ČSN ISO 5048

3.13.4 NEJMENŠÍ TAHOVÁ SÍLA PRO DOLNÍ VĚTEV

$$F_{min,u} \geq \frac{a_u \cdot q_B \cdot g}{8 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)_{adm}} \quad (39)$$

$$F_{min,u} \geq \frac{4 \cdot 31,563 \cdot 9,81}{8 \cdot 0,0125}$$

$$F_{min,u} \geq 12\,385,3212\,N$$

kde	a_u	[m]	Rozteč dolních válečkových stolic – voleno dle konstrukce 4 m
	q_B	[kg]	Hmotnost 1 m dopravního pásu
	g	[m/s ²]	Tíhové zrychlení
	$(h/a)_{adm}$	[-]	Dovolený relativní průvěs pásu mezi válečkovými stolicemi – voleno 0,0125 dle ČSN ISO 5048

3.13.5 MAXIMÁLNÍ TAHOVÁ SÍLA V PÁSU

$$F_{max} \approx F_{U,max} \cdot \left(\frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} + 1 \right) \quad (40)$$

$$F_{max} \approx 209\,622,5358 \cdot \left(\frac{1}{e^{0,475 \cdot 3,3161} - 1} + 1 \right)$$

$$F_{max} \approx 264\,333,4953\, N$$

kde	$F_{U,max}$	[N]	Maximální obvodová hnací síla
	μ	[-]	Součinitel tření mezi bubnem a pásem – voleno 0,475 dle ČSN ISO 5048
	φ	[rad]	Úhel opásání poháněcího bubnu – voleno $190^\circ \rightarrow 3,3161$ rad

3.13.6 TAH V PÁSU VE VĚTVI NABÍHAJÍCÍ NA BUBEN

$$F_1 = F_{max} \quad (41)$$

$$F_1 = 264\,333,4953\, N$$

kde	F_{max}	[N]	Maximální tahová síla v pásu
-----	-----------	-----	------------------------------

3.13.7 TAH V PÁSU VE VĚTVI SBÍHAJÍCÍ Z BUBNU

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

$$F_2 = \frac{264\,333,4953}{e^{0,475 \cdot 3,3161}}$$

$$F_2 = 54\,710,9595\, N$$

kde	F_1	[N]	Tah v pásu ve větvi nabíhající na buben
	μ	[-]	Součinitel tření mezi bubnem a pásem – voleno 0,475 dle ČSN ISO 5048
	φ	[rad]	Úhel opásání poháněcího bubnu – voleno $190^\circ \rightarrow 3,3161$ rad

3.13.8 MAXIMÁLNÍ DOVOLENÝ TAH V PÁSU

$$F_{DOV,P} = R_{mp} \cdot B \quad (43)$$

$$F_{DOV,P} = 800\,000 \cdot 1,8$$

$$F_{DOV,P} = 1\,440\,000 \text{ N}$$

kde R_{mp} [N/m] Dovolená hodnota tahu v pásu – dle katalogu Dunlop [16] 800 000 N/m

