



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

PÁSOVÝ DOPRAVNÍK PRO CIHELNOU DRŤ

BELT CONVEYOR FOR BRICK RUBBLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Filip Roušavý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Filip Roušavý**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24

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:

Pásový dopravník pro cihelnou drť

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provedení výpočtu a konstrukčního řešení dopravníku pro zadané rozměrové a výkonnostní parametry a pro zadaný materiál.

Technické parametry:

dopravní výkon 31 000 kg.h⁻¹,
osová vzdálenost 36 m,
výškový rozdíl 4,5 m,
doprovázaný materiál – zrnitost 4 až 10 mm.

Cíle bakalářské práce:

Vypracování funkčního výpočtu a určení hlavních rozměrů, návrhu pohonu, rešerše výrobců podobných zařízení.

Nakreslení sestavného výkresu dopravníku.

Rešerše a volba čistících zařízení vzhledem k vlhké cihelné drti, nakreslení podsestavy čistícího zařízení.

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

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

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

KOVÁČ, Milan a Vladimír KLAPITA. Manipulácia s materiálom v doprave. 1. vyd. V Žiline: EDIS, 2003. ISBN 8080701741.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem pásového dopravníku pro přepravu cihelné drti. Hlavním cílem práce je vytvořit efektivní dopravní systém, který splňuje specifické požadavky cihlářského průmyslu. Práce zahrnuje klasifikaci pásových dopravníků, analýzu konstrukčních prvků a volbu vhodných komponentů. Dále jsou provedeny detailní výpočty týkající se nosných stolic, potřebného výkonu motoru a dimenzování pásu. Součástí práce je také přehled významných výrobců pásových dopravníků a popis různých typů napínacích a čistících zařízení. Výsledkem je návrh pásového dopravníku, který zajišťuje spolehlivou a efektivní přepravu cihelné drti.

KLÍČOVÁ SLOVA

cihlářský průmysl, cihelná drť, čistící zařízení, konstrukční prvky, pásový dopravník, napínací zařízení, výpočty

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the design of a belt conveyor for transporting brick rubble. The main objective of the thesis is to create an efficient conveyor system that meets the specific requirements of the brick industry. The work includes the classification of belt conveyors, analysis of structural elements, and selection of suitable components. Furthermore, detailed calculations are performed concerning the supporting stations, required motor power, and belt dimensions. The thesis also provides an overview of major belt conveyor manufacturers and describes various types of tensioning and cleaning devices. The result is a design of a belt conveyor that ensures reliable and efficient transportation of brick rubble.

KEYWORDS

belt conveyor, brick industry, brick rubble, calculations, cleaning devices, structural elements, tensioning devices



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ROUŠAVÝ, F. *Pásový dopravník pro cihelnou drť*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce Jiří Malásek. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157196>



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 24. května 2024

.....
Filip Roušavý



PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D, za jeho odborné vedení, cenné rady a trpělivost během celého procesu. Dále děkuji své rodině a přátelům za jejich podporu a povzbuzení při studiu.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| Úvod | 6 |
| 1 Klasifikace a inovace pásových dopravníků | 7 |
| 1.1 Atypické provedení pásových dopravníků | 7 |
| 1.2 Schéma pásového dopravníku | 8 |
| 2 Výrobci pásových dopravníků..... | 9 |
| 3 Konstrukční prvky pásových dopravníků..... | 10 |
| 3.1 Dopravníkový pás | 10 |
| 3.2 Nosná válečková stolice..... | 11 |
| 3.3 Rám dopravníku..... | 12 |
| 3.4 Podpory dopravníku..... | 13 |
| 3.5 Napínací zařízení | 14 |
| 3.6 Čistící zařízení | 16 |
| 3.6.1 Příklady ze Studií a Aplikací Čistících Systémů Pásových Dopravníků..... | 17 |
| 3.7 Brzdy pásových dopravníků | 18 |
| 4 Volba komponentů pásového dopravníku..... | 19 |
| 4.1 Pás | 19 |
| 4.2 Nosná válečková stolice..... | 19 |
| 4.3 Motorizovaný buben | 20 |
| 4.4 Břity čističe | 21 |
| 5 Výpočty | 22 |
| 5.1 Vstupní hodnoty | 22 |
| 5.2 Volba nosných stolic..... | 22 |
| 5.3 Výpočty odporů a potřebného výkonu motoru | 24 |
| 5.4 Výpočty pásu | 27 |
| 5.5 Pevnostní kontrola | 28 |
| Závěr | 32 |
| Použité informační zdroje..... | 33 |
| Seznam použitých zkratk a symbolů..... | 35 |

ÚVOD

Pásové dopravníky jsou nedílnou součástí mnoha průmyslových odvětví, poskytují efektivní a spolehlivé řešení pro přepravu různých materiálů na delší vzdálenosti. V kontextu cihlářského průmyslu je přeprava cihelné drti důležitým aspektem, který významně ovlivňuje efektivitu a ekonomiku celého procesu. Tato bakalářská práce se zaměřuje na konstrukční návrh a optimalizaci pásových dopravníků používaných pro přepravu cihelné drti. Cílem je navrhnout dopravní systém, který zvyšuje produktivitu, snižuje provozní náklady a zajišťuje bezpečný a spolehlivý provoz. Práce bude také zkoumat různé faktory ovlivňující výběr a design pásových dopravníků, jako jsou rychlost pásu, kapacita dopravy, materiál pásu a konstrukční prvky dopravníku.

Pásové dopravníky představují efektivní řešení pro transport sypkých materiálů, baleného zboží či jednotlivých položek, a to nejen vodorovně či šikmo, ale v některých speciálních aplikacích i strmě. Dopravní pás zde funguje jako element, který materiál táhne i nese. Mezi hlavní přednosti patří plynulá přeprava, vysoká kapacita transportu, jednoduchost údržby, možnost překonání dlouhých vzdáleností, nízká energetická náročnost, a také flexibilita v nakládání a vykládání materiálu.

1 KLASIFIKACE A INOVACE PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Tato sekce se zaměřuje na rozčlenění pásových dopravníků, jež představuje klíčový prvek pro následující analytické a designové úsilí v rámci manipulace s cihelnou drtí. Podrobná klasifikace těchto dopravníků na základě rozličných kritérií, včetně typu materiálu použitého pro dopravní pás, konstrukčních a geometrických charakteristik, umožňuje hlubší pochopení specifik a předností jednotlivých variant. Takové členění představuje základ pro další kapitoly, v nichž budou prozkoumány možnosti pro optimalizaci a inovaci v rámci využití pásových dopravníků v cihlářském průmyslu.

Dle literatury [1] se pásové dopravníky dělí:

- Podle konstrukčního materiálu dopravního pásu
- Podle konstrukce
- Podle nosné konstrukce

1.1 ATYPICKÉ PROVEDENÍ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

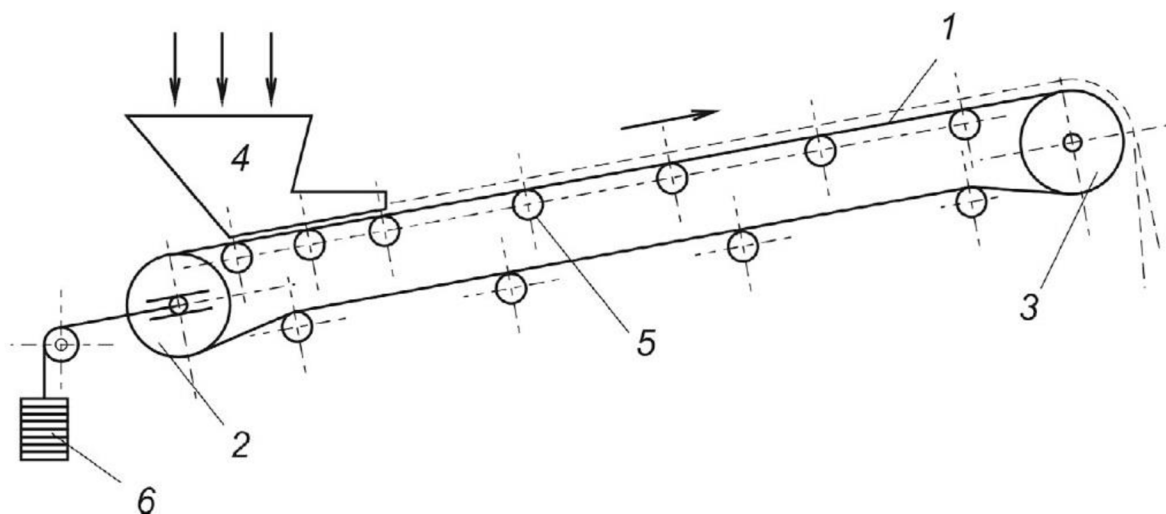
Mezi atypické pásové dopravníky se řadí například sendvičové pásové dopravníky, úpadní pásové dopravníky a trubkové pásové dopravníky, využívají se v oblasti, kde dochází k transportu materiálu pod extrémními úhly nebo kde hrozí rozptýlení přepravovaného materiálu do okolního prostředí [2],[3],[4].

Sendvičové pásové dopravníky jsou koncipovány k přepravě volných nebo sypkých materiálů pod vysokým sklonem. Materiál je stlačen mezi dvěma pásy, což brání jeho rozptýlení nebo pohybu. Tato metoda umožňuje transport materiálů pod extrémními úhly, což je užitečné v těžebním průmyslu nebo při manipulaci s materiály, které jsou náchylné k rozptýlení do okolí.

Úpadní pásové dopravníky, též známé jako klesající dopravníky, jsou zvláště navrženy k účinnému transportu materiálů směrem dolů. Úpadní pásové dopravníky jsou ideální pro použití v prostředích, kde je potřeba přemístit materiál z vyššího na nižší místo, jako jsou kamenolomy nebo stavební projekty.

