



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 KAMENNÉ DRTI PRO BETONOVOU SMĚS

BELT CONVEYOR OF CRUSHED STONE FOR CONCRETE MIX

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Jílek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Petr Jílek**
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.1111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Pásový dopravník kamenné drti pro betonovou směs

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provedení výpočtů a konstrukčního řešení pásového dopravníku pro zadané rozměrové a výkonnostní parametry a materiál:

- dopravní výkon 52 000 kg.h⁻¹,
- osová vzdálenost 24 m,
- výškový rozdíl 3,2 m,
- dopravovaný materiál – zrnitost – 1 až 4 mm.

Cíle bakalářské práce:

Vypracování funkčního výpočtu dle norem a určení hlavních rozměrů, návrh pohonu, rešerše výrobců podobných zařízení.

Nakreslení sestavného výkresu dopravníku, nakreslení sestavy svarku stojiny rámu.

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: VUTIUM, 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

Cílem této bakalářské práce je vytvořit návrh a výpočet konstrukce pásového dopravníku k dopravování kamenné drti pro betonovou směs. Dopravník je dimenzován a navrhován pro výškový rozdíl 3,2 metru, osovou vzdálenost 24 metrů a dopravní výkon $52\,000\text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$. Výpočetní část je provedena dle normy ČSN ISO 5048. Dále je v práci zahrnuta volba a návrh základních prvků jako např. napínací zařízení a pohon. V rešeršní části jsou zmíněni různí výrobci pásových dopravníků. Výkresová dokumentace k této práci se nachází v její příloze.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pásový dopravník, dopravní pás, válečky, pohon dopravníku, nosná konstrukce, kamenná drť, napínací zařízení, čistící zařízení.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to design and calculate the construction of a belt conveyor for conveying crushed stone for concrete mix. The conveyor is dimensioned and designed for a conveying height of 3.2 metres, an axial distance of 24 metres and a conveying capacity of 52 000 kilograms per hour. The calculation part is carried out according to ISO 5048. Furthermore, the selection and design of the basic elements such as the tensioning device and the drive are included in the work. Various manufacturers of belt conveyors are mentioned in the research. The drawings for this thesis can be found in the appendix.

KEYWORDS

Belt conveyor, conveyor drive, rollers, conveyor drive, supporting construction, crushed stone, tensioning device, cleaning device.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JÍLEK, Petr. *Pásový dopravník kamenné drti pro betonovou směs*. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157391>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jiří Malášek.



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

.....

Petr Jílek

PODĚKOVÁNÍ

Nejdříve bych chtěl poděkovat mému vedoucímu doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D, za jeho odborné a podnětné nápady, které mi pomohly dovést tento konstrukční návrh pásového dopravníku k úspěšnému závěru.

Dále bych chtěl vyjádřit velké díky své rodině a přátelům. Jejich neustálá podpora a motivace mě povzbuzovala po celou dobu mého studia.

OBSAH

Obsah	9
Úvod	12
1 Pásové dopravníky	13
1.1 Dělení dle [1]:	13
1.1.1 Tažného elementu	13
1.1.2 Tvaru dopravníku	13
1.1.3 Provedení nosné konstrukce	13
1.2 Schéma pásového dopravníku	13
2 Výrobci pásových dopravníků	14
2.1 GTK Tupesy	14
2.2 JVM Metal s.r.o.	15
2.3 VVV Most	16
2.4 AMG-Karel Pícha	17
2.5 DUBA	18
2.6 Strojírny Podzimek	19
3 Komponenty pásového dopravníku	20
3.1 Dopravní pás	20
3.2 Násypka	21
3.3 Hnací buben	22
3.4 Čistící zařízení	23
3.5 Válečkové stolice	24
3.6 Válečky	25
3.6.1 Dopadové válečky	25
3.6.2 Diskové válečky	25
3.6.3 Nosné válečky	26
3.7 Napínací zařízení	26
3.8 Nosná konstrukce	27
3.9 Stojiny a jejich uchycení k rámu dopravníku	28
3.10 Kotvení	30
4 Výpočtová část	31
4.1 Zadané parametry pásového dopravníku	31
4.2 Úhel sklonu dopravníku	31
4.3 Volba rychlosti dopravní pásu	32
4.4 Teoretický obsah průřezu náplně pásu	32
4.5 Volba sypného úhlu	32
4.6 Volba šířky pásu	32
4.7 Výpočet využitelné ložné šířky pásu	33
4.8 Určení dynamického sypného úhlu	33
4.9 Výpočet průřezu náplně na pásu	34
4.9.1 Výpočet plochy horní části náplně S_1	34
4.9.2 Výpočet plochy dolní části náplně S_2	34

4.10	Určení součinitele korekce vrchlíku náplně pásu	35
4.11	Určení součinitele sklonu pásu	35
4.12	Skutečná plocha průřezu náplně pásu	35
4.13	Objemový dopravní výkon	36
4.14	Hmotnostní dopravní výkon	36
4.15	Porovnání zadaného a skutečného dopravního výkonu	36
4.16	Volba dopravníkového pásu	37
5	Odpory pásového dopravníku	38
5.1	Hlavní odpory	38
5.1.1	Globální součinitel tření	38
5.1.2	Tíhové zrychlení g	38
5.1.3	Hmotnost rotujících částí válečků nosné větve na 1 m délky dopravníku	39
5.1.4	Hmotnost rotujících částí válečků vratné větve na 1 m délky dopravníku	39
5.1.5	Hmotnost dopravního pásu na 1 m délky dopravníku	39
5.1.6	Hmotnost materiálu na 1 m délky dopravníku	39
5.2	Vedlejší odpory	40
5.2.1	Odpory setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti urychlování	40
5.2.2	Minimální urychlovací délka	40
5.2.3	Odpor tření mezi dopr. hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování	41
5.2.4	Odpor ohybu pásu na bubnech	41
5.2.5	Odpor v ložiskách hnaného bubnu	42
5.3	Přídavné hlavní odpory	42
5.4	Přídavné vedlejší odpory	42
5.4.1	Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením	42
5.4.2	Odpor vnějšího čističe pásu	43
5.4.3	Odpor vnitřního čističe pásu	43
5.4.4	Odpor shrnovače materiálu	43
5.5	Odpor k překonání dopravní výšky	43
5.6	Obvodová hnací síla	44
5.7	Provozní výkon elektromotoru	44
5.8	Potřebný příkon elektromotoru	44
5.9	Volba elektrobubnu	45
5.10	Otáčky hnacího bubnu	45
6	Síly v pásu	46
6.1.1	Maximální obvodová hnací síla	46
6.1.2	Přenos tahové síly na poháněcím bubnu	46
6.1.3	Omezení podle průvěsu pásu	47
6.1.4	Největší tahová síla v pásu	47
6.1.5	Kontrola pásu	48
6.1.6	Síla v nosné větvi	48
6.1.7	Síla ve vratné větvi	48
6.1.8	Výsledná síla namáhající bubnu	48
6.1.9	Napínací síla	48
7	Závěr	49
8	Citovaná literatura	50

9	Seznam použitých zkratk a symbolů	52
10	Seznam příloh	54

ÚVOD

Pásové dopravníky patří mezi klíčová zařízení v průmyslových odvětvích. Slouží k nepřetržité přepravě sypkých i kusových materiálů na vzdálenosti od jednotek metrů až po kilometry. Jsou nejrozšířenějším dopravním prostředkem vodorovné nebo šikmé dopravy. Oproti jiným řešením přepravy materiálu např. nákladními automobily má pásová doprava vícero výhod například: plynulá doprava, tichý chod, malé odpory, velký dopravní výkon, jednoduchá konstrukce s vysokou spolehlivostí, snížení počtu obsluhy a zmenšení nákladů. Jednou z nevýhod je velké množství rotujících částí a problémy s dopravováním abrazivních nebo lepidlových materiálů. Princip fungování pásových dopravníků spočívá v obíhání pružného pásu, který je napínán a poháněn mechanismem umístěným na koncích dopravníkové trasy [1].

Nejčastější užití pásových dopravníků je v povrchových nebo hlubinných dolech, lomech nebo při těžbě písku.

1 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY

1.1 DĚLENÍ DLE [1]:

1.1.1 TAŽNÉHO ELEMENTU

Dopravník s:

- ocelogumovým pásem
- gumovým pásem nebo pásem z PVC
- pásem z drátěného pletiva
- ocelovým pásem

1.1.2 TVARU DOPRAVNÍKU

Dopravníky:

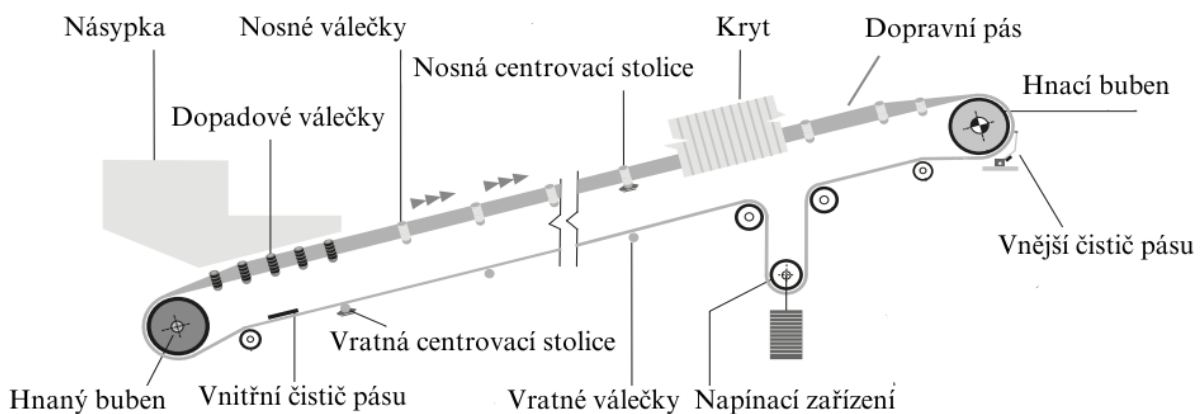
- vodorovné
- šikmé
- konvexní (z šikmého směru přechází na vodorovný)
- konkávní (z vodorovného směru přechází na šikmý)
- kombinovaný (kombinace konkávního a konvexního)

1.1.3 PROVEDENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Dopravníky:

- stabilní (konstrukce pevně spojena se základem)
- pojízdné a přenosné (pro malé dopravní množství a délku)
- přestavitelné (obdoba stabilních, vysoká dopravní rychlost a vzdálenost)

1.2 SCHÉMA PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU



Obr. 1 Schéma pásového dopravníku. Převzato a upraveno z [2].

2 VÝROBCI PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

2.1 GTK TUPESY

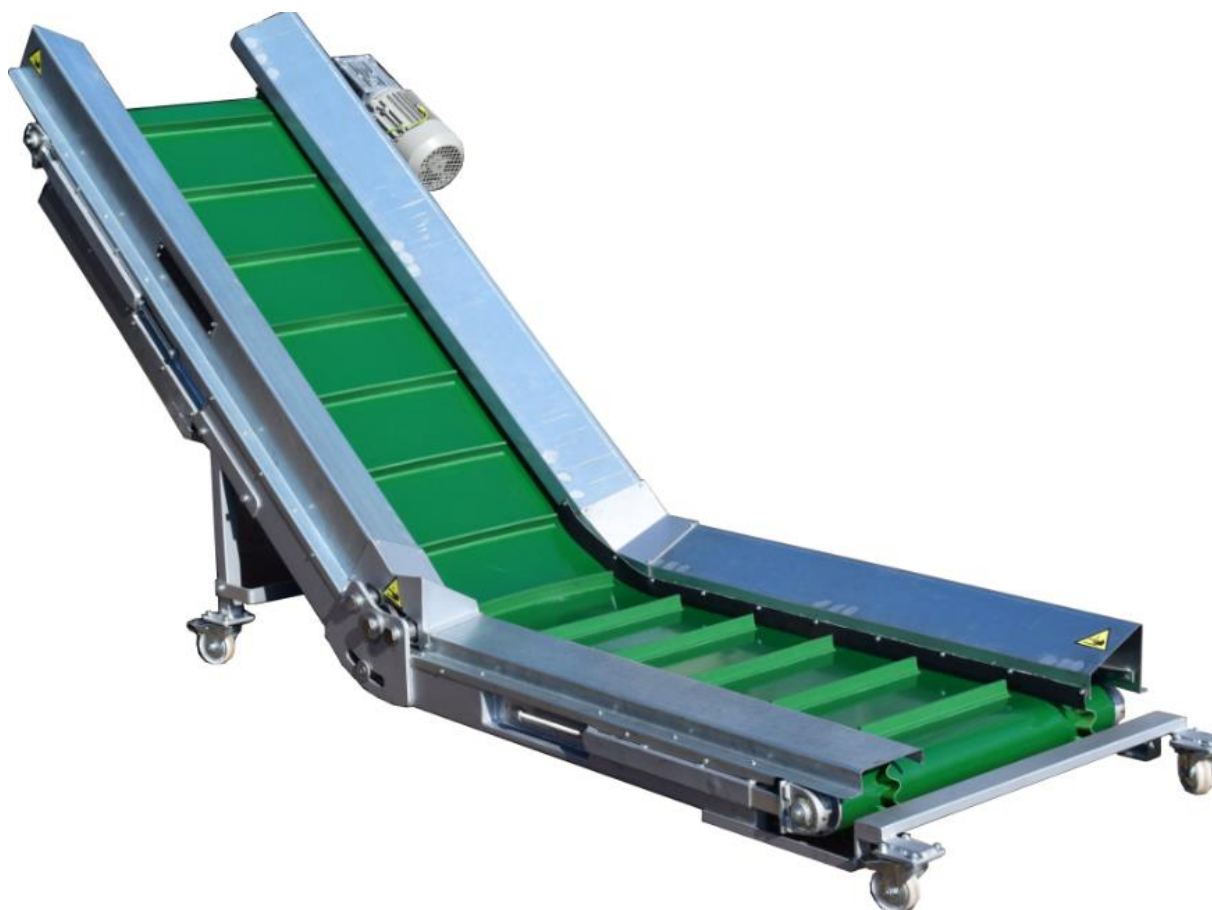
Strojírenská společnost sídlící v obci Tupesy u Uherského hradiště. Tato firma byla založena roku 1991 a nyní zaměstnává okolo 40 zaměstnanců. Jejich výrobním program spočívá ve výrobě pásových dopravníků do dopravovaného objemu 1000 m³/hod. Navržené nosné konstrukce dopravníků jsou staticky kontrolovány. V České republice dodává firma GTK Tupesy výrobky pouze významnějším společnostem. 98 % výrobků je určeno pro export do jiných zemí jako je například Alžírsko, Rakousko, Norsko a Velká Británie. Na obr. 2 můžeme vidět pásové dopravníky dodané do povrchového kamenolomu v Bělehradě [3].