B [m] Šířka dopravníkového pásu

3.13.9 KONTROLA PEVNOSTI PÁSU

$$F_{DOV,P} \geq F_{max} \quad (44)$$

$$1\,440\,000 \geq 264\,333,4953$$

kde $F_{DOV,P}$ [N] Maximální dovolený tah v pásu

F_{max} [N] Maximální tahová síla v pásu

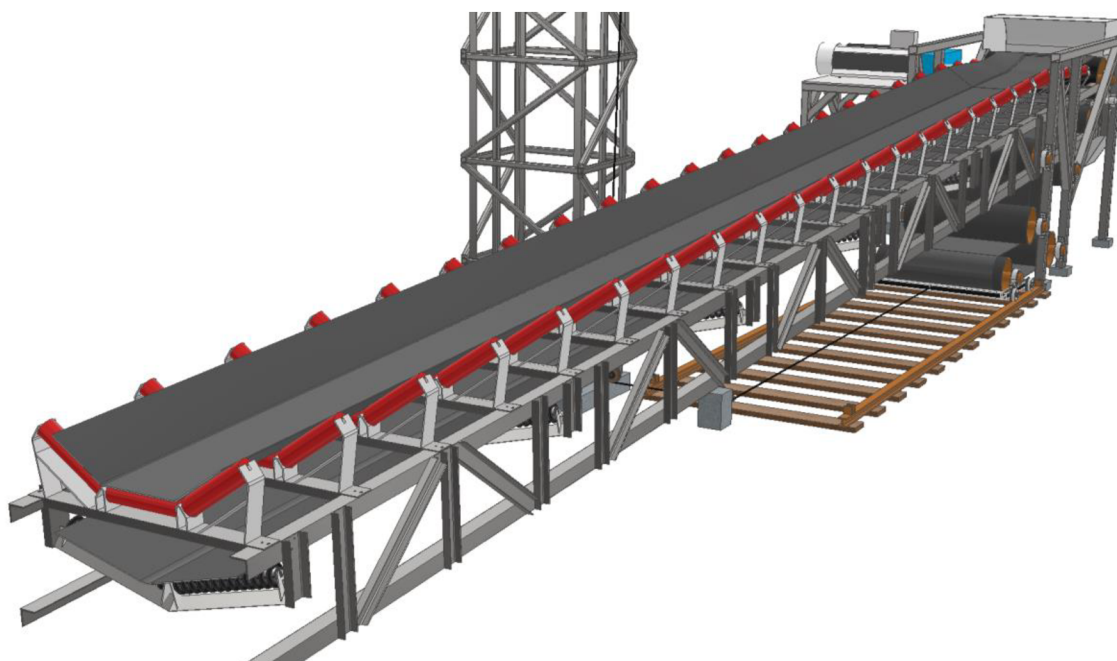
Kontrola potvrdila vhodnost vybraného pásu. Zvolený pás je lehce naddimenzován s bezpečností 5,45.

4 ILUSTRÁČNÍ 3D MODEL

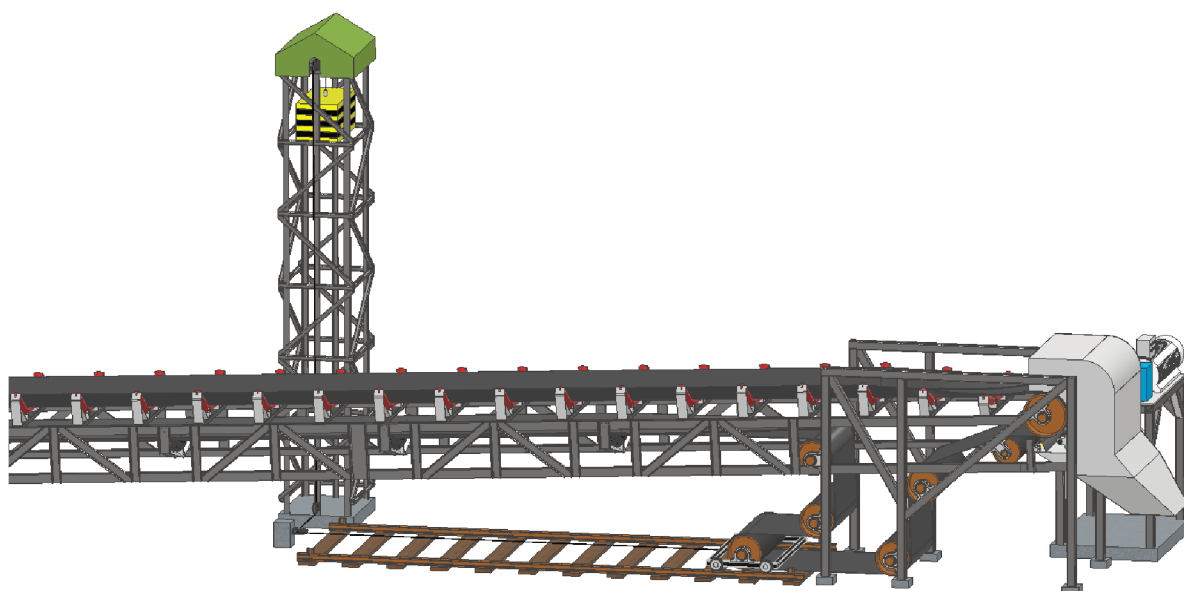
Pro potřeby vizualizace navrhované konfigurace byl za pomoci studentské licence Autodesk Inventor 2023 z vypočítaných a zvolených parametrů dílčích komponent zhotoven 3D model (viz Obr. 30, 31, 32). Ten může v budoucnosti sloužit jako podklad pro pevnostní analýzu nosné konstrukce dopravníku a usnadnit řešení prostorové zástavby v uhelném dole. 3D model nabízí větší přehlednost jak výkres sestavy a urychluje tak hledání východisek u budoucích problémů týkajících se konstrukce a údržby. Pro jednoduchost modelu jsou vynechány některé části jako je například spojovací materiál.