Trubkové pásové dopravníky jsou inovativní technologií, která umožňuje přepravu materiálů uzavřeným systémem „trubek“. Tento typ dopravníku minimalizuje ztráty materiálu a zabraňuje jeho znečištění či znečištění okolí. Trubkové pásové dopravníky jsou efektivní zejména při přepravě jemných nebo nebezpečných materiálů, jako jsou chemikálie nebo prach.

1.2 SCHÉMA PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU



Obr. 1 Schéma pásového dopravníku[21]

1. Pás
2. Hnaný buben
3. Hnací buben
4. Násypka
5. Vodící válečky
6. Napínací zařízení

2 VÝROBCI PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

GUMEX

Gumex je česká rodinná firma založená v roce 1994, která se specializuje na produkty a služby v oblasti těsnění a hadic pro průmyslové aplikace. Nabízí široký sortiment dopravníkových pásů a příslušenství pro pásové dopravníky, které mohou být navíc upraveny přesně na míru požadavkům zákazníků. Firma se zaměřuje na osobní přístup a zajištění toho, aby produkty byly dodány ve stavu umožňujícím okamžitou montáž bez nutnosti dalšího zpracování. Gumex se také vyznačuje silným rodinným duchem, dlouhodobými cíli a odpovědným přístupem k investicím [5].

RUMELCA S.R.O.

Uznávaný globální lídr ve výrobě a dodávce komponent pro materiálové manipulační systémy, zejména pro těžké a lehké pásové dopravníky. S více než 1200 zaměstnanci a pobočkami ve 17 zemích po celém světě, je Rulmeca největším dodavatelem válečků, bubnových motorů a motorizovaných řemenic pro pásové dopravníky pro lomy a těžbu, stejně jako pro vnitřní logistiku. Společnost se zaměřuje na kvalitu výrobků a vynikající zákaznický servis a je známá svými inovativními řešeními, jako jsou motorizované řemenice, které jsou navrženy pro zlepšení účinnosti a životnosti dopravníkových systémů pro různé průmyslové aplikace [6].

VERVA-TECH S.R.O.

Společnost VERVA-Tech s.r.o., se sídlem v Kuřimi v České republice, si vytvořila renomé v oblasti výroby pásových a válečkových dopravníků, jež jsou nepostradatelné v mnoha průmyslových procesech, kde se uplatňují napříč širokým spektrem aplikací. Společnost se neomezuje pouze na standardní řešení, ale její portfolio zahrnuje i unikátní produkty jako jsou modulární dopravníky, přizpůsobitelné zvedací zařízení a přesné dopravníkové systémy pro specifické požadavky klientů, jako jsou například dopravníky s integrovanou váhou nebo systémy pro kontrolu kvality materiálu. Taková škála produktů umožňuje společnosti VERVA-Tech s.r.o. nabízet zákazníkům flexibilní řešení, která jsou inovativní a zároveň výkonná, čímž se odlišuje od konkurence a upevňuje svou pozici na trhu [7].

PAWLICA

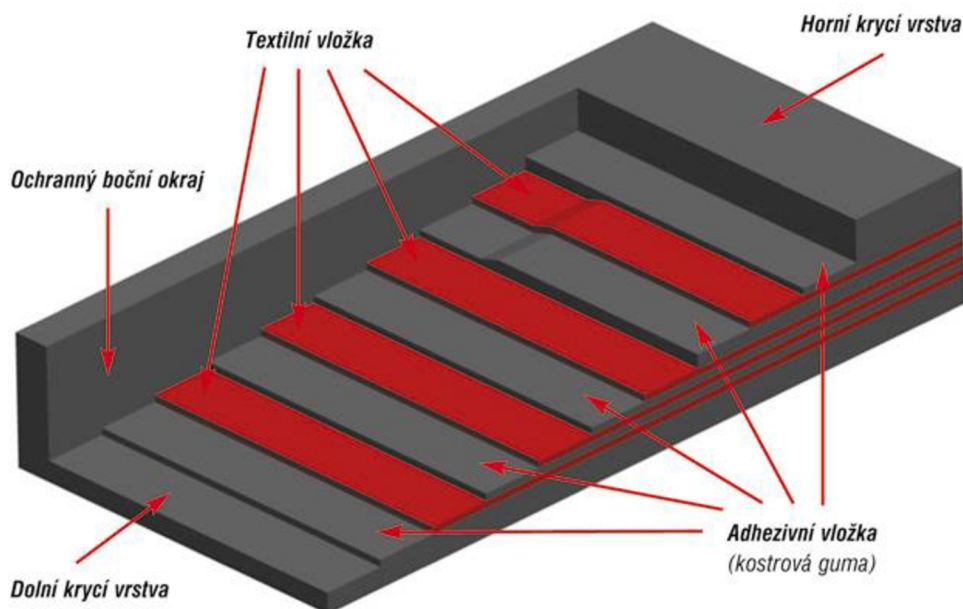
Firma Pawlica, operující na území České republiky, se specializuje na dodávky dopravníkových systémů určených pro širokou paletu průmyslových odvětví, včetně zemědělství, automobilového průmyslu, papírenství a dalších segmentů. Nabízí produkty jako jsou zrnové dopravníky, které jsou klíčové pro efektivní a bezpečný pohyb obilovin a dalších sypkých materiálů, a také speciálně upravené dopravníkové systémy pro přepravu dílů a komponent v automobilovém průmyslu. Díky modulárnímu designu a možnosti přizpůsobení jsou dopravníky Pawlica schopny splnit různorodé požadavky na kapacitu a specifické podmínky jednotlivých aplikací. Tímto způsobem firma dokládá své odhodlání inovovat a udržovat vysokou úroveň kvality ve všech svých produktech a službách [8].

3 KONSTRUKČNÍ PRVKY PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Kapitola je věnována podrobnému rozboru konstrukčních prvků pásových dopravníků, přičemž klade zvláštní důraz na jejich význam a funkci v rámci celého systému. Primárním cílem je umožnit čtenáři získat hloubkové poznatky o technických aspektech a rozhodnutích, které jsou zásadní pro efektivitu a bezpečnost provozu těchto zařízení.

3.1 DOPRAVNÍKOVÝ PÁS

Pás Obr. 2 je hlavní přepravní částí dopravníku a jeho design a materiál je zvolen na základě charakteristik přepravovaného materiálu a požadované rychlosti dopravy. Běžně používanými materiály pro výrobu pásů jsou gumové nebo plastové kompozity, ty jsou schopny odolávat náročným pracovním podmínkám.



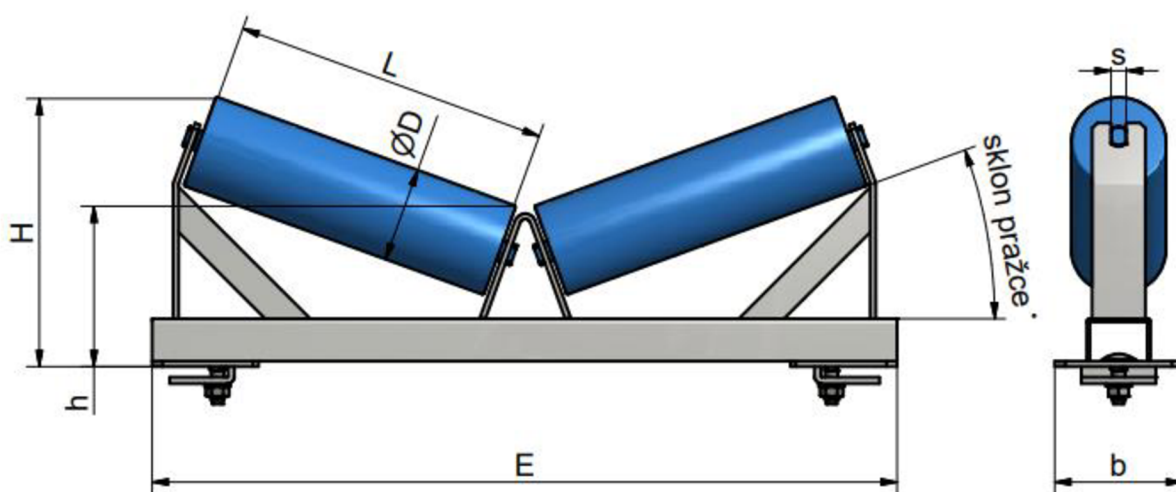
Obr. 2 Konstrukce dopravníkového pásu[22]

Požadavky kladené na pás:

- **Odolnost proti opotřebení:** Pás by měl být vyroben z materiálů odolných proti opotřebení, aby vydržel dlouhodobé používání v náročných podmínkách.
- **Flexibilita:** Pás by měl být dostatečně flexibilní, aby mohl bez problémů projít kolem bubnů a rolnic.
- **Odolnost proti teplotám a chemikáliím:** Podle typu aplikace by mohl být pás vystaven vysokým nebo nízkým teplotám a chemickým látkám, takže by měl být odolný vůči těmto faktorům.
- **Nosnost:** Pás by měl mít dostatečnou nosnost, aby mohl snadno přepravit náklad.
- **Povrchová úprava:** Povrch pásu by měl být vhodně upraven tak, aby bylo dosaženo požadovaného koeficientu tření a aby byla zajištěna správná manipulace s materiálem.

3.2 NOSNÁ VÁLEČKOVÁ STOLICE

Nosné válečkové stolice jsou součástí pásových dopravníků, které slouží k podpoře dopravního pásu a přenášeného materiálu. Správná konstrukce a dimenzování těchto stolic je klíčové pro hladký a efektivní provoz celého systému. Nosné válečkové stolice jsou navrženy tak, aby efektivně rozložily zatížení dopravního pásu a zároveň minimalizovaly jeho oděr. Válečky jsou rozmístěny tak, aby byly schopny nést zatížení materiálu při zachování požadovaného tvaru a trajektorie dopravního pásu. Důležitý je také výběr materiálů, přičemž je třeba vzít v úvahu nejen mechanické zatížení, ale také působení prostředí, jako je koroze, abraze a kontaminace.