Obr. 2 Povrchový kamenolom. Převzato z [3].

2.2 JVM METAL S.R.O.

JVM Metal sídlící v obci Brdo u Mladé Boleslavi poskytuje služby jako je CNC ohýbání drátů, svařování, válcování závitů a lisování. Lze si zde objednat vícero typů pásových dopravníků. Dopravníky na kusový i sypký materiál, do potravinářského průmyslu, či s detektory kovů. Na obr. 3 je lomený dopravník, další typ pásového dopravníku vyráběný touto firmou [4].



Obr. 3 Lomený dopravník firmy JVM Metal. Převzato z [4].

2.3 VVV Most

Společnost sídlící v Malém Březně poblíž města Most byla založena v roce 1990 a zaměstnává okolo 100 zaměstnanců. Zkratka názvu společnosti skrývá její první aktivity, a to výzkum, vývoj a výrobu dopravních pásů (viz obr. 4). V současné době tato firma nabízí komplexnější služby v oblasti výroby, projekce a údržby pásových dopravníků. Každoročně jsou zde investovány zhruba tři miliony korun do oblasti výzkumu dopravníků a nových měřících přístrojů. V případě zájmu koupi pásového dopravníku, lze na webových stránkách vyplnit dotazník s konkrétní poptávkou, díky kterému poté bude navrženo jeho ideální řešení a cenová nabídka. Tato firma také zasílá náhradní dopravníkové díly [5].



Obr. 4 Pásové dopravníky od firmy VVV Most. Převzato z [5].

2.4 AMG-KAREL PÍCHA

Firma AMG-Karel Pícha sídlí ve Světlé nad Sázavou. V rámci montáže a servisu nabízí údržbu, opravu a úpravu pásových dopravníků či spojování dopravních pásů (za tepla, studena i mechanicky). Tato firma mimo pásové dopravníky nabízí také výrobu mobilních třídíren (viz obr. 5) nebo korečkových dehydrátorů, ty slouží k odloučení vody ze štěrkopísku, nebo jako pračky písku [6].



Obr. 5 Mobilní třídíčka. Převzato z [7].

2.5 DUBA

Firma Duba sídlící v Jihlavě byla založena v roce 1990. Od roku 2006 již tato firma nabízí výrobu pásových dopravníků všech typů a konstrukcí například: obr. 6. Široká nabídka zahrnuje výrobu válečkových tratí, korečkové elevátory nebo paternoster policové elevátory. Dále tato společnost disponuje možnostmi jako je značení laserem, pogumovávání bubnů a násypek a řezání vodním paprskem [8].



Obr. 6 Šikmý pásový dopravník firmy Duba. Převzato z [8].

2.6 STROJÍRNY PODZIMEK

Rodinná firma s více než stoletou tradicí sídlí v Třešti. V nabídce této firmy dominují technologické linky do kamenoprůmyslu skládající se z pásových dopravníků a podavačů pro štěrkovny a pískovny. Mezi další výrobky patří klapky a vrata plavebních komor a jezů a ostatní zařízení pro vodní dopravu a vodohospodářství. Mezi technologické linky vyrobeny touto firmou patří kamenolom Brant v Lubné u Rakovníka viz obr. 7. Slouží k výrobě drceného kameniva a její dopravní výkon je až 170 tun za hodinu [9].



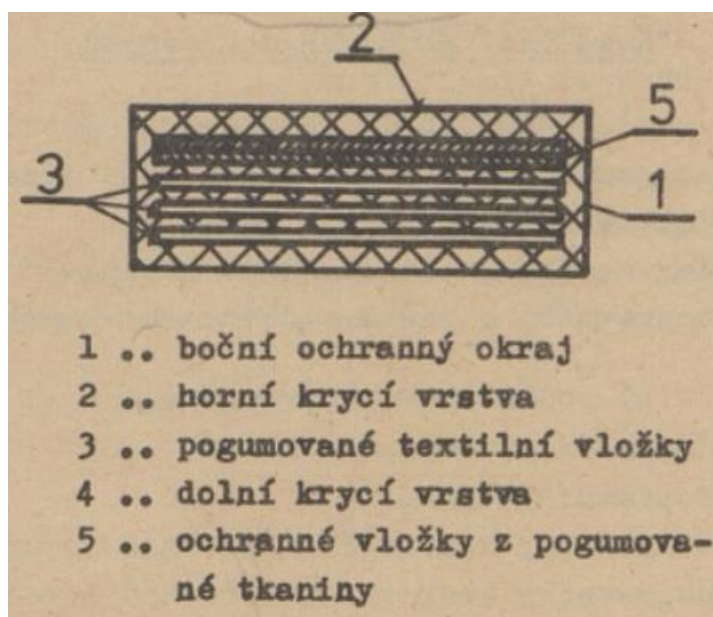
Obr. 7 Technologická linka v Lubné u Rakovníka. Převzato z [10].

3 KOMPONENTY PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

3.1 DOPRAVNÍ PÁS

Dopravní pás je hlavní součástí pásového dopravníku. Tvoří nepřetržitou smyčku, která přenáší všechny vznikající odpory a plní funkci nosného elementu. Na dopravní pás jsou kladeny velmi vysoké kvalitativní nároky. Pás musí mít minimální navlhavost, vysokou životnost a pevnost. Dále musí odolat účinkům střídavého namáhání a opotřebení otěrem.

Pás viz obr. 8 je složen z nosné kostry, kterou tvoří textilní bavlněné vložky, polyamidy, nebo jejich kombinace. Nosná kostra je oboustranně ohraněna gumovými krycími vrstvami a ochrannými vrstvami. Textilní vložky spojují tenké vrstvy z měkké pryže. Úkolem horní krycí vrstvy je chránit nosnou kostru před abrazivním účinkem materiálu a mechanickým poškozením, dolní krycí vrstva poté chrání před abrazivními účinky válečků a bubnů a boční vrstvy proti odírání od bočních vodících lišt. Dohromady krycí vrstvy chrání nosnou kostru před atmosférickými vlivy. Krátké dopravní pásy mohou být dodávány již spojené, ty jsou při výrobě spojovány vulkanizací. Nespojené pásy jsou dodány s dvěma volnými konci a spojeny dodatečně. Jejich spojení může být zajištěno vulkanizací za studena, za tepla či mechanicky svorkami. Mechanické spojení lze využít pouze u méně zatížených dopravníků, protože přenesou maximálně 70 % jeho pevnosti. Šířka pásu je normalizovaná a pohybuje se mezi 400 mm až 2400 mm [1].

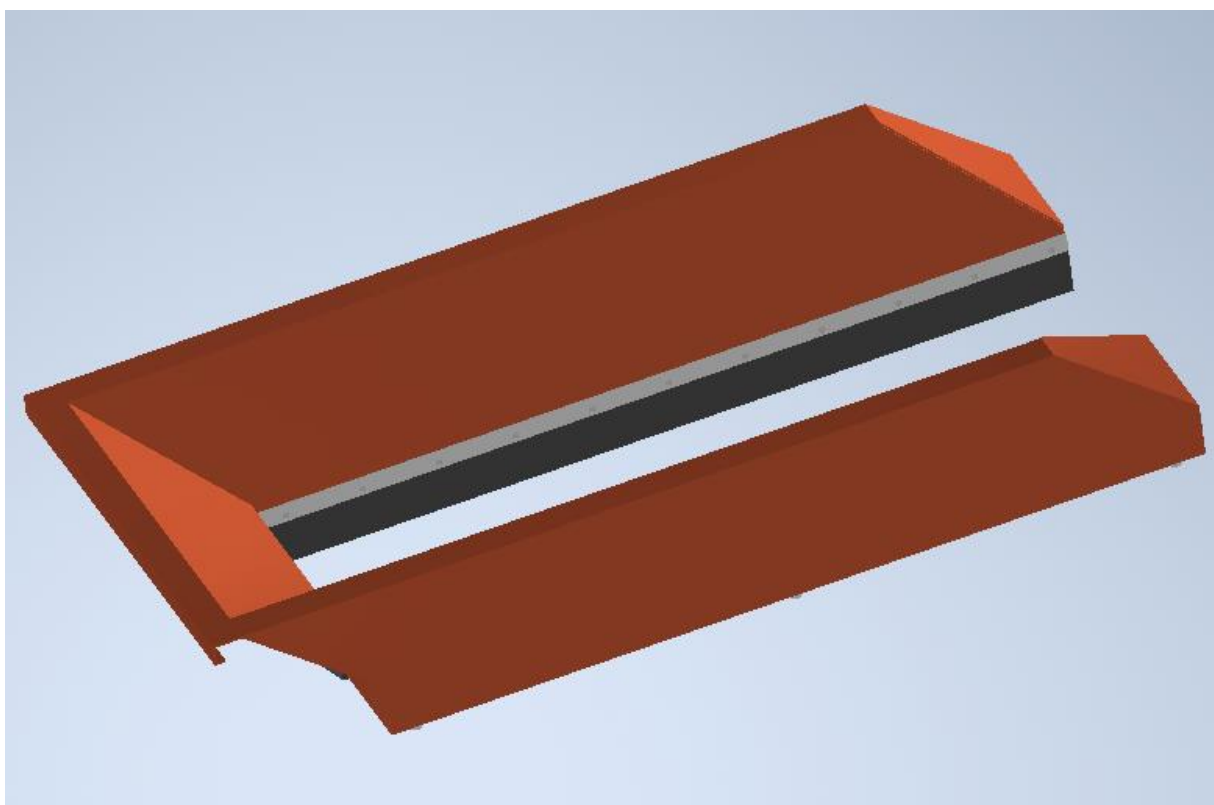


Obr. 8 Konstrukce pásu [1].

3.2 NÁSYPKA

Násypky jsou navrženy ke snadnému nakládání materiálu, mají klínovitý tvar. Usměrní přepravovaný materiál na střed dopravního pásu, pohlcují nárazy zátěže a brání blokaci či poškození pásu. Jsou vyrobeny svařováním ocelových plechů a k dopravníku připevněny pomocí vzpěr nebo šroubů [1].

V konstrukci viz obr. 9 byla použita násypka z ohýbaných plechů o tloušťce 4 mm. Její délka je 1,5 metru. Spojení ke konstrukci pásového dopravníku je řešeno šesti čepy svařenými k rámu dopravníku. Násypka bude připevněna následným zasunutím na tyto čepy. Toto řešení bylo zvoleno na základě možnosti snadné a rychlé demontáže v případě nutnosti.



Obr. 9 Násypka.

3.3 HNACÍ BUBEN

Účelem hnacího bubnu je přenášet kroutící moment vytvořený elektromotorem s co nejnižšími mechanickými ztrátami na dopravní pás. Ten se přenáší pomocí tření mezi pásem a bubnem. Ke zvýšení možného přenášeného momentu můžeme zvětšit úhel opásání bubnu, nebo umístit na povrch bubnu drsnější strukturu, která zvýší koeficient tření mezi pásem a bubnem např. rýhování. Jelikož je mnohem výhodnější, aby byla nosná větev pásového dopravníku tažena a nikoliv tlačena, umístíme hnací buben zpravidla do přepadové části dopravníku.