Obrázek 30 3D model navrhované koncepce [Autor]



Obrázek 31 Detail 3D modelu navrhované koncepce [Autor]



Obrázek 32 Detail napínacího zařízení [Autor]

ZÁVĚR

Výsledkem této bakalářské práce je uvedení do problematiky pásové dopravy se zaměřením na dálkovou pásovou dopravu. První dvě části práce byly věnovány charakteristice a rozdělení dopravníků a podrobné rešerši jednotlivých komponent, které tvoří systém pásového dopravníku. Utržené vědomosti získané v rešeršní části práce byly využity při výběru komponent pro dopravník navrhovaný v teoretické části práce.

Třetí část bakalářské práce se zabývá samotným návrhem pásového dopravníku. Jednotlivé komponenty zde byly voleny dle odborné literatury a normy ČSN ISO 5048 tak, aby byly splněny požadavky vyslovené v zadání práce – ty zní: přeprava 2000 tun hnědého uhlí za hodinu na vzdálenost 480 metrů s převýšením 25 metrů. Vzhledem k povaze přepravovaného materiálu byl zvolen dopravníkový pás s textilní kostrou Dunlop T 800/3 Trioflex, který se pohybuje rychlostí 2 m/s. V nosné části dopravníku ho podpírají hladké válečky Transroll $\varnothing 159 \times 670 / 6308$ umístěné s roztečí 1,1 metru ve tříválečkových stolicích GTK typ U18 o bočním sklonu válečků 35° . Utlumení rázů z nakládky materiálu je řešeno 5 stolicemi s kotoučovými dopadovými válečky Transroll $\varnothing 194 / 108 \times 670 / 6308$. Poškození pásu je též zamezeno snížením rozteče válečků v oblasti nakládky na 0,5 metru. Ve vratné části dopravníku nalezneme dvouválečkové stolice GTK Typ UL12 s bočním sklonem válečků 15° nesoucí diskové válečky $\varnothing 194 / 108 \times 900 / 6308$ společnosti Transroll. Rozteč válečků ve vratné větvi byla volena na hodnotu 4 metry. Napínání dopravního pásu je řešeno gravitačním napínacím zařízením, s napínacím bubnem na vozíku, který napíná pás v horizontálním směru. Tato metoda byla zvolena pro svoji nízkonákladovost, jednoduchost a bezúdržbovost. Na čištění pásu se podílí diskové válečky vratné větve a dvojice stěračů pásu z katalogu firmy Rulmeca. Všechny tyto zvolené komponenty byly zohledněny ve výpočtu potřebného provozního výkonu pohonu pásového dopravníku, který byl stanoven na 291 kW. S ohledem na to, že pro provoz dopravníku bude potřeba převodové ústrojí pracující s jistou účinností, byl zvolen třífázový osmipólový motor H17RL400-8 společnosti VYBO Electric o výkonu 355 kW. Komponenty byly voleny z volně dostupných katalogů firem zabývajících se přepravou materiálu.

Bezpečnost systému byla ověřena kontrolním výpočtem pevnosti pásu. Maximální dovolený tah v pásu je výrobcem stanoven na hodnotu 1 440 kN. Maximální tahová síla v pásu dopravníku při této konfiguraci byla vypočtena na 264 kN. Kontrolní výpočet tedy potvrdil správnost volby komponent a poukázal na jisté naddimenzování systému o koeficientu bezpečnosti 5,45.