Obr. 3 Nosná válečková stolice[17]

Požadavky kladené na stolice:

- **Odolnost a trvanlivost:** Nosné stolice jsou konstruovány z materiálů, které jsou odolné proti opotřebení, abychom zaručili dlouhodobou životnost i v náročných průmyslových prostředích.
- **Stabilita a pevnost:** Stolice musí zajistit stabilní a pevnou platformu pro dopravní pás, což je zásadní pro prevenci vibrací a kolísání, které by mohly narušit plynulý běh dopravníku.
- **Flexibilita a adaptabilita:** Konstrukce stolic musí povolit dostatečnou flexibilitu pro přizpůsobení se různým provozním podmínkám a nerovnostem, které se mohou na dopravní trase vyskytnout.
- **Údržba:** Design by měl zohlednit jednoduchost a přístupnost pro údržbu, což zahrnuje snadnou výměnu opotřebovaných částí, jako jsou ložiska nebo samotné válečky.

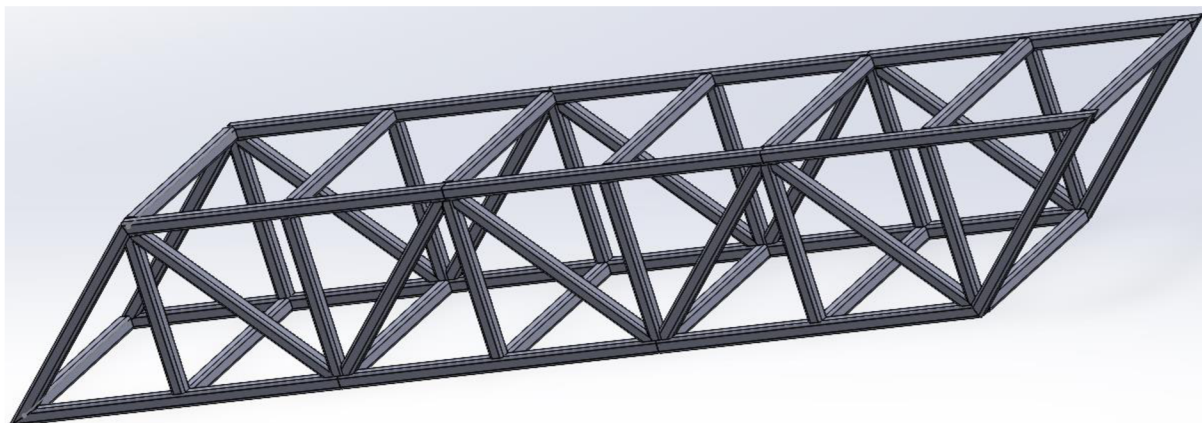
3.3 RÁM DOPRAVNÍKU

Pro nosnou konstrukci byla zvolena příhradová konstrukce 650x650 mm. Konstrukce je tvořena normalizovanými čtvercovými profily 40x40x4 mm. Konstrukce se skládá z 12 segmentů, každý o délce 3 metry. Pro spojení segmentů byla navržena spojka.

Konstrukční uspořádání rámu pásového dopravníku je realizováno s použitím segmentů, které jsou vzájemně propojeny pomocí rohových spojů pod úhlem 45 stupňů a spojkami na vrchní a spodní straně. Volba tohoto specifického úhlu je determinována snahou o optimální rozložení zatěžujících sil, jež jsou aplikovány na horní část konstrukce. Výhodou této konfigurace je snížení namáhání spojovacích prvků díky efektivnímu přenosu síly do nosné konstrukce, což vede k redukci výsledných momentů v místech spojení. Díky tomu lze dosáhnout vyšší tuhosti systému a simultánně se minimalizuje potenciál pro deformaci nebo poškození spojovacích komponent při dynamickém zatížení. Dalším přínosem je, že je možno spojit segmenty bez nutnosti nadměrného množství spojovacího materiálu, čímž se dosahuje snížení celkové hmotnosti konstrukce, aniž by byly kompromitovány její mechanické a funkční vlastnosti.

Požadavky kladené na rám:

- **Pevnost a tuhost:** Rám musí být dostatečně pevný a tuhý, aby odolával mechanickému namáhání během provozu, včetně váhy materiálu a dynamických sil při rozběhu a zastavení dopravníku.
- **Korozní odolnost:** Podle prostředí, kde bude dopravník pracovat je potřeba rám opatřit ochranou proti vnějším vlivům.
- **Modulárnost:** U větších dopravníků musí být rám rozložitelný z důvodu přepravy nebo z důvodu údržby.



Obr. 4 Segment rámu dopravníku

3.4 PODPORY DOPRAVNÍKU

Rám podepírají čtyři podpory, které jsou tvořeny normalizovanými profily 70x40x5 mm, vnitřní výztuhy jsou vyrobeny z profilu 40x40x4 mm viz. Obr. 5. Pro zajištění stability je základna rozšířena a pro možnost vyrovnání opatřena oky pro využití zakládacích patek, které se využívají k vyrovnávání lešení Obr. 6. Zakládací patky jsou opatřeny otvory pro kotevní šrouby.

Požadavky kladené na podpěrné nohy dopravníku:

- Nastavitelnost
- Odolnost proti zatížení
- Stabilita



Obr. 5 Podpěrná noha dopravníku



Obr. 6 Zakládací patka lešení [23]

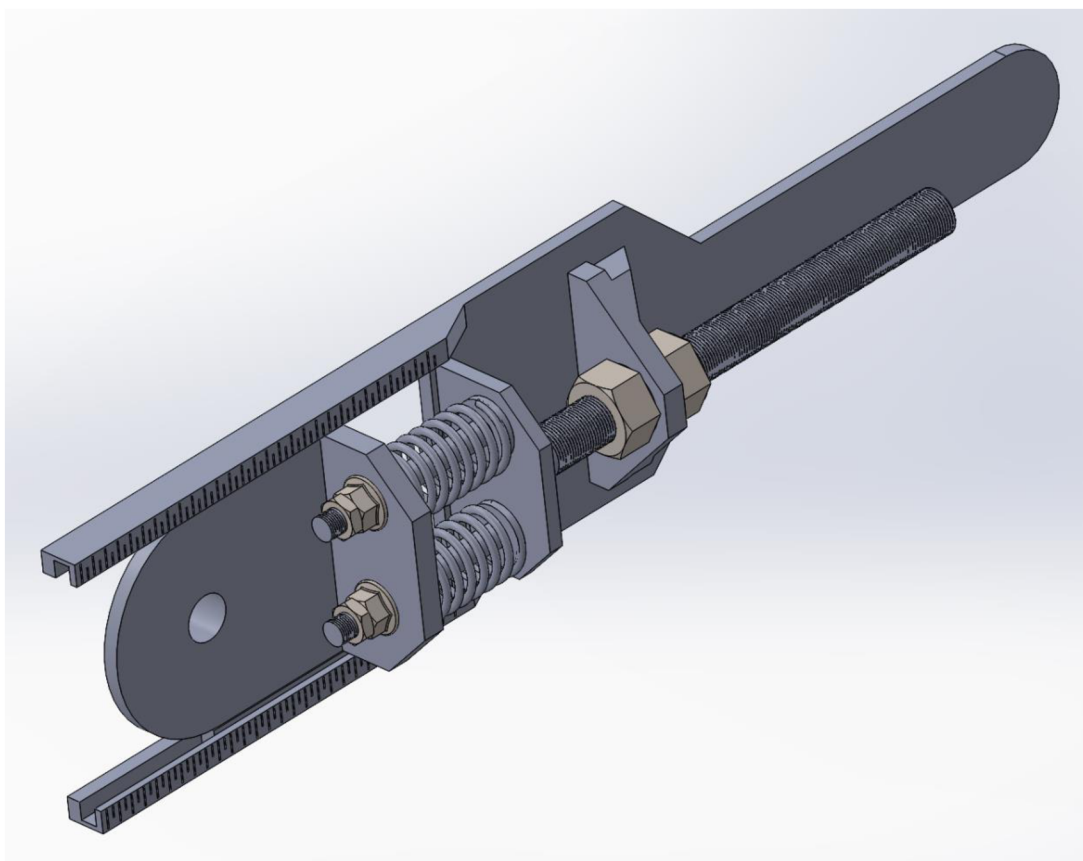
3.5 NAPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ

Napínací zařízení Obr. 7 představují klíčový prvek pro zaručení funkčnosti zařízení. Účelem je generovat adekvátní napínací sílu, která zajišťuje optimální kontakt mezi pásem a hnacím bubnem. To je nezbytné pro získání dostatečné tažné síly což je fundamentální pro efektivní pohyb materiálu dopravníkem. Aplikace správné napínací síly je kritické pro prevenci prokluzu pásu, ale také pro zajištění dlouhodobé životnosti a ekonomické udržitelnosti celého zařízení.

Pro udržení konstantního napětí pásu je využito napínací zařízení, které kombinuje šroub a pružinu. Pomocí šroubu jsou pružiny stlačeny na požadovanou sílu, čímž umožňují vyrovnání drobných výkyvů v napětí pásu a zajišťují stálý ideální kontakt mezi pásem a bubnem. Na koncích vodící tyče pro pružiny jsou umístěny kontra matice sloužící jako doraz. V případě kontaktu mezi kontra maticemi a částí s osazením pro pružiny jsou pružiny stále stlačeny o 5 mm, což zabraňuje ztrátě síly z pružin až do okamžiku, kdy narazí na doraz. Tato situace by však neměla nastat, jelikož při správném používání by vzdálenost od dorazu měla být vždy alespoň 10 mm pro správné fungování napínacího zařízení.