V konstrukci byl použit z důvodu kompaktnosti elektrobuben od firmy Rulmeca, ve kterém se nachází cykloidní převodovka spolu s elektromotorem přímo v bubnu viz obr. 10. Tyto části jsou chráněné proti vlivům vnějšího prostředí a jsou mazány olejem, který zároveň odvádí teplo. Buben je konstruován pro neustálý i přerušovaný provoz při jmenovitém zatížení [11].

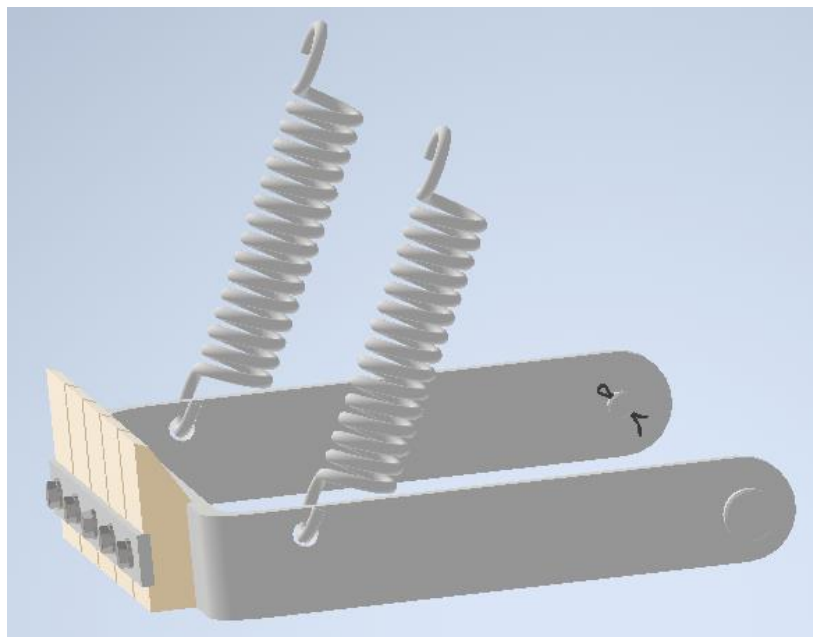


Obr. 10 Řez elektrobubnem Rulmeca. Převzato z [11].

3.4 ČISTÍCÍ ZAŘÍZENÍ

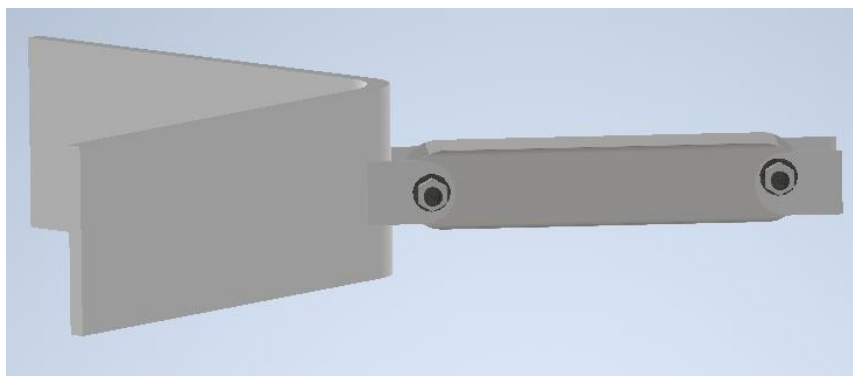
Jelikož se ve vratné větvi pásového dopravníku otírá znečištěná strana dopravního pásu o vratné válečky, hrozí, zejména při dopravě lepkavých a vlhkých materiálů, že bude docházet k přilepování nečistot na válečky. To by mělo za následek zvětšení odporů válečků a rychlejší opotřebení pásu a hnacího bubnu. Z tohoto důvodu se na začátek vratné větve umísťuje čistič pásu, jehož tvar a typ záleží na materiálu a na velikosti dopravníku [1].

V této konstrukci byl zvolen vnější čistič složený ze dvou vinutých pružin, sloužících k vytváření přitlačné síly čističe k pásu. Dále obsahuje pět polyuretanových zubů, které zajišťují otírání nečistot v místě kontaktu s pásem. Zuby jsou k tělu stěrače přišroubovány a při jejich opotřebení je možná jejich jednoduchá výměna. Vnější čistič je k rámu konstrukce připevněn dvěma čepi viz obr. 11.



Obr. 11 vnější pásový stěrač.

Dále byl do konstrukce navržen vnitřní stěrač z důvodu zamezení vniku nečistot na hnací buben. Jeho přitlačná síla na pás je generována vahou tohoto čističe. Připevnění k dopravníku je provedeno rotační vazbou mezi uzavřeným profilem čtvercového průřezu vnitřního stěrače a rámem nosné konstrukce dopravníku viz obr. 12.

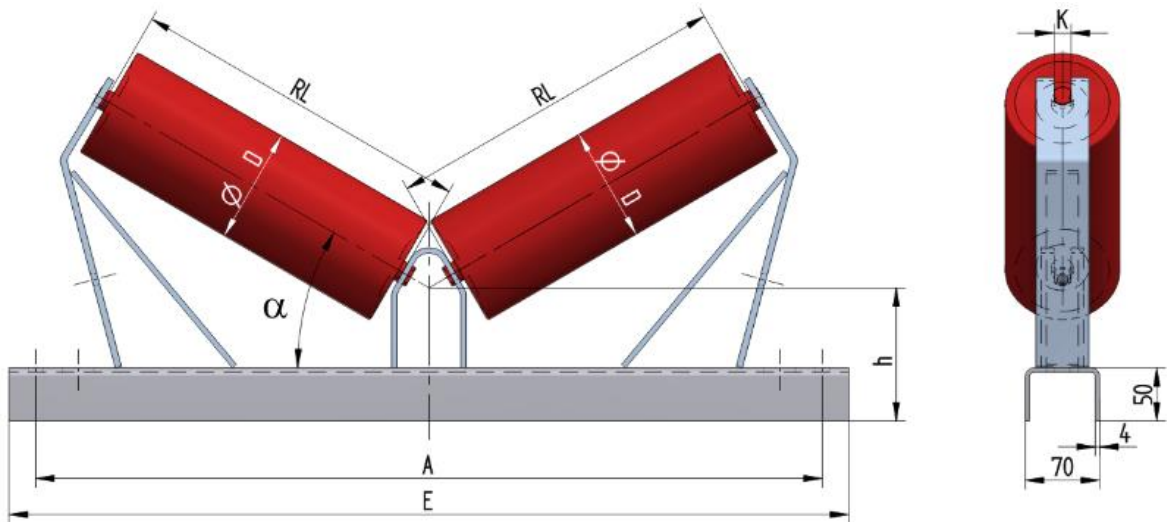


Obr. 12 vnitřní pásový stěrač.

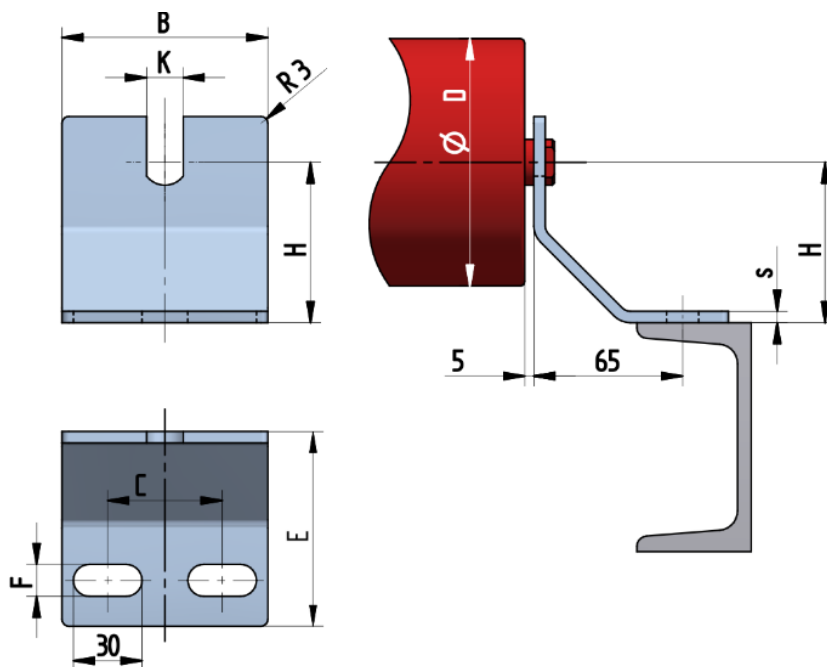
3.5 VÁLEČKOVÉ STOLICE

Válečkové stolice podírají nosnou a vratnou větev pásového dopravníku. Pro nosnou větev se většinou používají víceválečkové stolice, pro vratnou poté jednoválečkové.

V konstrukci jsou použity nosné válečkové stolice od firmy GTK Tupesy. Pro nosnou větev je zvolena dvouválečková stolice se sklonem válečků 20° (viz obr. 13). Ve vratné větvi byl vybrán držák na vratné válečky viz obr. 14 [12].



Obr. 13 Nosná válečková stolice [12].



Obr. 14 Držák na vratný váleček [12].

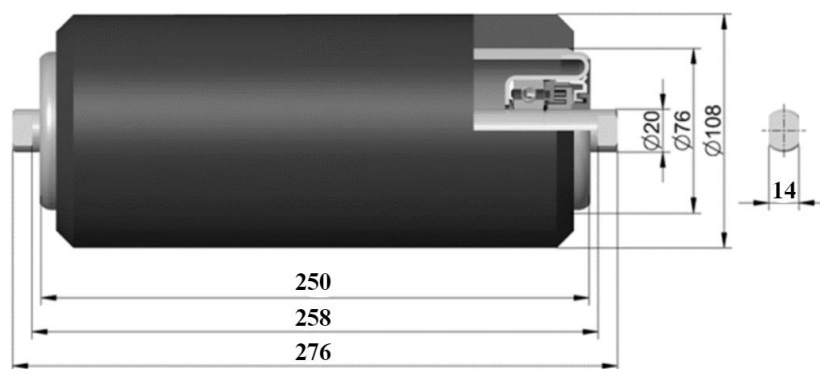
3.6 VÁLEČKY

Válečky u pásového dopravníku slouží k podpírání a vedení dopravního pásu. Umístěny ve válečkové stolici poté určují žádaný ložný průřez. Ideální váleček by měl mít co nejmenší odpor proti otáčení, minimální hmotnost a jednoduchou konstrukci. Válečky jsou zabezpečeny proti vniknutí nečistot a jsou vyvážené. Dělí se na válečky s pevnou osou nebo s čepy ve víku [1].

V konstrukci jsou použity tyto tři typy válečků od firmy Transroll [13].

3.6.1 DOPADOVÉ VÁLEČKY

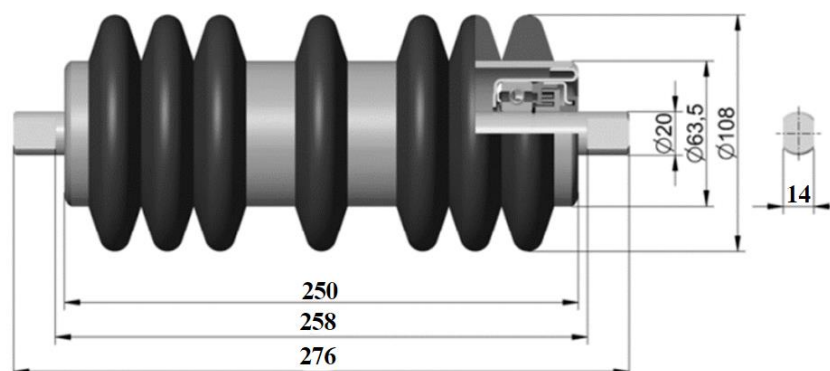
Dopadové válečky jsou umístěny do stolice v oblasti uchycení násypky. Jejich pogumovaná vrstva tlumí nárazy a vibrace dopadajícího materiálu na dopravní pás, což vede ke snížení opotřebování dopravního pásu. Hmotnost rotující části pogumovaného válečku v nosné větvi je 4 kg, další parametry viz obr. 15 [13].



Obr. 15 Dopadový váleček [13].