Dalším výstupem bakalářské práce je výkresová dokumentace koncepčního návrhu, která slouží jako podklad pro tvorbu finálního řešení pásového dopravníku. V rámci tvorby výkresové dokumentace byl vytvořen zjednodušený model požadovaného dopravníku, který problematiku lépe ilustruje.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Brno: Vysoké učení technické, 1988.
- [2] FAYED, Muhammad E. a Thomas S. SKOCIR. *MECHANICAL CONVEYORS: Selection and operation*. New York: CRC Press, 1997. ISBN 1-56676-416-5.
- [3] *LAC Conveyors: The History of Conveyors* [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné z: <https://www.lacconveyors.co.uk/the-history-of-conveyors/>
- [4] SUBBA RAO, D. V. *The belt conveyor: a concise basic course*. Boca Raton: CRC Press, 2020. ISBN 978-1-003-08931-5.
- [5] OVERLAND BELT CONVEYORS. In: *Beumer Group* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.beumergroup.com/pd/conveyors-technology/overland-belt-conveyors/>
- [6] CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION. *Belt Conveyors for Bulk Materials*. FIFTH EDITION PDF Version. CEMA, 2002. ISBN 1-891171-18-6.
- [7] ALTA, a.s.: *Povrchová těžba* [online]. [cit. 2023-03-31]. Dostupné z: <https://www.alta.cz/vyroba-a-obchod/tezebni-prumysl/povrchova-tezba/>
- [8] The World's Longest Conveyor Belt System Can Be Seen From Space. In: *GIZMODO* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://gizmodo.com/the-worlds-longest-conveyor-belt-system-can-be-seen-fro-1566742063>
- [9] Fabric Conveyor Belt. In: *Shanxi BuMtresD Mechanical Equipment Co., Ltd.* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.bumtresdconveyor.com/conveyor-belt/mutli-ply-textile-conveyor-belt/fabric-conveyor-belt.html>
- [10] Automatický vzorkovač pro odběr vzorků z pasového dopravníku. In: *ENELEX* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: https://www.enelex.cz/?page_id=422&lang=cs
- [11] Kryty dopravníků Achenbach. In: *I-tes.com* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <http://www.i-tes.com/profile/kryty-dopravniku-achenbach-4674>
- [12] *ČSN ISO 5048: Zařízení pro plynulou dopravu nákladů PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY S NOSNÝMI VÁLEČKY Výpočet výkonu a tahových sil*. Praha: Výzkumný ústav transportních zařízení, 1994.

- [13] *Horní válečková stolice GTK Typ U18* [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.gktupesy.cz/cz/stanicky/klasicke/u18/>
- [14] Transroll KATALOG: Válečky a girlandové stolice pro pásovou dopravu. In: *TRANSROLL – CZ, a.s.* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://www.transroll.cz/obrazky-soubory/produktovy-katalog_cz_2015-10-0a9fb.pdf?redir
- [15] *Dolní válečková stolice GTK Typ UL12* [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.gktupesy.cz/cz/stanicky/dach/ul12/>
- [16] *DUNLOP Trioflex: Conveyor belts* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://www.dunlop cb.com/app/uploads/2018/09/trioflex_v1.3.pdf
- [17] *RULMECA belt cleaners: Series H* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://www.rulmeca.com/download/catalogo/serie_eng/type_H
- [18] *RULMECA belt cleaners: Series P* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://www.rulmeca.com/download/catalogo/serie_eng/type_P
- [19] *VYBO Electric a.s.: Elektromotor 355 kW HI7RL400-8* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.elektro-motor.cz/obchod/elektromotor-355kw-700ot-h17rl400-8/>
- [20] Pásový dopravník přepravující vytěžený kámen. In: *Oreflow* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://oreflow.com.au/a-guide-to-choosing-a-mining-conveyor-belt/>
- [21] Fosfátová stopa dopravníku z dolu Bou Craa. In: *Atlasobscura* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.atlasobscura.com/places/the-worlds-longest-conveyor-belt-system-bou-craa-morocco>
- [22] Dopravní pás s textilní kostrou. In: *Kompass* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://cn.kompass.com/p/qingdao-chenyu-rubber-technology-co-ltd/cn231588/fabric-conveyor-belt/617312f1-1536-4f3b-b9c2-289a0394d0fc/>
- [23] Dopravní pás s ocelokordovou kostrou. In: *Baoding Huayue Rubber Belts Co.* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.hyconveyorbelt.com/cold-resistant-steel-cord-conveyor-belt/cold-resistant-conveyor-belt.html>
- [24] Conveyor belt lacing. In: *FLEXCO* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.flexco.com/NA/EN/Flexco/Conveyor-Belt-Lacing.htm>
- [25] Spojení pásu na prsty. In: *DUNLOP Conveyor belting* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.dunlop cb.com/conveyor-belt/optima-heat-xtreme/>