Požadavky kladené na napínací zařízení:

- Efektivní napnutí pásu
- Průběžná nastavitelnost
- Jednoduchost a spolehlivost



Obr. 7 Napínací zařízení

Dle literatury [9] se napínací zařízení dělí do několika kategorií:

- **Hmotnostní (gravitační) napínací zařízení:** Tento typ využívá závaží pro automatické nastavení napnutí dopravního pásu. Jeho hlavní výhodou je jednoduchost a spolehlivost, protože systém nepotřebuje externí zdroj energie. Nicméně pro umístění závaží musí být vyčleněn určitý prostor, a to může být v některých aplikacích nevhodné.
- **Pružinová napínací zařízení:** Vhodné pro aplikace, kde je prostor omezen, neboť nevyžadují velkou plochu pro umístění, avšak tyto systémy potřebují častější údržbu a nastavování.
- **Hydraulická a pneumatická napínací zařízení:** Nabízí vysokou úroveň kontroly a flexibility napínací síly. Vhodné pro aplikace, kde je potřeba často měnit nebo přesně regulovat napínací sílu. Tyto systémy vyžadují externí zdroj energie a větší počáteční investici.
- **Šroubové napínací zařízení:** Umožňuje manuální nastavení napínací síly. Vhodné pro menší dopravníkové systémy, kde není potřeba častého nebo rychlého nastavování napětí.

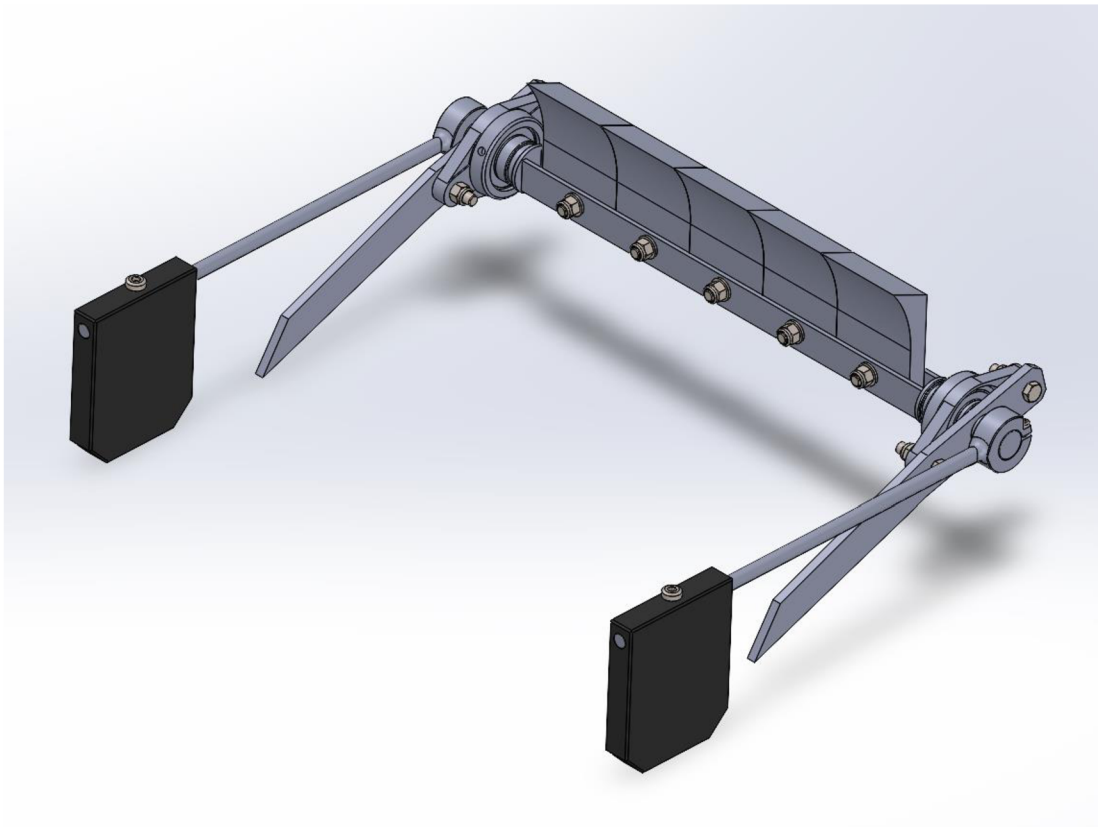
3.6 ČISTÍCÍ ZAŘÍZENÍ

Efektivní čištění pásových dopravníků je zásadní pro zajištění optimální funkčnosti a prodloužení jejich životnosti. V této souvislosti jsou implementována rozličná čistící zařízení, přičemž dominující pozici zaujímají stěrače pásů. Ty jsou konstruovány s cílem odstranit usazeniny, které se na pásech akumulují a mohou vést k nadměrnému zatížení a potenciálnímu poškození komponent dopravníku [10].

Primární stěrače, známé také jako čelní stěrače, jsou instalovány na vnější straně hnacího bubnu, v bezprostřední blízkosti místa vykládání materiálu. Jejich design umožňuje eliminovat až 90 % adhezivního materiálu. Pro odstranění reziduí po primárním stěrači se využívá sekundárních stěračů.

Materiálové složení stěračů je různorodé, s každým materiálem přinášejícím unikátní vlastnosti a přednosti [11]:

- **Gumové:** Flexibilní, přizpůsobují se nerovnostem.
- **Polyuretanové:** Nabízí větší životnost než gumové.
- **Kovové:** Vhodné ve vysoce náročných podmínkách



Obr. 8 Čistící zařízení

Čistící zařízení je navrženo pro jednoduchou obsluhu a snadnou regulaci přítlačné síly na pás, která se provádí posunutím dvou závaží blíže k ose otáčení. Každý břit zařízení lze samostatně vyměnit po povolení jednoho šroubu, což zjednodušuje údržbu. Otočný pohyb je zajištěn ložisky, která jsou v prašném prostředí chráněna v ložiskovém domku. Komponenty čistícího zařízení jsou uchyceny v držáku, který je přivařen k rámu dopravníku, což umožňuje snadný servis přímo na dopravníku.

Rozdělení základních čistících zařízení dle [12]:

- Rotační kartáče jsou efektivní ve vyčištění jemných a suchých materiálů z pásu. Tyto systémy mohou být upraveny pro různé druhy materiálů a jsou často používány v průmyslových aplikacích, kde je potřeba udržovat pás v čistotě, aby se předešlo závadám a zastavení produkce.
- Vodní trysky jsou užitečné pro odstraňování přilnavých nebo mastných materiálů, které nemohou být efektivně odstraněny suchými metodami. Tento systém využívá tlakovou vodu k vyplavení materiálu z pásu, což vyžaduje další zařízení pro správu a recyklaci vody.
- Ultrazvukové čištění je inovativní technologie, která byla testována pro efektivní odstranění biologických kontaminantů a jiných obtížně odstranitelných nečistot. Tato metoda je obzvláště účinná v potravinářském průmyslu, kde jsou vysoké požadavky na hygienu.

3.6.1 PŘÍKLADY ZE STUDIÍ A APLIKACÍ ČISTÍCÍCH SYSTÉMŮ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

BHP Billiton Iron Ore Port Hedland (Studie od P. Schuberta)[13].

V této studii byla provedena série testů různých čistících systémů v reálných provozních podmínkách jednoho z největších těžařských zařízení v Austrálii. Cílem bylo identifikovat a vyvinout nejúčinnější čistící systém, který by snížil množství materiálu usazeného na pásech a zároveň zvýšil bezpečnost a snížil potřebu údržby. Testy zahrnovaly vývoj a porovnání různých typů škrabek a kartáčů, které byly hodnoceny podle své schopnosti odstraňovat železnou rudu a další těžké materiály z dopravních pásových systémů.

Automatizované Ultrazvukové Čištění

V potravinářském průmyslu byly prováděny studie použití ultrazvukového čištění na dopravních pásech, které transportují citlivé suroviny, jako jsou masa a mléčné výrobky. Ultrazvukové systémy umožňují efektivní odstranění bakteriálních kontaminantů a zbytků výrobních materiálů bez nutnosti použití agresivních chemických čistících prostředků, což zlepšuje hygienu a bezpečnost výrobního procesu.

Vodní Tryskové Čištění ve Stavebnictví

V průmyslových aplikacích, kde se přepravují stavební materiály jako jsou cihly a cement, byly implementovány vodní tryskové systémy k odplavování pevně přilnavých nečistot z pásových dopravníků. Tato metoda je obzvláště účinná v případech, kde suché čistící metody nejsou dostatečné k udržení čistoty zařízení.

3.7 BRZDY PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

V kontextu pásových dopravníků používaných v těžebních a zpracovatelských průmyslových operacích jsou brzdy klíčové pro regulaci rychlosti a zajištění bezpečné manipulace s materiály. Tyto brzdové systémy jsou nezbytné pro předcházení incidentům způsobeným nekontrolovaným pohybem těžkých nákladů nebo při výpadku napájení [14], [15], [16].

Typy brzd pásových dopravníků

- **Kotoučové brzdy na pásových dopravnících:** Užívány pro jejich schopnost poskytnout rychlé a efektivní zastavení pomocí tření mezi brzdovým kotoučem a destičkami. Jsou ideální pro situace, kde je požadováno časté a přesné brzdění.
- **Bubnové brzdy:** Využívány pro jejich robustnost a odolnost v extrémních podmínkách, běžně nalezené v těžebních aplikacích, kde prach a nečistoty mohou kotoučové brzdy snadno poškodit.
- **Elektromagnetické brzdy:** Často používané pro jejich schopnost okamžitě reagovat na kontrolní signály, což je klíčové v automatizovaných systémech, kde je potřeba rychlá odezva na zastavení dopravníku.

Principy fungování v kontextu pásových dopravníků

Brzdové systémy jsou zásadním prvkem pro zajištění bezpečného provozu. Efektivní brzdění je zajištěno třením, které je vyvoláno mezi brzdovými komponenty, a je doplněno systémy pro rychlé uvolnění, aby se zabránilo zbytečnému opotřebení během neaktivních period.