3.6.2 DISKOVÉ VÁLEČKY

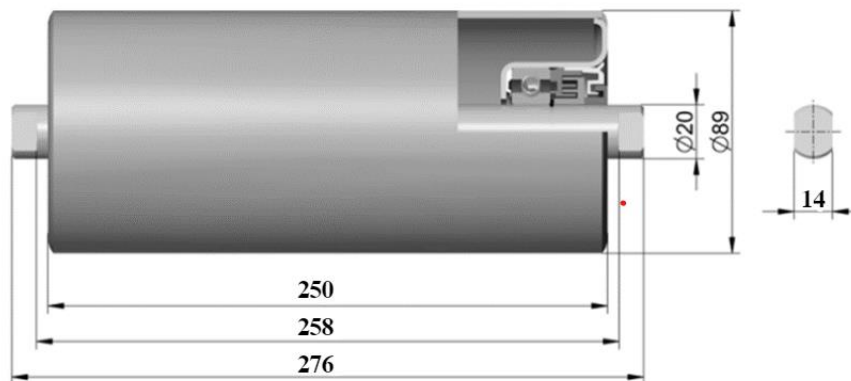
Diskové válečky jsou uloženy v držácích ve vratné větvi dopravníku. Jejich výhodou je malá styková plocha s dopravním pásem. Nečistoty z pásu poté nebudou na těchto válečcích tolik ulpívat. Hmotnost rotující části válečku ve vratné větvi je 4,1 kg, další parametry viz obr. 16 [13].



Obr. 16 Diskový váleček [13].

3.6.3 NOSNÉ VÁLEČKY

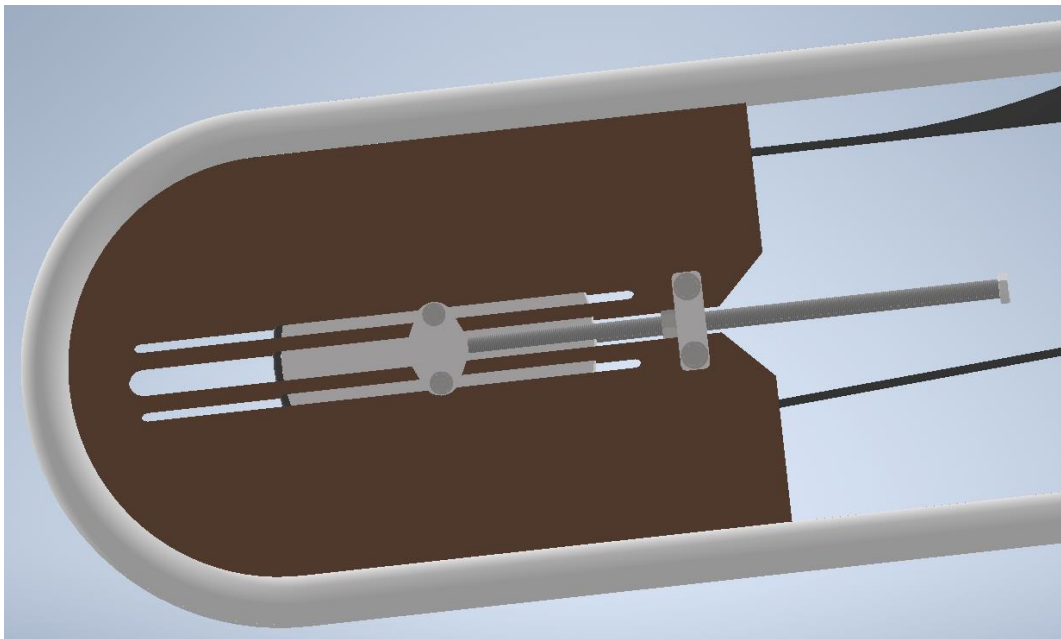
Nosné válečky podírají dopravní pás i s jeho náplní. Jsou umístěny v nosné stolici v nosné větvi dopravníku. Mají vysoké požadavky na minimální odpory a vysokou životnost. Hmotnost rotující části nosného válečku v nosné větvi je 2 kg, další parametry viz obr. 17 [13].



Obr. 17 Nosný váleček [13].

3.7 NAPÍNAČÍ ZAŘÍZENÍ

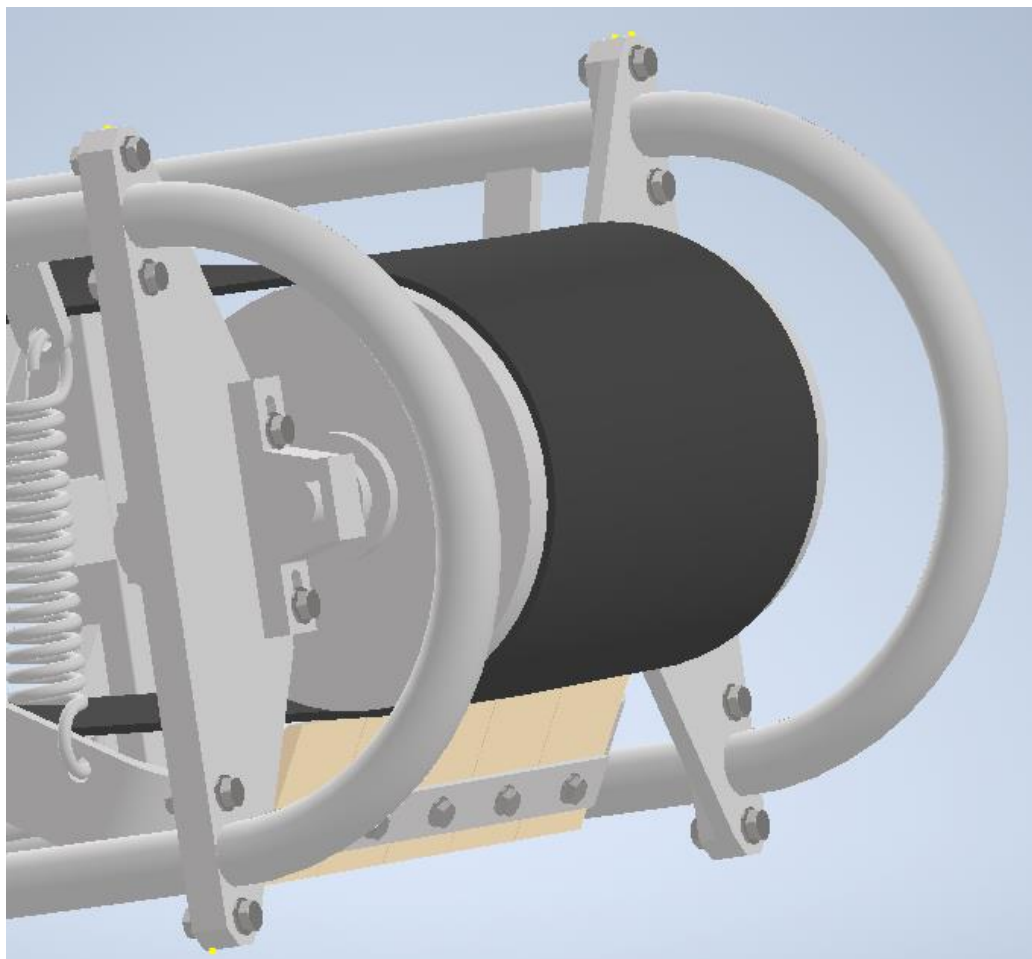
Napínací zařízení viz obr. 18 je nezbytné k zajištění funkčnosti pásového dopravníku. Plech, ve kterém jsou vyfrézovány tři vodící drážky, je po obvodu přivařen k rámu konstrukce. Z každé strany plechu se nachází pouzdro, kterým je provlečena hřídel hnaného bubnu. Pouzdro na vnitřní straně plechu slouží jako matice, jsou v ní udělané závity. Po napnutí pásu ideální napínací silou se pevným dotažením šroubů na těchto pouzdrech nehybně uloží hnaný buben vůči rámu konstrukce. Poté se mohou povolit šrouby na pouzdru, ve kterém je veden napínací šroub, odejmout ho a uschovat. Odnímatelný díl s napínacím šroubem byl navržen kvůli zamezení kontaktu s prachem a usazujícími nečistotami na závitu při provozu dopravníku, jenž by vedlo k možné nefunkčnosti při opakovaném napínání hnaného bubnu.



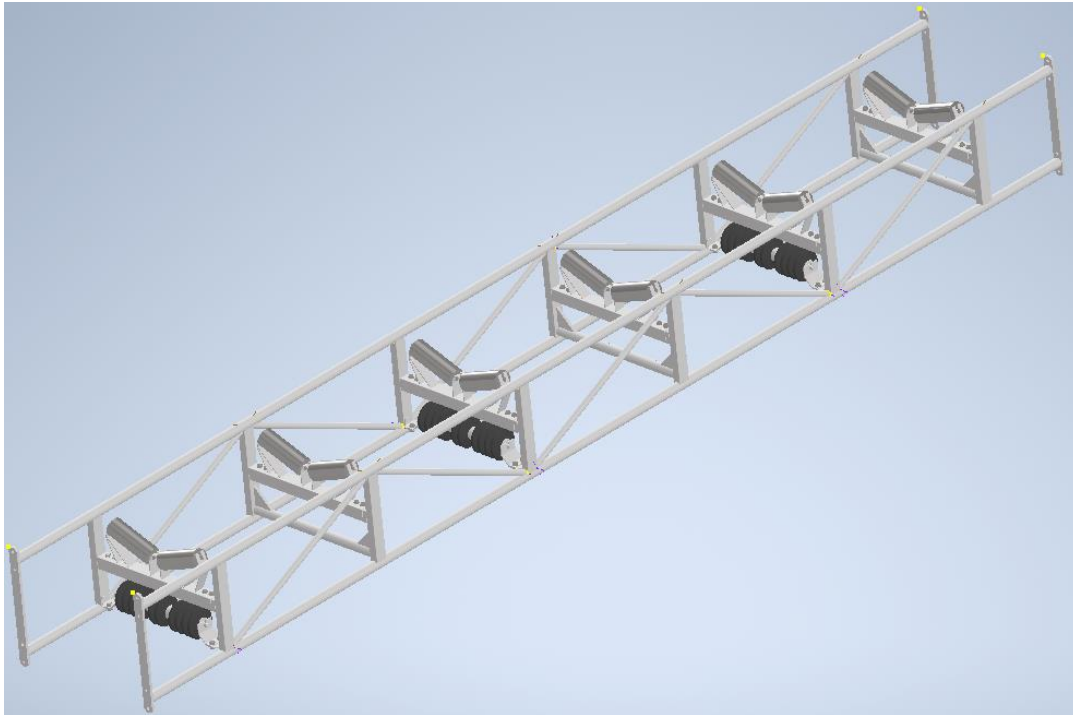
Obr. 18 Napínací zařízení.

3.8 NOSNÁ KONSTRUKCE

Pásový dopravník se skládá ze čtyř šestimetrových segmentů, z nichž jeden obsahuje napínací stanici. Jednotlivé segmenty jsou k sobě sešroubovány pomocí 8 pevnostních šroubů. Hnací buben je ke koncovému segmentu přišroubován viz obr. 19. Za volbou tohoto konstrukčního řešení stojí, že při možné potřebě může být tento dopravník jednoduše o jeden segment zkrácen či prodloužen. Mezi podélnými trubkami jsou s roztečí 1 metr svařeny uzavřené profily čtvercového průřezu. Mezi těmito protilehlými profily je svařen U profil, ke kterému je pomocí 4 šroubových spojů připevněna nosná stolice. Segment je po celé délce zpevněn zavětrováním pomocí trubek viz obr. 20.



Obr. 19 Detail uchycení hnacího bubnu ke koncovému segmentu.

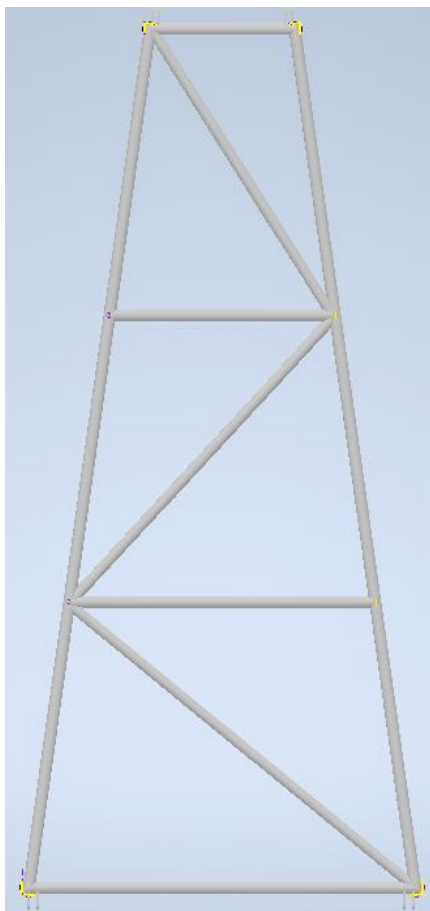


Obr. 20 Konstrukce segmentu dopravníku.