- [26] Dopadová válečková stolice. In: *ASGCO* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.asgco.com/products/roller-cassette-conveyor-belt-impact-bed-slider/>
- [27] Korýtková válečková stolice s bočními vodícími válečky. In: *KINDER* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://kinder.com.au/products/k-commander-conveyor-belt-tracking/>
- [28] Girlandová válečková stolice. In: *Schiki d.o.o.* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://schikibelting.com/en/products/rollers/belt-conveying-bulk-handling/transoms-and-frames/>
- [29] Hnací buben. In: *SKE Industries* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.skecon.com/news/conveyor-knowledge/what-are-the-types-of-belt-conveyor-pulleys.html>
- [30] Nosná konstrukce pásového dopravníku. In: *Kemper Equipment* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.kemperequipment.com/blog/maximizing-conveyor-uptime/>
- [31] Pohon pásového dopravníku. In: *ZKG* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://www.zkg.de/en/artikel/zkg_2012-05_Resilient_rugged_low-maintenance-1419770.html
- [32] Násypka. In: *AT Minerals* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://www.at-minerals.com/en/artikel/at_Ten_common_mistakes_in_conveyor_specification_and_design-3595989.html
- [33] Výsypka. In: *Weba Chute Systems & Solutions* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.webachutes.com/products/conveyor-to-conveyor-chutes/>
- [34] Šroubové napínací zařízení. In: *C&G Equipment* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.candgequipment.com/products/conveyors/>
- [35] Vertikální gravitační napínací zařízení. In: *Allbiz* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://ca.all.biz/cmcc-gravity-take-ups-g4818>
- [36] Polyuretanový segmentový stěrač. In: *DYNA Engineering* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.dynaeng.com.au/dyna/blog/polyurethane-vs-carbide-belt-scrapers-blades/>
- [37] Šikmý pluhový čistič pásu. In: *BRELKO: Conveyor products* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.brelko.com/product/e505-angle-plough/>
- [38] Spirálový válečkový čistič. In: *KINDER* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://kinder.com.au/case-study/k-spiral-cleaning-and-tracking-roller/>

- [39] Převraceč pásu. In: *BRUNONE INNOVATION* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://brunone-na.com/?page_id=1193&lang=en
- [40] Kartáčový čistič pásu. In: *Thames Valley Vulcanising Services* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.tvvs.co.uk/the-company/rotary-brush/>
- [41] Odebírání vzorku rotačním kladivem. In: *SIEBTECHNIK TEMA* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.siebtechnik-tema.com/hammer-sampler/>
- [42] Obloukový kryt pásového dopravníku. In: *Mapvit* [online]. [cit. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://shop.mapvip.tk/ProductDetail.aspx?iid=166254268&pr=56.88>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A	[m ²]	Dotyková plocha mezi pásem a čističem pásu
a_o	[m]	Rozteč horních válečkových stolic
a_u	[m]	Rozteč dolních válečkových stolic
B	[m]	Šířka dopravníkového pásu
b	[m]	Využitá ložná šířka pásu
b_1	[m]	Světlá šířka bočního vedení
C	[-]	Součinitel C
C_ε	[-]	Součinitel korýtkovitosti
D	[m]	Průměr bubnu
d	[m]	Tloušťka pásu
d_o	[m]	Průměr hřídele v ložisku
F	[m]	Průměrný tah v pásu na bubnu
F_1	[N]	Tah v pásu ve větvi nabíhající na buben
F_2	[N]	Tah v pásu ve sbíhající větvi
$F_{2,min}$	[N]	Minimální tahová síla ve sbíhající větvi
F_a	[N]	Odpor shrnovače materiálu
F_{bA}	[N]	Odpor setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti urychlování
$F_{DOV,P}$	[N]	Maximální dovolený tah v pásu
F_f	[N]	Odpor mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování
F_{gL}	[N]	Odpor mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením
F_H	[N]	Hlavní odpory
F_l	[N]	Odpor ohybu pásu na bubnech
F_{max}	[N]	Maximální tahová síla v pásu
$F_{min,o}$	[N]	Nejmenší tahová síla pro horní větev
$F_{min,u}$	[N]	Nejmenší tahová síla pro dolní větev
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 překonání dopravní výšky
F_t	[N]	Odpor v ložiskách bubnu
F_U	[N]	Obvodová hnací síla