Materiály a výroba pro pásové dopravníky

Při výběru materiálů pro brzdy se klade důraz na odolnost vůči extrémním podmínkám, jako jsou vysoké teploty a abrazivní prostředí. Brzdové kotouče a bubny jsou obvykle vyráběny z vysoce odolných slitin, zatímco brzdové destičky jsou vyrobeny z materiálů, které jsou méně odolné vůči opotřebení než bubny či kotouče.

Údržba a bezpečnostní protokoly pro brzdové systémy pásových dopravníků

Údržba brzdových systémů na pásových dopravnících je nezbytná pro zajištění jejich dlouhodobé funkčnosti a bezpečnosti. Preventivní údržba se provádí pravidelně a zahrnuje kontroly, čištění a výměnu opotřebovaných částí.

4 VOLBA KOMPONENTŮ PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

4.1 PÁS

Volba pásu:

Pro účely transportu vysoce abrazivního materiálu byl vybrán pryžový dopravní pás EP 500/3 AA od společnosti Gumex. Tento typ pásu je charakterizován vysokou odolností proti opotřebení, což jej činí ideálním pro manipulaci se sypkými a zrnitými materiály. Základní parametry tohoto dopravního pásu jsou podrobně specifikovány v Tab. 1 [5].

Tab. 1 Parametry pásu Gumex EP 500/3[5]

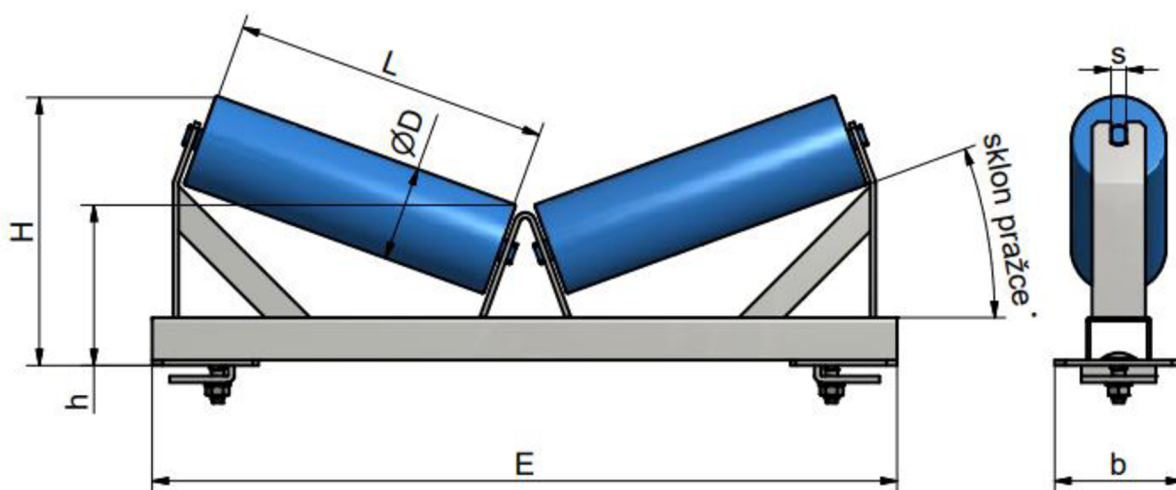
| Typ/počet vložek | Šířka (mm) | Tloušťka (mm) | Pevnost pásu (N/mm) | Hmotnost (kg/m) | Tloušťka krycí vrstvy horní/spodní (mm) |
|------------------|------------|---------------|---------------------|-----------------|---|
| EP 500/3 | 400 | 9,5 | 500 | 4,88 | 4/2 |

Spojení pásu

Spojení pásu je realizováno spojkami FLEXCO R2S od Firmy GUMEX [5].

4.2 NOSNÁ VÁLEČKOVÁ STOLICE

Zvolena stolice od firmy AMG – Karel Pícha dle zdroje [17]. Dvou válečková stolice se sklonem válečků 20 °. Stolice je upevněna dvojicí šroubů pro zaručení snadné montáže a v případě potřeby výměny celé stolice. Parametry stolice Tab. 2.



Obr. 9 Nosná válečková stolice [17]

Tab. 2 Parametry nosné stolice [17]

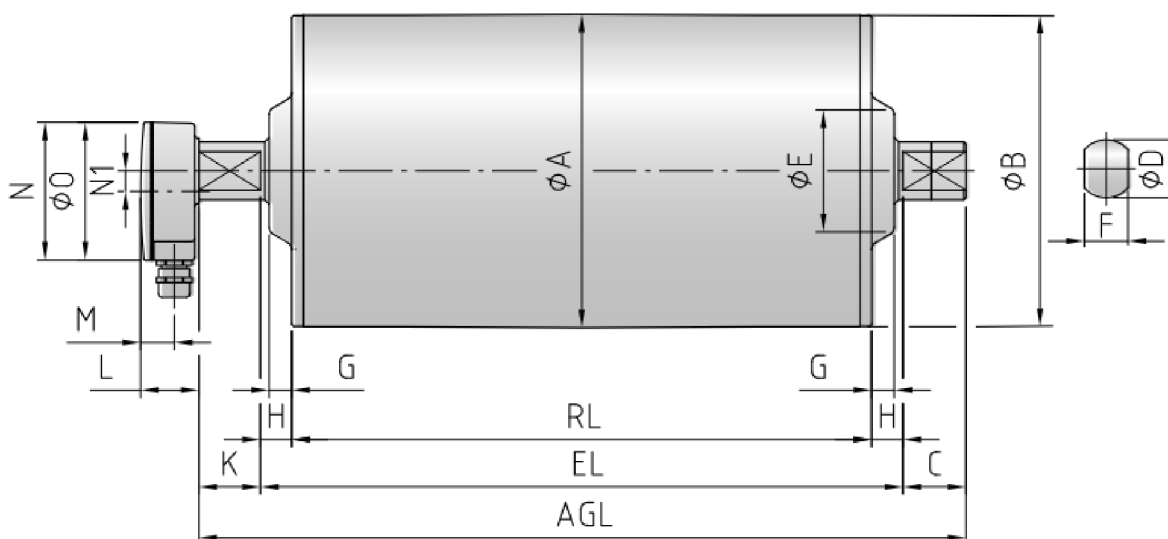
| Šířka pásu (mm) | α | Rozměry (mm) | | | | | | | Hmotnost (kg) |
|--------------------|----------|--------------|-----|-----------------|-----|-----|--------|-----|------------------|
| | | E | L | $\varnothing D$ | h | H | s | b | |
| 400 | 20° | 650 | 250 | 89 | 145 | 230 | 14(12) | 120 | 5 |

4.3 MOTORIZOVANÝ BUBEN

Motorizovaný buben je zvolen 220M od firmy Rumelca na základě požadovaného výkonu motoru Tab. 3, Obr. 10.

Tab. 3 Hlavní parametry motorizovaného bubnu [18]

| Výkon (kW) | Počet pólů | Kroutící moment (Nm) | Tahová síla (N) | Hmotnost (kg) | Převodový stupeň | Rychlost pásu (m/s) | Dovolené zatížení (N) |
|---------------|---------------|----------------------------|--------------------|------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 4 | 4 | 245 | 2279 | 3 | 2 | 1 | 11500 |



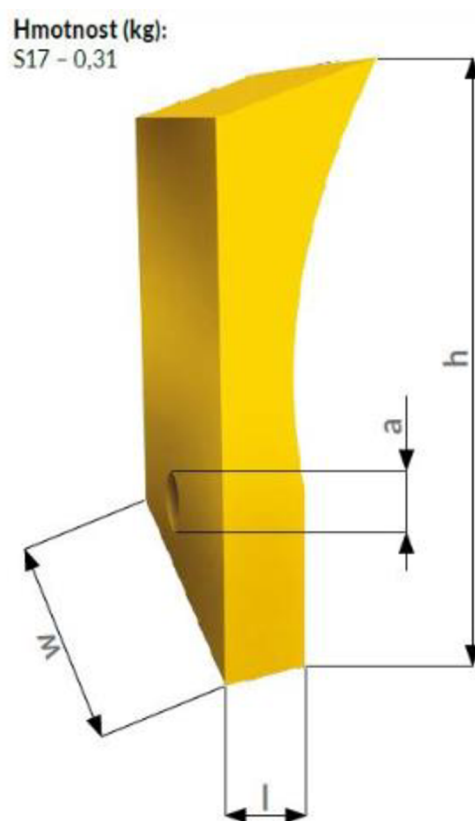
Obr. 10 Elektro buben 220M [18]

Tab. 4 Rozměry elektrobubny 220M [18]

| Rozměry (mm) | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|------|----|-----|----|------|------|------|----|----|----|----|
| A | B | C | D | E | F | G | H | K | L | M | N | N1 |
| 216 | 214,5 | 43,5 | 40 | 100 | 30 | 15,5 | 21,5 | 41,5 | 41 | 24 | 95 | 14 |

4.4 BŘITY ČISTIČE

Břity zvoleny od firmy INJECT s.r.o. jedná se o stěrku č. 17 Obr. 11.
Břity jsou vyrobeny z polyuretanu odolného proti otěru. [19]



| ROZMĚRY (mm) | | | | |
|--------------|-----|----|-----|-----|
| NÁZEV | h | l | a | w |
| S17 | 145 | 20 | Ø12 | 100 |

Obr. 11 Břit čističe pásového dopravníku [19]

5 VÝPOČTY

(dle normy ČSN ISO 5048)