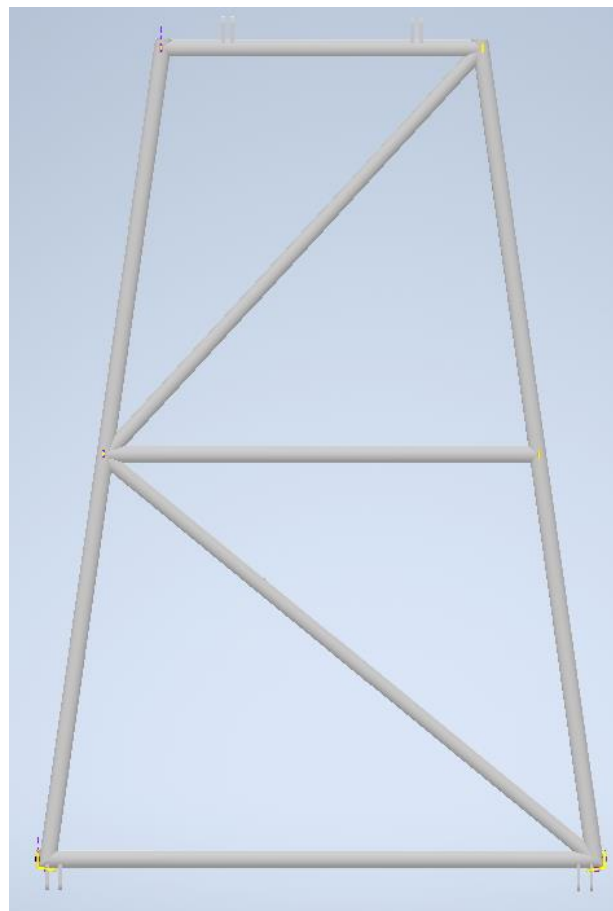
3.9 STOJINY A JEJICH UCHYCENÍ K RÁMU DOPRAVNÍKU

Pásový dopravník podpírají celkem dvě stojiny. Delší stojina je dlouhá 5200 milimetrů viz obr. 21, kratší stojina měří 3500 milimetrů viz obr. 22. Uchycení delší stojiny k rámu konstrukce se nachází 3900 milimetrů od konce posledního segmentu nosné konstrukce. Stojiny mezi sebou svírají úhel 124°. Stojiny se skládají z obvodových a příčných nosných trubek o průměru 70 mm a tloušťce stěny 4 mm. Zavětrování z tenčích trubek slouží ke zpevnění celé konstrukce.

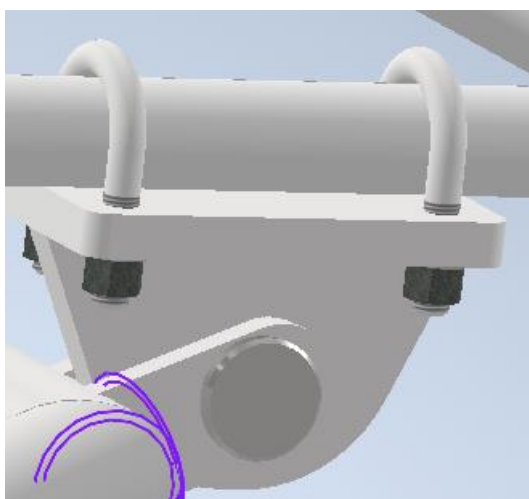
Uchycení k rámu je navrženo tak, aby bylo možné při potřebě operativně zvyšovat nebo snižovat dopravní výšku pásového dopravníku přibližováním nebo oddalováním rozteče mezi patkami uchycujícími stojiny k dopravníku. Patka se poté k rámu přitáhne přes dvě objímky čtyřmi maticemi viz obr. 23. Pro zvýšení bezpečnosti vůči zborcení podélné trubky rámu, byla v prostorech uchycování objímek navařena kulatina.



Obr. 21 Delší stojina.



Obr. 22 Kratší stojina.

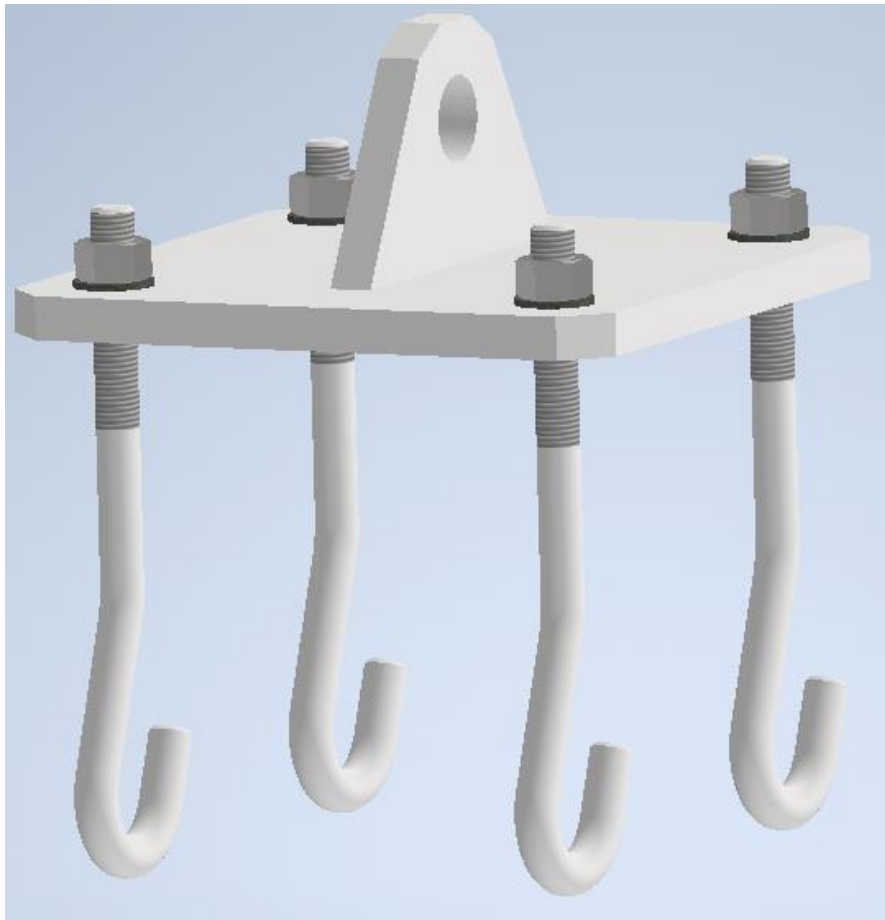


Obr. 23 Uchycení stojiny k rámu.

3.10 KOTVENÍ

K ukotvení pásového dopravníku byla navržena patka se čtyřmi kotvami do mokrého betonu viz obr. 24.

Při výrobě betonového základu se do betonu zalijí kvádry polystyrenu, které se po vyvrání betonu odstraní. Na jejich místě vzniknou kvádrové otvory, ve kterých se nachází ocelové výztuže. Poté se kotva zahákne k výztužím stávajícího betonu. Konce kotvy osazené závitem se vsadí do patky. Matice se uchyty na závit kotvy, aby došlo k dodržení roztečí mezi kotvami. Pod patku se vloží klíny o tloušťce 30 až 50 mm a dojde k zalití kotev čerstvým betonem. Po vyvrání betonu se klíny uvolní a matice se pevně dotáhnou.



Obr. 24 Kotvení do betonu.

4 VÝPOČTOVÁ ČÁST

Výpočtová část se řídí dle normy ČSN ISO 5048 [14].

4.1 ZADANÉ PARAMETRY PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

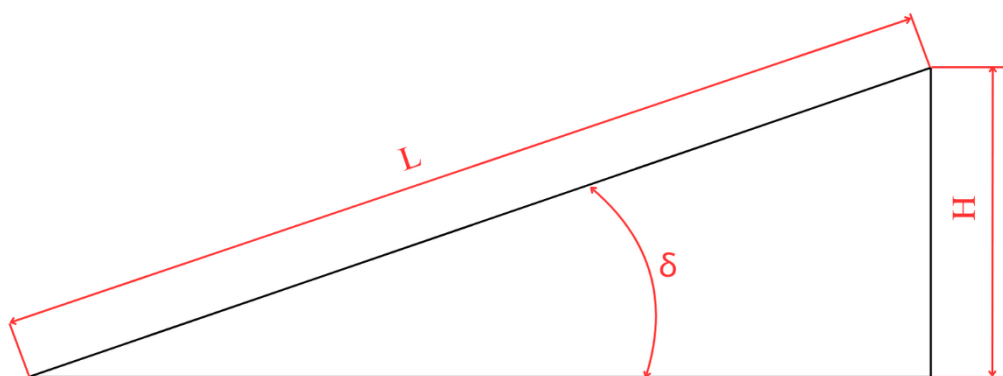
Dopravní výkon: $Q = 52\,000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$

Dopravní osová vzdálenost: $L = 24 \text{ m}$

Výškový rozdíl: $H = 3,2 \text{ m}$

Zrnitost materiálu $1\text{-}4 \text{ mm}$

4.2 ÚHEL SKLONU DOPRAVNÍKU



Obr. 25 Nákres k výpočtu sklonu dopravníku.

Odvození rovnice (1) dle obr. 25.

$$\sin \delta = \frac{H}{L} \quad (1)$$

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

$$\delta = \arcsin\left(\frac{3,2}{24}\right)$$

$$\delta = 7,66^\circ$$

Kde:

- L [m] – dopravní osová vzdálenost
- H [m] – výškový rozdíl
- δ [°] – úhel sklonu dopravníku

Pro zajištění funkčnosti pásového dopravníku je dle [1] maximální úhel sklonu $\delta_{max} = 18^\circ$.

$$\delta_{max} > \delta$$

$$18^\circ > 7,66^\circ$$

Sklon pásového dopravníku vyhovuje.

4.3 VOLBA RYCHLOSTI DOPRAVNÍ PÁSU

Dle [1] str. 148 tab. 8.3 je rychlost pásu pro daný přepravovaný materiál v rozmezí 1,25 až 2,5 m·s⁻¹. Voleno $v = 1,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

4.4 TEORETICKÝ OBSAH PRŮŘEZU NÁPLNĚ PÁSU

$$Q = S_T \cdot \gamma \cdot v \quad (2)$$

$$S_T = \frac{Q}{\gamma \cdot v}$$

$$S_T = \frac{52000}{1800 \cdot 1,25 \cdot 3600}$$

$$S_T = 0,0064 \text{ m}^2$$

Kde:

- γ [kg·m⁻³] – objemová sypná hmotnost dle [1] $\gamma = 1500\text{-}2000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$,
voleno $\gamma = 1800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- v [m·s⁻¹] – rychlost pásu viz 4.3
- Q [kg·h⁻¹] – dopravní výkon viz 4.1
- S_T [m²] – teoretický obsah průřezu náplně pásu

4.5 VOLBA SYPNÉHO ÚHLU

Sypný úhel drceného kamene je dle [1] a podle tab. 8.5 na str. 151: $\rho = 30^\circ$.

4.6 VOLBA ŠÍŘKY PÁSU

Dle [1] str. 149 tab. 8.4 je na základě sypného úhlu a teoretického průřezu náplně na pásu volen pás o šířce $B = 400 \text{ mm}$.

4.7 VÝPOČET VYUŽITELNÉ LOŽNÉ ŠÍŘKY PÁSU

Výpočet dle obr. 26 [14]:

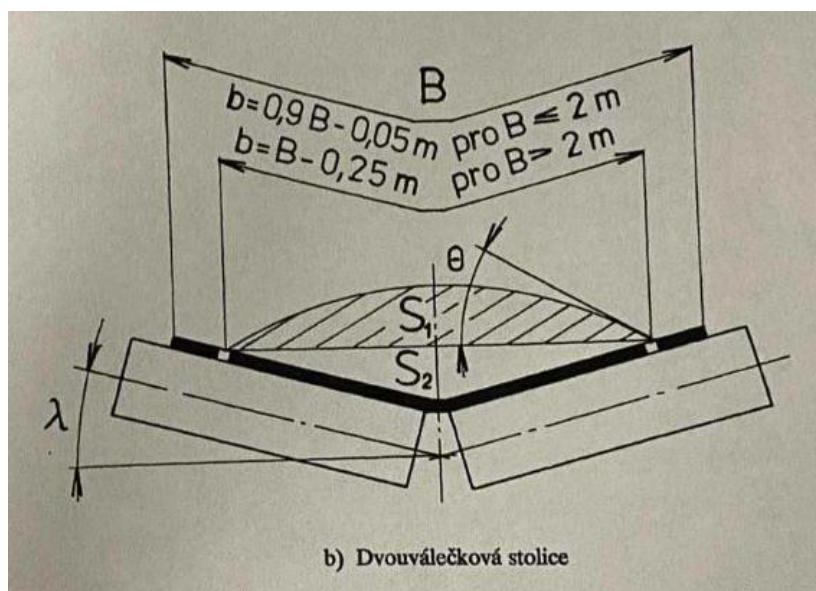
$$b = 0,9 \cdot B - 50 \text{ mm} \quad (3)$$

$$b = 0,9 \cdot 400 - 50$$

$$b = 310 \text{ mm}$$

Kde:

- B [m] – šířka dopravního pásu
- b [m] – využitelná ložná šířka dopravního pásu



Obr. 26 Využitelná ložná šířka pásu

4.8 URČENÍ DYNAMICKÉHO SYPNÉHO ÚHLU

$$\theta = 0,75 \cdot \rho \quad (4)$$

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

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

Kde:

- ρ [°] – sypný úhel drceného kameniva viz kapitola 4.5.