$F_{U,max}$	[N]	Maximální obvodová hnací síla
F_{ε}	[N]	Odpor válečků vychýlených ve směru pohybu pásu
f	[-]	Globální součinitel tření
g	[m/s ²]	Tíhové zrychlení
H	[m]	Dopravní výška
$(h/a)_{adm}$	[-]	Dovolený relativní průvės pásu mezi válečkovými stolicemi
I_m	[kg/hod]	Největší hmotnostní dopravní výkon dopravníku
I_v	[m ³ /s]	Největší dopravní výkon dopravníku
k	[-]	Součinitel sklonu dopravníku
k_l	[-]	Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu
k_a	[N/m]	Součinitel shrnování
L	[m]	Délka dopravníku
L_{ε}	[m]	Délka dopravníku s vychýlenými válečky
l	[m]	Délka bočního vedení
l_3	[m]	Délka středního válečku
l_b	[m]	Urychlovací délka
m_p	[kg]	Hmotnost 1 m ² pásu
m_{ri}	[kg]	Hmotnost rotačních částí dopadového válečku v horní větvi
m_{ro}	[kg]	Hmotnost rotačních částí válečku v horní větvi
m_{ru}	[kg]	je Hmotnost rotačních částí válečku v dolní větvi
n_i	[-]	Počet dopadových válečkových stolic v horní části dopravníku
n_o	[-]	Počet válečkových stolic v horní části dopravníku
P_A	[W]	Potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku
P_M	[W]	Potřebný pracovní výkon pohonu poháněcího motoru
p	[N/m ²]	Tlak mezi pásem a čističem pásu
Q	[kg/hod]	Dopravované množství
q_B	[kg]	Hmotnost 1 m dopravního pásu
q_G	[kg]	Hmotnost nákladu na 1 m délky pásu
q_{RO}	[kg]	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m horní větve dopravníku
q_{RU}	[kg]	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 m dolní větve dopravníku
R_{mp}	[N/m]	Dovolená hodnota tahu v pásu
S	[m ²]	Skutečný průřez náplně
S_l	[m ²]	Průřez horní části náplně

S_z	[m ²]	Průřez dolní části náplně
S_t	[m ²]	Minimální teoretický průřez náplně pásu
t_c	[m]	Tloušťka čističe pásu
v	[m/s]	Rychlost pásu dopravníku
v_0	[m/s]	Složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu
W_c	[m]	Šířka čističů pásu
α	[°]	Sypný úhel
δ	[°]	Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu
ε	[°]	Úhel vychýlení osy válečku vzhledem k rovině kolmé k podélné ose pásu
η_1	[-]	Účinnost motoru – volena 0,9 dle ČSN ISO 5048
θ	[°]	Dynamický sypný úhel
λ	[°]	Úhel bočního sklonu válečků
μ	[-]	Součinitel tření mezi 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 sypná hmotnost
φ	[rad]	Úhel opásání poháněcího bubnu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Pásový dopravník přepravující vytěžený kámen [18]	12
Obrázek 2 Fosfátová stopa dopravníku z dolu Bou Craa [19]	13
Obrázek 3 Schéma pásového dopravníku [4]	14
Obrázek 4 Dopravní pás s textilní kostrou [20]	15
Obrázek 5 Dopravní pás s ocelokordovou kostrou [21]	15
Obrázek 6 Spojení pásu na prsty [23]	16
Obrázek 7 Spojení pásu destičkami [22].....	16
Obrázek 8 Spojení pásu pomocí háčků [22]	16
Obrázek 9 Dopadová válečková stolice [24]	17
Obrázek 10 Korýtková válečková stolice s bočními vodicími válečky [25]	17
Obrázek 11 Girlandová válečková stolice [26].....	18
Obrázek 12 Hnací buben [27]	18
Obrázek 13 Nosná konstrukce pásového dopravníku [28]	19
Obrázek 14 Pohon pásového dopravníku [29]	19
Obrázek 15 Násypka [30]	20
Obrázek 16 Výsypka [31]	21
Obrázek 17 Šroubové napínací zařízení [32]	21
Obrázek 18 Vertikální gravitační napínací zařízení [33]	22
Obrázek 19 Polyuretanový segmentový stěrač [34]	23
Obrázek 20 Šikmý pluhový čistič pásu [35]	23
Obrázek 21 Spirálový válečkový čistič [36]	24
Obrázek 22 Provazový čistič [4].....	24
Obrázek 23 Převraceč pásu [37]	25
Obrázek 24 Kartáčový čistič pásu [38]	25
Obrázek 25 Odebírání vzorku rotačním kladivem [39]	26
Obrázek 26 Obloukový kryt pásového dopravníku [40].....	26
Obrázek 27 Úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu	28
Obrázek 28 Průřez náplně pásu [12]	30
Obrázek 29 Tahové síly působící v pásu [12].....	44
Obrázek 30 3D model navrhované koncepce [Autor]	48
Obrázek 31 Detail 3D modelu navrhované koncepce [Autor].....	49
Obrázek 32 Detail napínacího zařízení [Autor]	49

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I. Výkresová dokumentace koncepčního návrhu