5.1 VSTUPNÍ HODNOTY

Požadované množství přenášeného materiálu

$$Q = 31000 \frac{kg}{h} \quad [1]$$

Požadovaná délka dopravníku

$$L = 36 \text{ m} \quad [2]$$

Požadovaná výška, do které bude materiál dopravován

$$H = 4,5 \text{ m} \quad [3]$$

5.2 VOLBA NOSNÝCH STOLIC

Teoretický průřez náplně pásu

Pro dopravovaný materiál, jenž je cihelná dřev volím rychlost dopravníku $v = 1 \frac{m}{s}$

a objemovou sypanou hmotnost $\rho = 1300 \frac{kg}{m^3}$ dle literatury [20]

$$S_t = \frac{Q}{3600 \cdot \rho \cdot v} \quad [4]$$

$$S_t = \frac{31000}{3600 \cdot 1300 \cdot 1}$$

$$S_t = 0,0066 \frac{m^2 s}{kg}$$

Ložná šířka pásu

Na základě teoretického průřezu pásu volím šířku pásu dle literatury [20] $B = 400 \text{ mm}$

$$b_1 = (0,9 \cdot B) - 50 \text{ mm} \quad [5]$$

$$b_1 = (0,9 \cdot 400) - 50$$

$$b_1 = 0,31 \text{ m}$$

Plocha S_1

$$S_1 = (b_1 \cdot \cos \beta)^2 \cdot \frac{\tan \theta}{6} \quad [6]$$

$$S_1 = (0,31 \cdot \cos 20^\circ)^2 \cdot \frac{0,75}{6}$$

$$S_1 = 0,0059 \text{ m}^2$$

Plocha S_2

$$S_2 = \left(\frac{b_1}{2} \cdot \cos \beta\right) \cdot \left(\frac{b_1}{2} \cdot \sin \beta\right) \quad [7]$$

$$S_2 = \left(\frac{0,31}{2} \cdot \cos 20^\circ\right) \cdot \left(\frac{0,31}{2} \cdot \sin 20^\circ\right)$$

$$S_2 = 0,008 \text{ m}^2$$

Průřez náplně materiálu

$$S = S_1 + S_2 \quad [8]$$

$$S = 0,0059 + 0,0077$$

$$S = 0,0136 \text{ m}^2$$

Dynamický sypný úhel

Pro tento připravovaný materiál volím sypný úhel $\alpha = 30^\circ$ dle literatury [20]

$$\theta = 0,75 \cdot \alpha \quad [9]$$

$$\theta = 0,75 \cdot 30$$

$$\theta = 22,5^\circ$$

Součinitel sklonu

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2(\theta) - \cos^2(\phi)}{1 - \cos^2(\phi)}} \quad [10]$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2(22,5) - \cos^2(0,75)}{1 - \cos^2(0,75)}}$$

$$k_1 = 0,945$$

Součinitel sklonu

$$k = 1 - \frac{S_1}{S} \cdot (1 - k_1) \quad [11]$$

$$k = 1 - \frac{0,0059}{0,0136} \cdot (1 - 0,9452)$$

$$k = 0,976$$

Skutečná plocha průřezu

$$S_k = S \cdot k \quad [12]$$

$$S_k = 0,0136 \cdot 0,9763$$

$$S_k = 0,0133 \text{ m}^2$$

Objemový dopravní výkon

$$I_v = S \cdot v \cdot k \quad [13]$$

$$I_v = 0,0136 \cdot 1 \cdot 0,9763$$

$$I_v = 0,0133 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Hmotnostní dopravní výkon skutečný

$$I_m = I_v \cdot \rho \cdot 3600 \quad [14]$$

$$I_m = 0,0133 \cdot 1300 \cdot 3600$$

$$I_m = 17,236 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \Rightarrow 62050 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Podmínka pro množství přepravovaného materiálu

$$I_m \geq Q \quad [15]$$

$$62050 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \geq 31000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Podmínka je splněna

Zkoumané parametry dopravníku ukazují, že za současných nastavení je schopen přepravit dvojnásobek požadovaného množství materiálu. Vzhledem k tomu, že v návrhu se počítá s potenciálními variacemi v chování dopravníku způsobenými obsluhou či odlišným složením přepravovaného materiálu, může docházet k redukci efektivity. Tato variabilita je započtena a výsledný výkon je považován za uspokojivý pro účely návrhu dopravního systému.

5.3 VÝPOČTY ODPORŮ A POTŘEBNÉHO VÝKONU MOTORU**Hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m**

$$q_g = \frac{I_v \cdot \rho}{v} \quad [16]$$

$$q_g = \frac{0,0133 \cdot 1300}{1}$$

$$q_g = 17,236 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Hmotnost rotujících součástí vratných válečků na 1 m

$$q_{RV} = \frac{m_{SV} \cdot n_V}{L} \quad [17]$$

$$q_{RV} = \frac{1,3 \cdot 11}{36}$$

$$q_{RV} = 0,3972 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$m_{SV} = 1,3 \text{ kg}$$

$$n_V = 11$$

Tato hodnota vychází z konstrukčního provedení stolice.
Počet vratných stolic použitých na dopravníku.

Hmotnost rotujících částí nosných válečků na 1 m

$$q_{RM} = \frac{2 \cdot m_{NS} \cdot n_N}{L} \quad [18]$$

$$q_{RM} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 37}{36}$$

$$q_{RM} = 10,2778 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$n_{NS} = 5 \text{ kg}$$

$$n_N = 37$$

Tato hodnota vychází z konstrukčního provedení stolice.
Počet nosných stolic použitých na dopravníku.

Podle literatury [20] při teplotě 20 stupňů Celsia jsou pro následující výpočty voleny následující součinitele.

$$k_2 = 1 \quad [19]$$

$$f_1 = 0,023$$

$$f = f_1 \cdot k_2$$

$$f = 0,023 \cdot 1$$

$$f = 0,023$$

Hlavní odpory

$$F_h = f \cdot L \cdot g \cdot ((q_G + 2 \cdot q_b) \cdot \cos(\delta) + q_{RM} + q_{RV}) \cdot g \quad [20]$$

$$F_h = 0,023 \cdot 36 \cdot ((17,236 + 2 \cdot 4,88) \cdot \cos 7,18 + 10,2778 + 0,3972) \cdot g$$

$$F_h = 304,2701 \text{ N}$$

$$q_b = 4,88 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Hmotnost dopravního pásu na 1 metr dopravníku.

Odpor od překonání dopravované výšky

$$F_s = q_g \cdot H \cdot g \quad [21]$$

$$F_s = 17,236 \cdot 4,5 \cdot 9,81$$

$$F_s = 760,9 \text{ N}$$

Minimálně urychlovací délka

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

$$l_b = \frac{1^2 - 0^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6}$$

$$l_b = 0,0849 \text{ m}$$

$$\mu_1 = 0,6$$

Koeficient odporu ke zrychlení dle literatury [20]

$$v_0 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Počáteční rychlost materiálu před vstupem na dopravník.

Odpor mezi bočnicemi a dopravovanou hmotou

$$F_f = \frac{\mu_1 \cdot v^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l_b}{\left(\frac{v+v_0}{2}\right)^2 \cdot b_1^2} \quad [23]$$

$$F_f = \frac{0,6 \cdot 0,0133^2 \cdot 1300 \cdot 9,81 \cdot 0,0849}{\left(\frac{1+0}{2}\right)^2 \cdot 0,31^2}$$

$$F_f = 4,7559 \text{ N}$$

Odpor stěrače pásu

$$F_r = A \cdot p \cdot \mu_1 \quad [24]$$

$$F_r = 0,013 \cdot 6 \cdot 10^4 \cdot 0,6$$

$$F_r = 468 \text{ N}$$

$$A = 0,013 \text{ m}^2$$

$$p = 6 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Tato hodnota je volena dle literatury [20] v rozmezí $p = (3 \cdot 10^4 \Rightarrow 10 \cdot 10^4) \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$.

Odpor od překonání dopravní výšky

$$F_{st} = q_G \cdot H \cdot g \quad [25]$$

$$F_{st} = 17,24 \cdot 4,5 \cdot 9,81$$

$$F_{st} = 760,884 \text{ N}$$

Obvodová síla potřebná na poháněcím bubnu

$$F_u = (L \cdot C_q \cdot f \cdot (2 \cdot q_b + q_G + q_{RM} + q_{RV}) + q_G \cdot H) \cdot g \quad [26]$$

$$F_u = (36 \cdot 2,2 \cdot 0,023 \cdot (2 \cdot 4,88 + 17,236 + 10,2778 + 0,3972) + 17,236 \cdot 4,5) \cdot 9,81$$

$$F_u = 1434,06 \text{ N}$$

$$C_q = 2,2 \quad \text{Fixní koeficient odporu pro dopravníky do 40 metrů dle literatury [20]}$$

Celková potřebná síla k pohánění dopravníku

$$F_c = F_u + F_r + F_{st} \quad [27]$$

$$F_c = 1434,06 + 468 + 760,884$$

$$F_c = 2662,95 \text{ N}$$

Potřebný provozní výkon pásového dopravníku

$$P = F_c \cdot v \quad [28]$$

$$P = 2662,95 \cdot 1$$

$$P = 2662,95 \text{ W}$$

Pro zaručení hladkého a bezproblémového provozu dopravníku, i v případě jeho přetížení, byl pro finální realizaci zvolen motor typu 400M s výkonem 4 kW od firmy Rulmeca Holding S.p.A.[6]

5.4 VÝPOČTY PÁSU**Maximální obvodová síla v pásu**

$$F_{u\max} = \zeta \cdot F_c \quad [29]$$

$$F_{u\max} = 1,5 \cdot 2662,95$$

$$F_{u\max} = 3994,42 \text{ N}$$

$$\zeta = 1,5 \quad \text{Hodnota volena dle literatury X v rozmezí } \zeta = 1,3 \Rightarrow 2.$$