4.9 VÝPOČET PRŮŘEZU NÁPLNĚ NA PÁSU

$$S = S_1 + S_2 \quad (5)$$

$$S = 0,0059 + 0,0077 = 0,136 \text{ m}^2$$

Kde:

- S_1 [m²] – průřez horní části náplně na pásu
- S_2 [m²] – průřez dolní části náplně na pásu

4.9.1 VÝPOČET PLOCHY HORNÍ ČÁSTI NÁPLNĚ S_1

Při předpokladu parabolického tvaru průřezu náplně pásu je obsah náplně vyjádřen vztahem z [1] str. 150.

$$S_1 = \frac{1}{6} \cdot [b \cdot \cos \beta]^2 \cdot \tan \theta \quad (6)$$

$$S_1 = \frac{1}{6} \cdot [0,31 \cdot \cos 20^\circ]^2 \cdot \tan 22,5^\circ$$

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

Kde:

- θ [°] – dynamický sypný úhel
- b [m] – využitelná ložná šířka dopravního pásu
- β [°] – úhel sklonu válečků, voleno 20°

4.9.2 VÝPOČET PLOCHY DOLNÍ ČÁSTI NÁPLNĚ S_2

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

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

$$S_2 = 0,0077 \text{ m}^2$$

Kde:

- b [m] – využitelná ložná šířka dopravního pásu
- β [°] – úhel sklonu válečků, voleno 20°

4.10 URČENÍ SOUČINITELE KOREKCE VRCHLÍKU NÁPLNĚ PÁSU

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 \delta - \cos^2 \theta}{1 - \cos^2 \theta}} \quad (8)$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 7,66^\circ - \cos^2 22,5^\circ}{1 - \cos^2 22,5^\circ}}$$

$$k_1 = 0,937$$

Kde:

- θ [°] – dynamický sypný úhel
- δ [°] – úhel sklonu dopravníku

4.11 URČENÍ SOUČINITELE SKLONU PÁSU

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

$$k = 1 - \frac{0,0059}{0,0136} \cdot (1 - 0,937)$$

$$k = 0,973$$

Kde:

- k_1 [–] – součinitel korekce vrchlíku náplně pásu
- S [m²] Průřez náplně na pásu
- S_1 [m²] Průřez horní části náplně na pásu

4.12 SKUTEČNÁ PLOCHA PRŮŘEZU NÁPLNĚ PÁSU

$$S_k = S \cdot k \quad (10)$$

$$S_k = 0,0136 \cdot 0,973 = 0,0132 \text{ m}^2$$

Kde:

- k [–] – součinitel sklonu pásu
- S [m²] Průřez náplně na pásu

4.13 OBJEMOVÝ DOPRAVNÍ VÝKON

$$I_V = S \cdot k \cdot v \quad (11)$$

$$I_V = 0,0136 \cdot 0,973 \cdot 1,25$$

$$I_V = 0,0165 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde:

- S [m²] – průřez náplně na pásu
- k [–] – součinitel sklonu pásu
- v [m·s⁻¹] – rychlost pásu viz 4.3

4.14 HMOTNOSTNÍ DOPRAVNÍ VÝKON

$$I_m = I_V \cdot \gamma \quad (12)$$

$$I_m = 0,0165 \cdot 1\,800$$

$$I_m = 29,73 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \rightarrow 107\,000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Kde:

- I_V [m³·s⁻¹] – objemový dopravní výkon
- γ [kg·m⁻³] – objemová sypná hmotnost

4.15 POROVNÁNÍ ZADANÉHO A SKUTEČNÉHO DOPRAVNÍHO VÝKONU

$$I_m > Q \quad (13)$$

$$107\,000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} > 52\,000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \rightarrow \text{platí}$$

Navržené parametry pásového dopravníku vyhovují ke splnění zadaných parametrů. Vypočtený dopravní výkon je dvakrát vyšší. Což znamená vhodnou rezervu například v situaci, kdyby došlo k přeplnění materiálu v oblasti násypky, nebo kdyby se dopravoval materiál s mnohem vyšší objemovou sypnou hmotností. Obě tyto situace pokryje toto mírné předdimenzování dopravního výkonu.

4.16 VOLBA DOPRAVNÍKOVÉHO PÁSU

Z katalogu výrobce GUMEX byl vybrán pryžový dopravníkový pás EP 250/2 Y s následujícími parametry [15]. Pás bude spojen vulkanizací.

- Šířka pásu: $B = 400 \text{ mm}$
- Tloušťka pásu: $t_p = 6,5 \text{ mm}$
- Hmotnost pásu: $m_p = 4,2 \text{ kg}\cdot\text{m}$
- Pevnost pásu v tahu: $R_{mp} = 250 \text{ N}\cdot\text{mm}$
- Minimální průměr bubnu: $d_{bmin} = 250 \text{ mm}$
- Obrusivost: 170 mm^3



Obr. 27 Pryžový dopravníkový pás [3].

5 ODPORY PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

5.1 HLAVNÍ ODPORY

$$F_H = f \cdot L \cdot g \cdot [q_{ro} + q_{ru} + (2 \cdot q_b + q_g) \cdot \cos \delta] \quad [N] \quad (14)$$

$$F_H = 0,025 \cdot 24 \cdot 9,81 \cdot [4,67 + 2,05 + (2 \cdot 4,2 + 23,78) \cdot \cos 7,66^\circ]$$

$$F_H = 227,3 \text{ N}$$

Kde:

5.1.1 GLOBÁLNÍ SOUČINITEL TŘENÍ

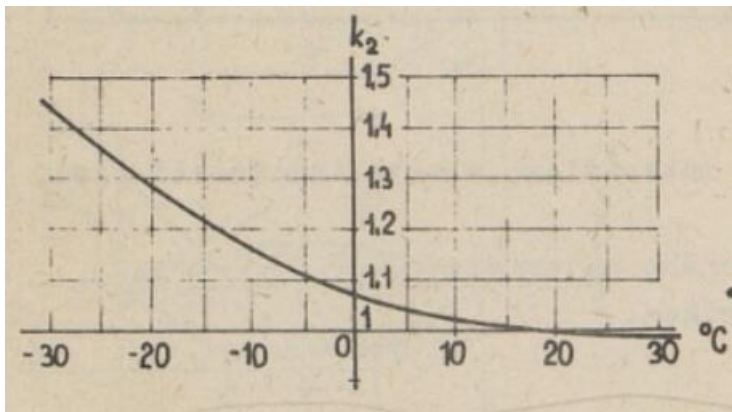
Globální součinitel tření byl vypočítán dle literatury [1], str. 152:

$$f = f_1 \cdot k_2 \quad (15)$$

$$f = 0,025 \cdot 1 = 0,025$$

Kde:

- f_1 [-] – globální součinitel tření při 20 °C, $f_1 = 0,018$ až $0,027$; voleno $0,025$
- k_2 [-] – teplotní součinitel, volen z diagramu viz obr. 28, voleno $k_2 = 1$



Obr. 28 Závislost teplotního součinitele k_2 na teplotě.

5.1.2 TÍHOVÉ ZRYCHLENÍ g

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

5.1.3 HMOTNOST ROTUJÍCÍCH ČÁSTÍ VÁLEČKŮ NOSNÉ VĚTVI NA 1 M DÉLKY DOPRAVNÍKU

$$q_{ro} = \frac{2 \cdot m_{ro} \cdot n_{nv}}{L} + \frac{2 \cdot m_{rd} \cdot n_{dv}}{L} \quad (16)$$

$$q_{ro} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 22}{24} + \frac{2 \cdot 4 \cdot 3}{24}$$

$$q_{ro} = 4,67 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kde:

- m_{ro} [kg] – hmotnost rotující části nosného válečku v nosné větvi
- m_{rd} [kg] – hmotnost rotující části pogumovaného válečku v nosné větvi
- n_{nv} [ks] – počet stolic v nosné větvi; dle konstrukce 22 kusů
- n_{dv} [ks] – počet stolic pro pogumované válečky v nosné větvi, dle konstrukce 3 kusy
- L [m] – délka pásového dopravníku

5.1.4 HMOTNOST ROTUJÍCÍCH ČÁSTÍ VÁLEČKŮ VRATNÉ VĚTVI NA 1 M DÉLKY DOPRAVNÍKU

$$q_{ru} = \frac{1 \cdot m_{ru} \cdot n_{vv}}{L} \quad (17)$$

$$q_{ru} = \frac{1 \cdot 4,1 \cdot 12}{24}$$

$$q_{ru} = 2,05 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kde:

- m_{ru} [kg] – hmotnost rotující části válečku ve vratné větvi
- n_{vv} [ks] – počet stolic v dolní větvi; dle konstrukce 12 kusů
- L [m] – délka pásového dopravníku

5.1.5 HMOTNOST DOPRAVNÍHO PÁSU NA 1 M DÉLKY DOPRAVNÍKU

Z parametrů dopravního pásu viz 4.16 je $q_b = m_p = 4,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$.

5.1.6 HMOTNOST MATERIÁLU NA 1 M DÉLKY DOPRAVNÍKU

$$q_g = \frac{I_m}{v} \quad (18)$$

$$q_g = \frac{29,73}{1,25}$$

$$q_g = 23,78 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kde:

- I_m [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$] – hmotnostní dopravní výkon
- v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] – rychlost pásu viz 4.3

5.2 VEDLEJŠÍ ODPORY

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

$$F_N = 37,125 + 11,57 + 17,55 + 2,5$$

$$F_N = 68,75 \text{ N}$$

Kde:

5.2.1 ODPORY SETRVAČNÝCH SIL V MÍSTĚ NAKLÁDÁNÍ A V OBLASTI URYCHLOVÁNÍ

$$F_{bA} = I_v \cdot \gamma \cdot (v - v_0) \quad (20)$$

$$F_{bA} = 0,0165 \cdot 1800 \cdot (1,25 - 0)$$

$$F_{bA} = 37,125 \text{ N}$$

Kde:

- I_v [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] – objemový dopravní výkon
- γ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] – objemová sypaná hmotnost
- v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] – rychlost pásu
- v_0 [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] – složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu

5.2.2 MINIMÁLNÍ URYCHLOVACÍ DÉLKA

$$l_{bmin} = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_1} \quad (21)$$

$$l_{bmin} = \frac{1,25^2 - 0^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6}$$

$$l_{bmin} = 0,133 \text{ m}$$

Kde:

- μ_1 [–] – součinitel tření mezi materiálem a pásem dle [14]. Voleno $\mu_1 = 0,6$.
- v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] – rychlost pásu viz 4.3
- v_0 [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] – složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu
- g [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] – tíhové zrychlení

5.2.3 ODPOR TŘENÍ MEZI DOPR. HMOTOU A BOČNÍM VEDENÍM V OBLASTI URYCHLOVÁNÍ

$$F_f = \frac{\mu_2 \cdot I_V^2 \cdot \gamma \cdot g \cdot l_{bmin}}{\left(\frac{v-v_0}{2}\right)^2 \cdot (b \cdot \cos \beta)^2} \quad (22)$$

$$F_f = \frac{0,6 \cdot 0,0165^2 \cdot 1800 \cdot 9,81 \cdot 0,133}{\left(\frac{1,25-0}{2}\right)^2 \cdot (0,31 \cdot \cos 20^\circ)^2}$$

$$F_f = 11,57 \text{ N}$$

Kde:

- μ_2 [–] – součinitel tření mezi materiálem a bočním vedením dle [14] voleno 0,6
- I_V [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] – Objemový dopravní výkon
- γ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] – Objemová sypná hmotnost
- g [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] – tíhové zrychlení
- l_{bmin} [m] – minimální urychlovací délka
- v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] – rychlost pásu viz 4.3
- v_0 [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] – složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu
- β [$^\circ$] – úhel sklonu válečků
- b [m] – využitelná ložná šířka pásu

5.2.4 ODPOR OHYBU PÁSU NA BUBNECH

Pro pás s textilními vložkami platí:

$$F_l = 9 \cdot B \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{F}{B}\right) \cdot \frac{t_p}{D_{bv}} \quad (23)$$

$$F_l = 9 \cdot 0,4 \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{4000}{0,4}\right) \cdot \frac{0,0065}{0,320}$$

$$F_l = 17,55 \text{ N}$$

Kde:

- F [N] – průměrný tah v pásu na bubnu, předběžně voleno 4000 N
- B [m] – šířka pásu
- t_p [m] – tloušťka pásu
- D_{bv} [m] – průměr hnaného bubnu

5.2.5 ODPOR V LOŽISKÁCH HANANÉHO BUBNU

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{d_{bv}}{D_{bv}} \cdot F \quad (24)$$

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{0,04}{0,32} \cdot 4\,000$$

$$F_t = 2,5 \text{ N}$$

Kde:

- D_{bv} [m] – průměr hnaného bubnu
- d_{bv} [m] – průměr hřídele hnaného bubnu
- F [N] – průměrný tah v pásu na bubnu, předběžně voleno 4000 N

5.3 PŘÍDAVNÉ HLAVNÍ ODPORY

Jsou nulové, v konstrukci není uvažováno vybočení válečků.