Přenos obvodové síly z poháněcího bubnu

$$x = F_{u \max} \cdot \frac{1}{e^{\mu\phi} - 1} \quad [30]$$

$$x = 2853,1 \cdot \frac{1}{e^{0.43 \cdot 3} - 1}$$

$$x = 1083,68 \text{ N}$$

Omezení dle průvěsu pásu

$$a_0 = 1 \text{ m}$$

$$F_{\min} = 2 \cdot 754,3126 \text{ N} \quad [31]$$

$$F_{\min} = \frac{1 \cdot (4,88 + 17,236) \cdot 9,81}{8 \cdot 0,015}$$

$$F_{\min} = 1807,98 \text{ N}$$

Vratná větev

$$a_{0v} = 3 \text{ m}$$

$$F_{\min V} = \frac{a_{0v} \cdot q_b \cdot g}{8 \cdot x} \quad [32]$$

$$F_{\min V} = \frac{3 \cdot 4,88 \cdot 9,81}{8 \cdot 0,015}$$

$$F_{\min V} = 1196,82 \text{ N}$$

Největší tahová síla v pásu

$$F_1 = F_{\max} \quad [33]$$

$$F_{\max} = F_u \cdot \frac{1}{e^{\mu\phi} - 1}$$

$$F_{\max} = 3936,7692 \text{ N}$$

$$F_2 = F_{\min V}$$

$$F_2 = 1196,82 \text{ N}$$

5.5 PEVNOSTNÍ KONTROLA

$$F_{\text{dov}} = \sigma_{\text{dov}} \cdot B \quad [34]$$

$$L_1 = 40 \text{ mm} \quad \text{Vzdálenost bubnu od ložiska.}$$

$L_2 = 500 \text{ mm}$ Délka hnacího bubnu.

Celková síla působící na bubnu

$$F = F_1 + F_2 \quad [35]$$

$$F = 3936,7692 + 1196,82$$

$$F = 5133,59 \text{ N}$$

Určení spojitého zatížení na bubnu

$$q = \frac{F}{L_2} \quad [36]$$

$$q = \frac{5133,59}{500}$$

$$q = 13,42 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$$

Výpočet silových reakcí

$$F_{b1} = \frac{q \cdot L_2 \left(\frac{L_2}{2} + L_1 \right)}{2 \cdot L_1 + L_2} \quad [37]$$

$$F_{b1} = \frac{7,8978 \cdot 650 \left(\frac{650}{2} + 20 \right)}{2 \cdot 20 + 650}$$

$$F_{b1} = 3354,2 \text{ N}$$

Silová podmínka

$$F_{a1} = q \cdot L_2 - F_{b1} \quad [38]$$

$$F_{a1} = 7,8978 \cdot 650 - 2566,7946$$

$$F_{a1} = 3354,2 \text{ N}$$

$$M_{o \max} = F_{b1} \cdot \left(\frac{L_2}{2} + L_1 \right) - q \cdot \frac{L_2}{4} \cdot \frac{L_2}{2} \quad [39]$$

$$M_{o \max} = 2566,7946 \cdot \left(\frac{650}{2} + 20 \right) - 7,8978 \cdot \frac{650}{4} \cdot \frac{650}{2}$$

$$M_{o \max} = 553,5 \text{ N m}$$

Modul průřezu v ohybu

$$W_{OB} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{Db^4 - db^4}{Db} \quad [40]$$

$$W_{OB} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{320^4 - 290^4}{320}$$

$$W_{OB} = 0,004 \text{ m}^3$$

$$D_b = 212 \text{ mm} \quad \text{Vnější průměr bubnu.}$$

$$d_b = 180 \text{ mm} \quad \text{Vnitřní průměr bubnu.}$$

Maximální napětí v ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_o \max}{W_{ob}} \quad [41]$$

$$\sigma_o = \frac{468,44}{0,001}$$

$$\sigma_o = 1,24 \text{ MPa}$$

Bezpečnostní pláště bubnu na ohyb

$$k_b = \frac{\sigma_{DO}}{\sigma_o} \quad [42]$$

$$k_b = \frac{85}{1,24}$$

$$k_b = 69$$

$$\sigma_{DO} = 85 \text{ MPa}$$

Hnaný buben

$$L_3 = 40 \text{ mm} \quad \text{Délka osazení.}$$

$$L_4 = 580 \text{ mm} \quad \text{Délka hřídele hnaného bubnu.}$$

$$D_{oh} = 70 \text{ mm} \quad \text{Průměr hřídele.}$$

$$d_{oh} = 40 \text{ mm} \quad \text{Průměr osazení hřídele.}$$

$$M_{\max A} = F_{c2} \cdot L_3 \quad [43]$$

$$M_{\max A} = 3354,2 \cdot 40$$

$$M_{\max A} = 134,17 \text{ N}$$

Modul průřezu v ohybu

$$W_{od} = \frac{\pi \cdot D_{oh}^3}{32} \quad [44]$$

$$W_{od} = \frac{\pi \cdot 70^3}{32}$$

$$W_{od} = 3,3674 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Maximální ohybové napětí v hřídeli

$$\sigma_{OD} = \frac{M_{maxA}}{W_{od}} \quad [45]$$

$$\sigma_{OD} = \frac{134,17}{3,3674 \cdot 10^{-5}}$$

$$\sigma_{OD} = 4 \text{ MPa}$$

Bezpečnost v ohybu

$$k_D = \frac{\sigma_{D0}}{\sigma_{OD}} \quad [46]$$

$$k_D = \frac{85}{4}$$

$$k_D = 21,25$$

Výpočet silových reakcí

$$\begin{aligned} F_{a2} &= F_{a1} \\ F_{a2} &= 2566,7946 \text{ N} \end{aligned} \quad [47]$$

$$\begin{aligned} F_{b2} &= F_{b1} \\ F_{b2} &= 2566,7946 \text{ N} \end{aligned}$$

Výpočet silových reakcí

$$F_{d2} = \frac{Fa2 \cdot L3 + Fb2 \cdot (L3 + L4)}{2 \cdot L3 + L4} \quad [48]$$

$$F_{d2} = \frac{3354,2 \cdot 90 + 3354,2 \cdot (40 + 580)}{2 \cdot 40 + 580}$$

$$F_{d2} = 3354,2 \text{ N}$$

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout pásový dopravník pro cihelnou drť, který by splňoval stanovené technické a provozní požadavky. Na základě provedených výpočtů bylo určeno potřebné množství výkonu elektromotoru, které zajišťuje efektivní přepravu materiálu. Výsledky ukázaly, že dopravník je schopen přepravovat dvojnásobné množství materiálu, než bylo původně požadováno, což představuje žádoucí rezervu pro provozní podmínky. Všechny výpočty byly prováděny v souladu s normou ČSN ISO 5048. Na základě zadaných parametrů byly vybrány komponenty od dodavatelů tak, aby byly co nejlépe vyhovující pro efektivní návrh dopravníku.

Při návrhu rámu dopravníku bylo dbáno na možnost snadné přepravy a rozložitelnosti zařízení. Rám byl navržen ve formě segmentů, kdy čtveřice segmentů o délce tří metrů je svařena do jednoho segmentu a tři takové segmenty jsou spojeny pod úhlem 45 stupňů za pomoci jednoduchých spojek. Tento design zajišťuje optimální rozložení sil a minimalizuje namáhání spojek. Naváděcí plíšky na segmentech umožňují rychlou a přesnou montáž. Pro napínání pásu bylo navrženo speciální napínací zařízení kombinující šroub a pružinu, které bez problému kompenzuje menší výkyvy v napnutí pásu a disponuje dostatečně velkým rozsahem pro spolehlivé dopnutí i po delší době používání. Čistící zařízení bylo navrženo s ohledem na jednoduchost, snadnou výrobu a obsluhu. Zařízení využívá dvojici závaží, která se mohou pohybovat blíže k ose otáčení, čímž je dosaženo nastavení síly, kterou břity tlačí na pás. Při návrhu podpěrných noh bylo využito originálního přístupu, kdy kombinace podpěrných noh a zakládacích patek umožňuje nejen pevné připojení dopravníku k betonovým základům pomocí kotevních šroubů, ale také zajišťuje možnost vyrovnání dopravníku na nerovném terénu díky zakládacím patkám.

Tímto byly splněny všechny cíle a požadavky stanovené pro tuto práci, přičemž výsledný návrh poskytuje spolehlivé a efektivní řešení pro přepravu cihelné drtě s dostatečnou rezervou a možností přizpůsobení různým provozním podmínkám. K práci je přiložena výkresová dokumentace, která obsahuje kompletní výkres sestavy dopravníku a podsestavu čistícího zařízení.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] TEVCO s.r.o. Online. TEVCO s.r.o. 2024. Dostupné z: <https://tevco.cz/index.php/dopravniky/dopravniky-podle-provedeni/>. [cit. 2024-04-02].
- [2] SHESHKO, EE.; GALKIN, VI.; BERDIYGIN, IA. a PESTRIKOV, O. *ISSUES OF EXPANDING THE SCOPE OF APPLICATION OF SANDWICH BELT HIGH ANGLE CONVEYORS*. Online, PDF. 2.1. 2019.
- [3] GIRAUND, L. a SCHREIBER, L. *Safe belt conveyor through design*. Online, PDF. 2024.
- [4] FLETCHER, AEW a DU TOIT, EL. *ADVANTAGES OF ENCLOSED CONVEYORS*. Online, PDF. 2024.
- [5] GUMEX, SPOL. S R.O. *Specializace firmy Gumex*. Online. GUMEX, spol. s r.o. C1994-2024. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/sekce/o-firme-gumex/predstaveni-firmy-gumex-22#toSection>. [cit. 2024-04-03].
- [6] RULMECA HOLDING S.P.A. *Rulmeca*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.rulmeca.com/en/group>. [cit. 2024-04-19].
- [7] VERVA–TECH S.R.O. *Verva-Tech*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.verva-tech.cz/kontaktni-udaje.html>. [cit. 2024-04-19].
- [8] PAWLICA S.R.O. *Pawllica*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.pawllica.cz/o-nas>. [cit. 2024-04-19].
- [9] L-A-C LOGISTICS AUTOMATION. *Rozdělení napínacích zařízení*. Online. L-A-C LOGISTICS AUTOMATION. What-are-the-methods-of-conveyor-tensioning. 2024. Dostupné z: <https://www.lacconveyors.co.uk/what-are-the-methods-of-conveyor-tensioning/>. [cit. 2024-04-19].
- [10] FLEXCO. *Flexco-čističe pásu*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.flexco.com/NA/EN/Flexco/Products/Belt-Cleaning-Systems.htm>. [cit. 2024-04-19].
- [11] MARTIN ENGINEERING. *Martin Engineering-rozdělení čističů*. Online. 2024. Dostupné z: https://www.martin-eng.com/content/product_category/463/conveyor-belt-cleaners. [cit. 2024-04-19].
- [12] GOVINDAN, Velmurugan; PALANISWAMY, E; SAMBATHKUMAR, M; VIJAYAKUMAR, R a SAKTHIMURUGA, T. *Conveyor Belt Troubles (Bulk Material Handling)*. 2014/06/01.