5.4 PŘÍDAVNÉ VEDLEJŠÍ ODPORY

$$F_{S2} = F_{gL} + F_{r1} + F_{r2} + F_a \quad (25)$$

$$F_{S2} = 32,63 + 120 + 24 + 0$$

$$F_{S2} = 176,63 \text{ N}$$

Kde:

5.4.1 ODPOR TŘENÍ MEZI DOPRAVOVANOU HMOTOU A BOČNÍM VEDENÍM

$$F_{gL} = \frac{\mu_2 \cdot I_V \cdot \gamma \cdot g \cdot l}{v^2 \cdot (b \cdot \cos \beta)^2} \quad (26)$$

$$F_{gL} = \frac{0,6 \cdot 0,0165^2 \cdot 1800 \cdot 9,81 \cdot 1,5}{1,25^2 \cdot (0,31 \cdot \cos 20^\circ)^2}$$

$$F_{gL} = 32,63 \text{ N}$$

Kde:

- μ_2 [–] – součinitel tření mezi materiálem a bočním vedením dle [14] voleno 0,6
- I_V [m³ · s⁻¹] – Objemový dopravní výkon
- γ [kg · m⁻³] – Objemová sypná hmotnost
- g [m · s⁻²] – tíhové zrychlení
- l [m] – délka kontaktu mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením
- v [m · s⁻¹] – rychlost pásu viz 4.3
- v_0 [m · s⁻¹] – složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu
- β [°] – úhel sklonu válečků
- b [m] – využitelná ložná šířka pásu

5.4.2 ODPOR VNĚJŠÍHO ČISTIČE PÁSU

$$F_{r1} = B \cdot t_c \cdot p_c \cdot \mu_3 \quad (27)$$

$$F_{r1} = 0,4 \cdot 0,01 \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 0,6$$

$$F_{r1} = 120 \text{ N}$$

Kde:

- p_c [N·m⁻²] – tlak vyvíjený mezi čističem a pásem, voleno dle [14], $p_c=70\,000$ Pa
- t_c [m] – šířka kontaktu mezi čističem a pásem
- B [m] – šířka pásu
- μ_3 [–] – součinitel tření mezi pásem a čističem, dle [14] voleno 0,6

5.4.3 ODPOR VNITŘNÍHO ČISTIČE PÁSU

$$F_{r2} = m_{\check{c}} \cdot g \cdot \mu_3 \quad (28)$$

$$F_{r2} = 3,5 \cdot 9,81 \cdot 0,7$$

$$F_{r2} = 24 \text{ N}$$

Kde:

- μ_3 [–] – součinitel tření mezi pásem a čističem, dle [14] voleno 0,7
- g [m·s⁻²] – tíhové zrychlení
- $m_{\check{c}}$ [kg] – hmotnost vnitřního čističe pásu

5.4.4 ODPOR SHRNOVAČE MATERIÁLU

Konstrukce je řešena bez shrnovače materiálu. Materiál bude přepadávat přes hnací buben, proto $F_a = 0$ N.

5.5 ODPOR K PŘEKONÁNÍ DOPRAVNÍ VÝŠKY

$$F_{ST} = q_g \cdot H \cdot g \quad (29)$$

$$F_{ST} = 23,78 \cdot 3,2 \cdot 9,81$$

$$F_{ST} = 746,5 \text{ N}$$

Kde:

- g [m·s⁻²] – tíhové zrychlení
- H [m] – výškový rozdíl
- q_g [kg·m⁻¹] – hmotnost materiálu na 1 m délky dopravníku

5.6 OBVODOVÁ HNACÍ SÍLA

$$F_U = (F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{ST}) \cdot 1,2 \quad (30)$$

$$F_U = (227,3 + 68,75 + 0 + 176,63 + 746,5) \cdot 1,2$$

$$F_U = 1463 \text{ N}$$

Kde:

- F_H [N] – hlavní odpory
- F_N [N] – vedlejší odpory
- F_{S1} [N] – hlavní přídatné odpory
- F_{S2} [N] – vedlejší přídatné odpory
- F_{ST} [N] – odpor k překonání dopravní výšky

Kvůli možnosti nepřesného výpočtu či náhlého zvýšení síly při přetížení se navyšuje obvodová síla o 20 %.

5.7 PROVOZNÍ VÝKON ELEKTROMOTORU

$$P_{eb} = F_U \cdot v \quad (31)$$

$$P_{eb} = 1463 \cdot 1,25$$

$$P_{eb} = 1828,8 \text{ W}$$

Kde:

- v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] – rychlost pásu viz 4.3
- F_U [N] – obvodová hnací síla

5.8 POTŘEBNÝ PŘÍKON ELEKTROMOTORU

$$P_M = \frac{P_{eb}}{\eta_1} \quad (32)$$

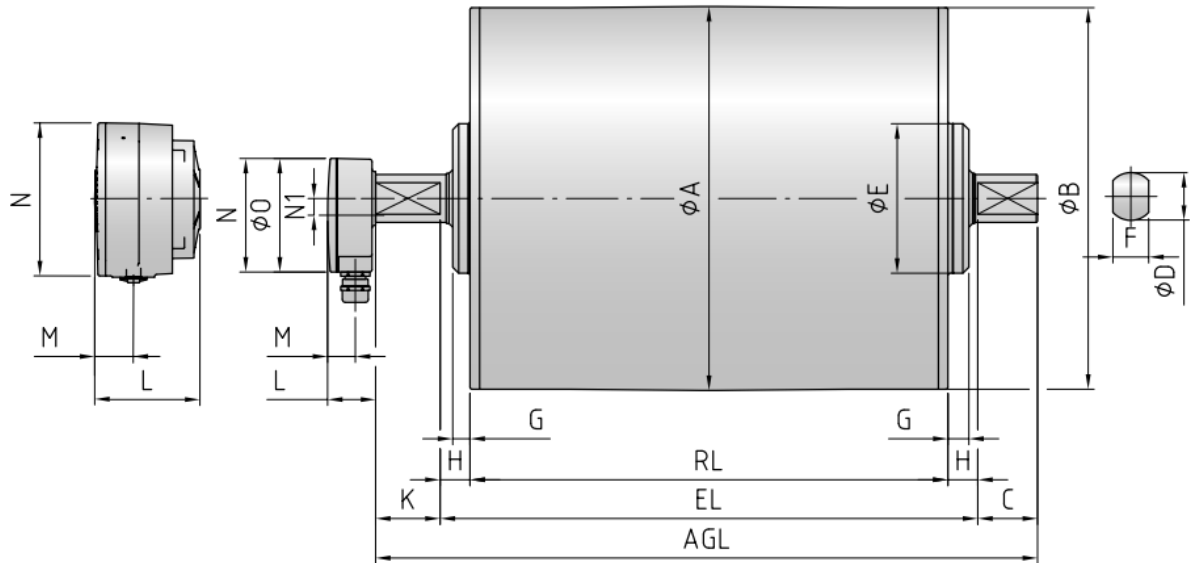
$$P_M = \frac{1828,8}{0,9}$$

$$P_M = 2032 \text{ W}$$

Kde:

- P_{eb} [W] – výkon elektromotoru
- η_1 [–] – účinnost elektromotoru, voleno 0,9

5.9 VOLBA ELEKTROBUBNU



Obr. 29 Elektromotor Rulmeca

Volím elektrobuben 320L od firmy Rulmeca viz obr. 29 s parametry:

- Výkon 2,2 kW
- Točivý moment 265 Nm
- Maximální radiální zatížení 11500 N
- Váha 82 kg
- RL 450 mm, B 320 mm
- Tah v pásu 1651 N

5.10 OTÁČKY HNACÍHO BUBNU

$$n = \frac{v \cdot 60}{\pi \cdot D_b} \quad (33)$$

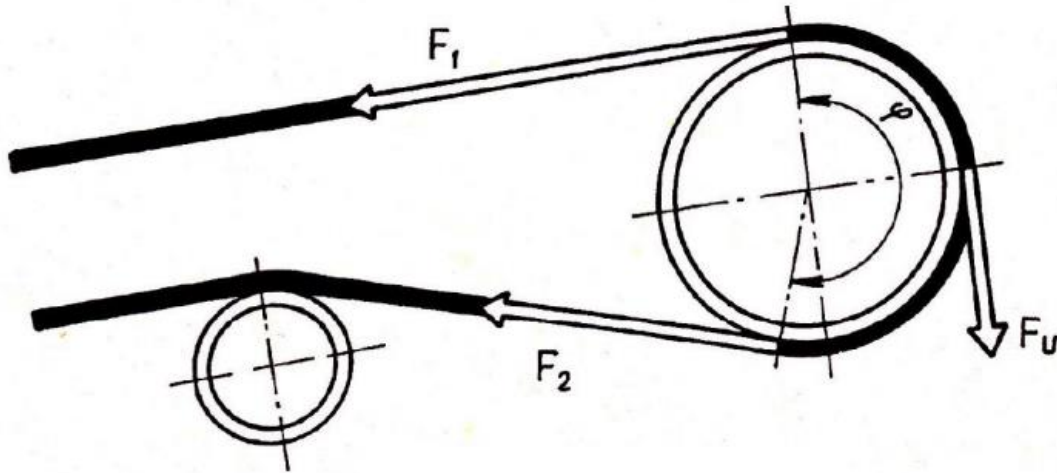
$$n = \frac{1,25 \cdot 60}{\pi \cdot 0,32}$$

$$n = 74,6 \text{ min}^{-1}$$

Kde:

- v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] – rychlost pásu viz 4.3
- D_b [m] – průměr hnacího bubnu

6 SÍLY V PÁSU



Obr. 30 Působící síly v pásu v oblasti bubnu.

6.1.1 MAXIMÁLNÍ OBVODOVÁ HNACÍ SÍLA

$$F_{Umax} = F_U \cdot \xi \quad (34)$$

$$F_{Umax} = 1463 \cdot 1,8$$

$$F_{Umax} = 2633,4 \text{ N}$$

Kde:

- F_U [N] – obvodová hnací síla
- ξ [-] – součinitel rozběhu

6.1.2 PŘENOS TAHOVÉ SÍLY NA POHÁNĚCÍM BUBNU

$$F_{2min} = F_{Umax} \cdot \frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} \quad (35)$$

$$F_{2min} = 2633,4 \cdot \frac{1}{e^{0,4 \cdot \pi} - 1}$$

$$F_{2min} = 1047,67 \text{ N}$$

Kde:

- F_{Umax} [N] – maximální obvodová hnací síla
- μ [-] – součinitel tření mezi bubnem a pásem
- φ [°] – úhel opásání bubnu

6.1.3 OMEZENÍ PODLE PRŮVĚSU PÁSU

a) pro horní větev

$$F_{1min,h} \geq \frac{\frac{n_{nv}+n_{dv}}{L} \cdot (q_b+q_g) \cdot g}{8 \cdot (h/a)_{adm}} \quad (36)$$

$$F_{1minh} \geq \frac{\frac{22+3}{24} \cdot (4,2+23,78) \cdot 9,81}{8 \cdot 0,015}$$

$$F_{1minh} \geq 2382,7 \text{ N}$$

b) pro dolní větev

$$F_{2min,h} \geq \frac{\frac{n_{vv}}{L} \cdot q_b \cdot g}{8 \cdot (h/a)_{adm}} \quad (37)$$

$$F_{2minh} \geq \frac{\frac{12}{24} \cdot 4,2 \cdot 9,81}{8 \cdot 0,015}$$

$$F_{2minh} \geq 171,7 \text{ N}$$

Kde:

- g [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] – tíhové zrychlení
- $(h/a)_{adm}$ [–] – dovolený relativní průvĚs pásu mezi válečkovými stolicemi, dle [14] volen 0,015
- L [m] – délka pásového dopravníku
- q_b [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$] – hmotnost dopravního pásu na 1 m délky dopravníku
- q_g [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$] – hmotnost materiálu na 1 m délky dopravníku
- n_{nv} [ks] – počet stolic v nosné větvi
- n_{dv} [ks] – počet stolic pro pogumované válečky v nosné větvi
- n_{vv} [ks] – počet stolic v dolní větvi

6.1.4 NEJVĚTŠÍ TAHOVÁ SÍLA V PÁSU

$$F_{max} \approx F_1 \approx F_{Umax} \cdot \left(\frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi - 1}} + 1 \right) \quad (38)$$

$$F_{max} = 2633,4 \cdot \left(\frac{1}{e^{0,4 \cdot \pi - 1}} + 1 \right)$$

$$F_{max} = 3681 \text{ N}$$

Kde:

- F_{Umax} [N] – maximální obvodová hnací síla
- μ [–] – součinitel tření mezi bubnem a pásem
- φ [°] – úhel opásání bubnu

6.1.5 KONTROLA PÁSU

$$F_{max} \leq B \cdot R_{mp} \quad (39)$$

$$3681 \leq 400 \cdot 250$$

$$3681 \leq 10000 \text{ N}$$

10000 N \geq 3681 N \rightarrow pás vyhovuje

Kde:

- F_{max} [N] – největší tahová síla v pásu
- B [m] – šířka pásu
- R_{mp} [N·mm] – pevnost pásu v tahu

6.1.6 SÍLA V NOSNÉ VĚTVI

$$F_1 \approx F_{max} \quad (40)$$

$$F_1 = 3681 \text{ N}$$

6.1.7 SÍLA VE VRATNÉ VĚTVI

$$F_2 = F_{2min} \quad (41)$$

$$F_2 = 1047,67 \text{ N}$$

6.1.8 VÝSLEDNÁ SÍLA NAMÁHAJÍCÍ BUBEN

$$F_V = F_1 + F_2 \quad (42)$$

$$F_V = 3681 + 1047,67$$

$$F_V = 4728,67 \text{ N}$$

6.1.9 NAPÍNACÍ SÍLA

$$F_{nap} = 2,1 \cdot (F_2 - q_b \cdot H \cdot g) \quad (43)$$

$$F_{nap} = 2,1 \cdot (1047,67 - 4,2 \cdot 3,2 \cdot 9,81)$$

$$F_{nap} = 1923,2 \text{ N}$$

Kde:

- F_2 [N] – maximální obvodová hnací síla
- g [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] – tíhové zrychlení
- H [m] – výškový rozdíl
- q_b [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$] – hmotnost dopravního pásu na 1 m délky dopravníku

7 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnutí pásového dopravníku pro dopravování kamenné drti frakce 1-4 mm, jehož dopravní výkon je 52 000 kg/h, osová vzdálenost 24 metrů a dopravní výška je 3,2 metru.

V teoretické části této práce bylo blíže popsáno 6 tuzemských firem. Každá z nich má mnohaletou tradici a hraje významnou roli na místním trhu. Dle normy ISO 5048 byla provedena výpočetní část práce. První početní kontrolou bylo ověřeno, že úhel sklonu pásového dopravníku nepřesahuje mezní hodnotu 18° . Po zvolení šířky pásu a určení plochy průřezu náplně na pásu byl určen dopravní výkon dopravníku. Ten je dvojnásobný, než je jeho zadaná hodnota. Kdyby chtěl provozovatel dopravovat jiný typ materiálu, nebo kdyby došlo k přeplnění násypky, tak se díky tomuto předimenzování motor nezastaví. Poslední část výpočtů se věnuje vhodné volbě výkonu pohonu a silám vznikajícím v dopravním pásu.

Rám konstrukce navrženého dopravníku se dělí na 4 segmenty. Jeden segment obsahuje napínací stanici. Konstrukce je navržena tak, že hnací buben je přišroubován ke koncovému segmentu. Dopravník se poté může vložením dalšího segmentu, nebo jeho odnětím prodloužit, či zkrátit. Rám konstrukce podpírají dvě stojiny, navrženy tak, aby se mohla měnit dopravní výška dopravníku a aby nepřekážely v oblasti přepadu materiálu v případě sypání materiálu na hromadu. Stojiny jsou ukotveny pomocí 8 kotev do mokrého betonu.

Součástí práce je výkresová dokumentace sestavy dopravníku, svarku stojiny a patky .

8 CITOVANÁ LITERATURA

- [1] GAJDŮŠEK, Jaroslav a ŠKOPÁN, Miroslav. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. online. Brno: Vysoké učení technické, 1998. Dostupné z: <https://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:44884370-2a3b-11eb-979b-005056827e52>. [cit. 2024-03-02].
- [2] *BELT CONVEYORS*. online. In: Rulmeca. 2024. Dostupné z: https://www.rulmeca.com/en/products_bulk/catalogue/1/belt_conveyors. [cit. 2024-03-13].
- [3] *GTK Tupesy spol. s.r.o. (od roku 1991)*. online. In: GTK Tupesy spol. s r.o. Dostupné z: <https://www.gktupesy.cz/cz/>. [cit. 2024-05-16].
- [4] *JVM Metal s.r.o. dopravníkové systémy a robotizace*. online. In: [Www.jvmmetal.cz](http://www.jvmmetal.cz). Dostupné z: <https://www.jvmmetal.cz/>. [cit. 2024-05-16].
- [5] *INSION.CZ, . VVV MOST spol. s r.o.* online. In: Dopravní pásy, dopravníky, příslušenství a náhradní díly, separace kovů, vývoj a výzkum. Dostupné z: <https://vvvmost.cz/>. [cit. 2024-05-16].
- [6] *AMG-Karel Pícha, s.r.o. - profil firmy*. online. In: AMG-Karel Pícha. Dostupné z: <http://www.amgpicha.cz/>. [cit. 2024-04-16].
- [7] *Mobilní třídirny*. online. In: AMG Karel Pícha s.r.o. Dostupné z: <http://www.amgpicha.cz/mobilni-tridirny/>. [cit. 2024-05-16].
- [8] *S.R.O., Webrex. DUBA Dopravní pásy*. online. In: DUBA Dopravní pásy. Dostupné z: <https://www.duba-dp.cz/nabidka>. [cit. 2024-05-16].
- [9] *STROJÍRNY PODZIMEK Vášnivě a zaujatě*. online. In: Strojirny. Dostupné z: <https://www.strojirny-podzimek.cz>. [cit. 2024-05-16].
- [10] *KAMENOLOM BRANT*. online. In: Strojirny. Dostupné z: <https://www.strojirny-podzimek.cz/kamenolom-brant>. [cit. 2024-05-16].
- [11] *INSION.CZ, . Výrobky a služby kategorie*. online. In: I-TES: Internetový Technicko-Ekonomický Server. Dostupné z: <http://www.i-tes.com/profile/elektrovalce-4237>. [cit. 2024-05-16].
- [12] *THEMEFISHER, . Dopravníkové stolice*. online. In: GTK Tupesy spol. s r.o. Dostupné z: <https://www.gktupesy.cz/cz/stanicky/horni-stolice/pe2-125/>. [cit. 2024-05-16].

-
- [13] GRAWEB S.R.O., grafika a webdesign. *Katalog všech produktů*. online. In: TRANSROLL - CZ, a.s. Dostupné z: <https://www.transroll.cz/katalog-produktu?sid=0f52a912a76667006fe96d63e3bb667e>. [cit. 2024-05-16].
- [14] ČSN ISO 5048. *Zařízení pro plynulou dopravu nákladů. Pásové dopravníky s nosnými válečky*. 03/1994. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [15] *Pryžový dopravníkový pás oděruvzdorný EP 250/2 Y, 2vl, tloušťka 6,5mm, šíře 400mm*. online. In: GUMEX, spol. s r.o. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/ep-2502-y-pryzovy-dopravnikovy-pas-02221040>. [cit. 2024-03-18].

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$(h/a)_{adm}$	[-]	Dovolený relativní průvės pásu mezi válečkovými stolicemi
b	[m]	Využitelná ložná šířka pásu
B	[m]	Šířka pásu
D_b	[m]	Průměr hnacího bubnu
d_{bv}	[m]	Průměr hřídele hnaného bubnu
D_{bv}	[m]	Průměr hnaného bubnu
f	[-]	Globální součinitel tření
F	[N]	Průměrný tah v pásu na bubnu
F_1	[N]	Síla v nosné větvi
f_1	[-]	Globální součinitel tření při 20 °C
$F_{1min, h}$	[N]	Nejmenší tahová síla pro nosnou větev s ohledem na průvės pásu mezi stolicemi
F_2	[N]	Síla ve vratné větvi
F_{2min}	[N]	Přenos tahové síly na poháněcím bubnu
$F_{2min, h}$	[N]	Nejmenší tahová síla pro vratnou větev s ohledem na průvės pásu mezi stolicemi
F_{bA}	[N]	Odpory setrvačných sil v místě urychlování
F_f	[N]	Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování
F_{gL}	[N]	Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením
F_H	[N]	Hlavní odpory
F_1	[N]	Odpor ohybu pásu na bubnech
F_{max}	[N]	Největší tahová síla v pásu
F_N	[N]	Vedlejší odpory
F_{nap}	[N]	Napínací síla
F_{r1}	[N]	Odpor vnějšího čističe pásu
F_{r2}	[N]	Odpor vnitřního čističe pásu
F_{S2}	[N]	Přídavné vedlejší odpory
F_{ST}	[N]	Odpor k překonání dopravní výšky
F_t	[N]	Odpor v ložiskách hnaného bubnu
F_U	[N]	Obvodová hnací síla
F_{Umax}	[N]	Maximální obvodová hnací síla
F_V	[N]	Výsledná síla namáhající buben
g	[m·s ⁻²]	Tíhové zrychlení
H	[m]	Výškový rozdíl
I_m	[kg·h ⁻¹]	Hmotnostní dopravní výkon
I_V	[m ³ ·s ⁻¹]	Objemový dopravní výkon
k	[-]	Součinitel sklonu pásu
k_1	[-]	Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu
k_2	[-]	Teplotní součinitel
l	[m]	Délka kontaktu mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením
L	[m]	Dopravní osová vzdálenost
l_{bmin}	[m]	Minimální urychlovací délka
$m_č$	[kg]	Hmotnost vnitřního čističe pásu

m_{rd}	[kg]	Hmotnost rotující části pogumovaného válečku v nosné větvi
m_{ro}	[kg]	Hmotnost rotující části hladkého válečku v nosné větvi
m_{ru}	[kg]	Hmotnost rotující části válečku ve vratné větvi
n	[min^{-1}]	Otáčky elektrobubnu
n_{dv}	[ks]	Počet stolic pro pogumované válečky v nosné větvi, voleny 3 kusy
n_{nv}	[ks]	Počet stolic v nosné větvi
n_{vv}	[ks]	Počet stolic v dolní větvi
P_{eb}	[W]	Výkon hnacího bubnu
P_M	[W]	Příkon elektromotoru
Q	[$\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$]	Dopravní výkon
q_b	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$]	Hmotnost dopravního pásu na 1 m délky dopravníku
q_g	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$]	Hmotnost materiálu na 1 m délky dopravníku
q_{ro}	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$]	Hmotnost rotujících částí válečků nosné větve na 1 m délky dopravníku
q_{ru}	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$]	Hmotnost rotujících částí válečků vratné větve na 1 m délky dopravníku
R_{mp}	[N·mm]	Pevnost pásu v tahu
S	[m^2]	Průřez náplně na pásu
S_1	[m^2]	Průřez horní části náplně na pásu
S_2	[m^2]	Průřez dolní části náplně na pásu
S_k	[m^2]	Skutečná plocha průřezu náplně pásu
S_T	[m^2]	Teoretický obsah průřezu náplně pásu
t_c	[m]	Šířka kontaktu mezi čističem a pásem
t_p	[m]	Tloušťka pásu
v	[$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	Rychlost pásu
v_0	[$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	Složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu
β	[°]	Úhel sklonu válečků
γ	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Objemová sypná hmotnost
δ	[°]	Úhel sklonu dopravníku
δ_{\max}	[°]	Úhel maximálního sklonu dopravníku
η_1	[-]	Účinnost elektromotoru
θ	[°]	Dynamický sypný úhel
μ	[-]	Součinitel tření mezi bubnem a pásem
μ_1	[-]	Součinitel tření mezi materiálem a pásem
μ_2	[-]	Součinitel tření mezi materiálem a bočním vedením
μ_3	[-]	Součinitel tření mezi pásem a čističem
ξ	[-]	Součinitel rozběhu
ρ	[°]	Sypný úhel
φ	[°]	Úhel opásání bubnu

10 SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace:

Typ výkresu	Název výkresu	Číslo výkresu	List
Výkres sestavy	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK	PD 01/00	1/5
Seznam položek	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK	PD 01/01	2/5
Seznam položek	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK	PD 01/02	3/5
Seznam položek	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK	PD 01/03	4/5
Seznam položek	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK	PD 01/04	5/5
Výkres sestavy	STOJINA 1	PD 02/00	1/1
Výkres sestavy	STOJINA 2	PD 03/00	1/1
Výkres sestavy	PATKA	PD 04/00	1/1