- [13] SCHUBERT, P. Develop and Test Alternative Conveyor Belt Cleaning Systems. Online. In: . 2006, s. 127-132. Dostupné z: <https://ceed.wa.edu.au/wp-content/uploads/2017/02/Schubert-BHP.pdf>. [cit. 2024-04-22].
- [14] HOU, Youfu; XIE, Fangwei a HUANG, Fei. Control strategy of disc braking systems for downward belt conveyors. *Mining Science and Technology (China)*. 2011, roč. 21, č. 4, s. 491-494. ISSN 1674-5264. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mstc.2011.06.005>.
- [15] LODEWIJKS, G. a ROGOVA, Elena. *SAFETY INTEGRITY LEVEL REQUIREMENTS IN THE DESIGN OF BELT CONVEYORS*. 2014/10/21.
- [16] PINGYUAN, X. a YANDONG, S. Dynamic Simulation on the Belt Conveyor on Emergency Braking. In: *2009 Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*. 2009, s. 34-36. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ICICTA.2009.245>.
- [17] AMG - KAREL PÍCHA, S.R.O. *AMG Karel Picha*. Online. 2024. Dostupné z: <http://www.amgpicha.cz>. [cit. 2024-04-19].
- [18] RUMELCA. *220M_220H*. Online. Downloads. 2024. Dostupné z: <https://www.rulmeca.com/en/complete-catalogues?idp=&Dir=bulk#listingDownload>. [cit. 2024-05-16].
- [19] INJECT S.R.O. *STĚRÁKY DO PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.inject.cz/produkty/kamenolomy/pasove-dopravniky/steraky-do-pasovych-dopravniku/>. [cit. 2024-05-05].
- [20] RULMECA HOLDING S.P.A. *Catalog Bulk Handling*. Online. Rulmeca Holding S.p.A. 2023. Dostupné z: https://www.rulmeca.com/contenuti/download/cataloghi_completi/en/bulk/Catalog%5FBulk%5FHandling%5FEN. [cit. 2024-04-03].
- [21] VERLAG DASHÖFER, NAKLADATELSTVÍ, SPOL. S R. O. *Dopravníky*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.energetikainfo.cz/33/dopravniky-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqWeX-UDwEJOgUAKRM5WLkhPpA5B5rrwHw/>. [cit. 2024-05-06].
- [22] CAD.CZ. *FEM a napěťová analýza*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.cad.cz/aktuality/7-2007/1365-fem-a-napetova-analyza.html>. [cit. 2024-05-06].
- [23] REGALS.CZ. *Zakládací patka*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.regals.cz/zakladaci-patka-1-00-m/>. [cit. 2024-05-19].

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| Označení | Název | Jednotka |
|---------------|---|-------------------|
| A | Průřez napínacího šroubu | m ² |
| b | Užitečná ložná šířka pásu | m |
| b_1 | Světlá šířka bočního vedení | m |
| B | Šířka dopravního pásu | m |
| d | Velký průměr závitu napínacího šroubu | m |
| d_2 | Střední průměr závitu napínacího šroubu | m |
| d_3 | Malý průměr závitu napínacího šroubu | m |
| D | Průměr hnacího bubnu | m |
| D_1 | Malý průměr matice napínacího zařízení | m |
| f | Globální součinitel odporu | - |
| f_i | Globální součinitel tření | - |
| F | Síla působící na napínací šroub | N |
| $F_{2,min}$ | Přenos obvodové síly na poháněcím bubnu | N |
| F_{bA} | Odpor setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti urychlování | N |
| F_{dov} | Dovolená tahová síla v pásu | N |
| F_f | Odpověď tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování | N |
| F_F | Hlavní odpory | N |
| F_i | Odpověď ohýbu pásů v bubnech | N |
| F_{max} | Největší tahová síla v pásu | N |
| F_{min} | Omezení podle průvěsu pásu v nosné větvi | N |
| F_{minV} | Omezení podle průvěsu pásu ve vratné větvi | N |
| F_N | Vedlejší odpory | N |
| F_{st} | Odpor k překonání dopravní výšky | N |
| F_t | Odpor v ložiskách bubnu | N |
| F_u | Obvodová síla potřebná na poháněcím bubnu | N |
| g | Gravitační zrychlení | m/s ² |
| $(h/a)_{adm}$ | Dovolený relativní průvěs pásu mezi válečkovými stolicemi | - |
| H | Dopravní výška | m |
| i | Počet závitu matice napínacího zařízení | - |
| I_m | Hmotnostní dopravní výkon | kg/h |
| I_v | Objemový dopravní výkon | m ³ /s |
| k | Součinitel sklonu | - |
| k_1 | Součinitel korekce vrcholku náplně | - |
| k_2 | Teplotní součinitel | - |

| Označení | Název | Jednotka |
|-------------|---|-------------------|
| $l_{b,min}$ | Minimální urychlovací délka | m |
| L | Dopravní délka | m |
| L_B | Šířka hnacího bubnu | m |
| m_{SN} | Hmotnost nosné válečkové stolice | kg |
| m_{SV} | Hmotnost vratné válečkové stolice | kg |
| n_N | Počet nosných válečkových stolic | - |
| n_V | Počet vratných válečkových stolic | - |
| p | Tlak v závitech napínacího šroubu | MPa |
| p_D | Dovolený tlak v závitech napínacího šroubu | MPa |
| P | Výkon hnacího bubnu | kW |
| P_A | Potřebný provozní výkon pás. dopravníku | kW |
| P_M | Potřebný provozní výkon poháněcího motoru | kW |
| Q_B | Hmotnost 1 metru pásu | kg/m |
| Q_G | Hmotnost dopravovaného materiálu na 1 metr délky pásu | kg/m |
| Q_{RN} | Hmotnost rotujících částí nosných válečků na 1 metr délky dopravníku | kg/m |
| Q_{RV} | Hmotnost rotujících částí vratných válečků na 1 metr délky dopravníku | kg/m |
| Q | Požadovaný dopravní výkon | kg/hod |
| S | Skutečný průřez náplně pásu | m ² |
| S_1 | Průřez vrcholku náplně pásu | m ² |
| S_2 | Průřez dolní náplně pásu | m ² |
| S_T | Teoretický průřez náplně pásu | m ² |
| tN | Rozteč nosných válečkových stolic | m |
| tV | Rozteč vratných válečkových stolic | m |
| V | Jmenovitá rychlost pásu | m/s |
| V_0 | Složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu | m/s |
| β | Úhel sklonu válečků | ° |
| γ | Objemová sypná hmotnost | kg/m ³ |
| δ | Sklon dopravníku | ° |
| η_1 | Účinnost převodů | - |
| θ | Dynamický sypný úhel | ° |
| μ | Součinitel tření mezi poháněcím bubnem 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 čistícím pásem | - |
| ξ | Součinitel rozběhu | - |
| ρ | Sypný úhel | ° |
| σ_d | Normálové napětí napínacího šroubu v tlačení | MPa |

| Označení | Název | Jednotka |
|----------------|---|----------|
| σ_{dov} | Dovolené namáhání pásu v tahu | MPa |
| σ_D | Dovolené namáhání napínacího šroubu v tlačení | MPa |
| σ_t | Pevnost pásu v tahu | MPa |
| φ | Úhel opásání poháněcího bubnu | rad |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 1 Schéma pásového dopravníku[21] | 8 |
| Obr. 2 Konstrukce dopravníkového pásu[22]..... | 10 |
| Obr. 3 Nosná válečková stolice[17] | 11 |
| Obr. 4 Segment rámu dopravníku..... | 12 |
| Obr. 5 Podpěrná noha dopravníku..... | 13 |
| Obr. 6 Zakládací patka lešení [23] | 14 |
| Obr. 7 Napínací zařízení | 15 |
| Obr. 8 Čistící zařízení | 16 |
| Obr. 9 Nosná válečková stolice [17] | 19 |
| Obr. 10 Elektro buben 220M [18] | 20 |
| Obr. 11 Břit čističe pásového dopravníku [19] | 21 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tab. 1 Parametry pásu Gumex EP 500/3[5]..... | 19 |
| Tab. 2 Parametry nosné stolice [17] | 20 |
| Tab. 3 Hlavní parametry motorizovaného bubnu [18] | 20 |
| Tab. 4 Rozměry elektrobubnu 220M [18]..... | 21 |



SEZNAM PŘÍLOH

| Typ výkresu | Název | Číslo výkresu | List |
|-------------------|------------------|---------------|------|
| Výkres sestavy | PÁSOVÝ DOPRAVNÍK | 0-PD/ÚADI-00 | 1/1 |
| Výkres podsestavy | ČISTÍCÍ ZAŘÍZENÍ | 1-PD/ÚADI-01 | 1/1 |