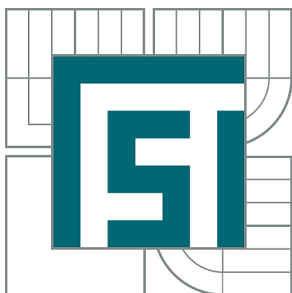


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

POHONY PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

BELT CONVEYORS DRIVES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN KRYŠKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ MALÁŠEK, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Kryška

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

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

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

Pohony pásových dopravníků

v anglickém jazyce:

Belt conveyors drives

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Porovnání řady způsobů konstrukčních řešení a výpočtů pohonů pásových dopravníků, výběr a konstrukční zpracování jednoho z řešení.

Cíle bakalářské práce:

Proved'te:

- rozsáhlý rešeršní rozbor různých možností pohonů pásových dopravníků,
- funkční výpočty a určení hlavních parametrů dopravníku, návrh vybraného netypického pohonu.

Nakreslete:

- sestavný výkres pohonu dopravníku,
- vybrané výkresy nebo schemata dle dohody s vedoucím práce.

Seznam odborné literatury:

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

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 20.11.2014

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce bylo provést analýzu pohonů používaných pro pásové dopravníky. Uvést jejich vlastnosti a vhodnost použití v různých podmínkách. Byl proveden funkční výpočet pásového dopravníku na základě zadaných parametrů a vybrán vhodný pohon. Součástí práce je výkres pneumatického pohonu.

KLÍČOVÁ SLOVA

pásový dopravník, pohon, poháněcí stanice, bubnový motor, pneumatický pohon

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis was to analyse the drives used for belt conveyors and to determine their characteristics and suitability for use in different conditions. Functional calculation of the belt conveyor was made on the basis of the given parameters and a suitable drive was selected. The thesis includes a drawing of the pneumatic drive.

KEYWORDS

belt conveyor, drive, driving head, drum motor, pneumatic motor

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KRYŠKA, M. *Pohony pásových dopravníků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 43 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 29. května 2015

.....

Martin Kryška

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval mému vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za odborné rady a čas, který mi věnoval při tvorbě práce.

OBSAH

Úvod	10
1 Pásové dopravníky.....	11
1.1 Konstrukce pásového dopravníku.....	12
1.1.1 Dopravní pás.....	12
1.1.2 Pohon pásového dopravníku.....	12
1.1.3 Válečky a válečkové stolice	12
1.1.4 Poháněný a napínací buben	13
1.1.5 Napínací zařízení	13
1.1.6 Čističe pásu.....	14
1.2 Rozdělení pásových dopravníků	14
2 Pohony pásových dopravníků.....	16
2.1 Spalovací motor	16
2.2 Elektromotory	18
2.2.1 Asynchronní motor s kotvou nakrátko a s kotvou kroužkovou.....	18
2.2.2 Synchronní motor	21
2.2.3 Stejnoseměrný motor.....	21
2.2.4 Elektrobuben.....	22
2.3 Hydraulický pohon	24
2.3.1 Hydraulické bubnové motory	24
2.3.2 Prvky v hydraulických obvodech	25
2.4 Pneumatický pohon.....	25
2.4.1 Prvky pneumatických obvodů	26
3 Funkční výpočet dopravníku	27
3.1 Zadané parametry	27
3.2 Sklon dopravníku	27
3.3 Volba rychlosti pásu	27
3.4 Teoretický průřez náplně pásu	27
3.5 Volba pásu	27
3.5.1 Šířka pásu	27
3.5.2 Ložná šířka pásu	28
3.6 Dynamický sypný úhel	28
3.7 Kontrola dopravovaného množství	28
3.7.1 Průřez vrchlíku náplně.....	28
3.7.2 Průřez spodní části náplně	28
3.7.3 Celková plocha průřezu náplně	28

3.7.4	Součinitel korekce vrchlíku náplně.....	28
3.7.5	Součinitel sklonu.....	29
3.7.6	Skutečná plocha průřezu náplně	29
3.7.7	Maximální dopravované množství.....	29
3.8	Hnací síla a potřebný výkon.....	29
3.8.1	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 metr horní větve.....	29
3.8.2	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 metr dolní větve.....	30
3.8.3	Hmotnost nákladu na 1 metr pásu.....	30
3.8.4	Hlavní odpory	30
3.8.5	Vedlejší odpory	31
3.8.6	Obvodová síla	32
3.8.7	Skutečná obvodová síla.....	33
3.8.8	Potřebný výkon na poháněcím bubnu	33
3.8.9	Volba hnacího bubnu	33
4	Návrh pohonu.....	34
4.1	Výkon motoru.....	34
4.2	Potřebný krouticí moment motoru	34
4.3	Výstupní otáčky motoru	34
4.4	Výběr motoru	34
4.5	Volba kompresoru	36
4.6	Pneumatický obvod	36
	Závěr	37
	Seznam použitých zkratk a symbolů	40
	Seznam obrázků	42
	Seznam příloh	43

ÚVOD

Pásové dopravníky mají své nezastupitelné místo téměř ve všech odvětvích průmyslu. Využívají se v dolech, elektrárnách, potravinářském a chemickém průmyslu či v zemědělství. Pásové dopravníky tedy pracují v různých prostředích, které na ně kladou určité nároky. Těmi mohou být požadavky na čistotu, bezpečnost, ekonomický provoz, mobilitu nebo univerzálnost. Těmto nárokům musí odpovídat hlavně pohony pásových dopravníků, které jsou nejdůležitější součástí dopravníků a kromě jiného musí zajišťovat stálý chod dopravníku.

Pro pásové dopravníky můžeme použít různé druhy pohonů, které mají své specifické vlastnosti. Volbu vhodného pohonu určují výhody a nevýhody konkrétního motoru a pracovní prostředí. Dalšími určujícími parametry jsou přepravní délka či výška a rychlost dopravy materiálu, tedy dopravní výkon. Tyto parametry pak určí výkon motoru, krouticí moment, výstupní otáčky motoru a to, je-li vhodné použít převodovou skříň, brzdu, spojku a další komponenty.

1 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY

Pásový dopravník je dopravník s tažným elementem, kterým je dopravní pás. Je to zařízení pro přímočarou přepravu materiálu na určitou vzdálenost. Nejčastěji se jedná o přepravu sypkých materiálů jako je suť, těžební materiál, obilí, písek, kamení apod. či kusových materiálů. Pásové dopravníky našly využití prakticky ve všech průmyslových odvětvích a v zemědělství. Typické využití je ve výrobních halách, kde slouží pro přepravu výrobků nebo v povrchových dolech, kde nahradily důlní železnice.

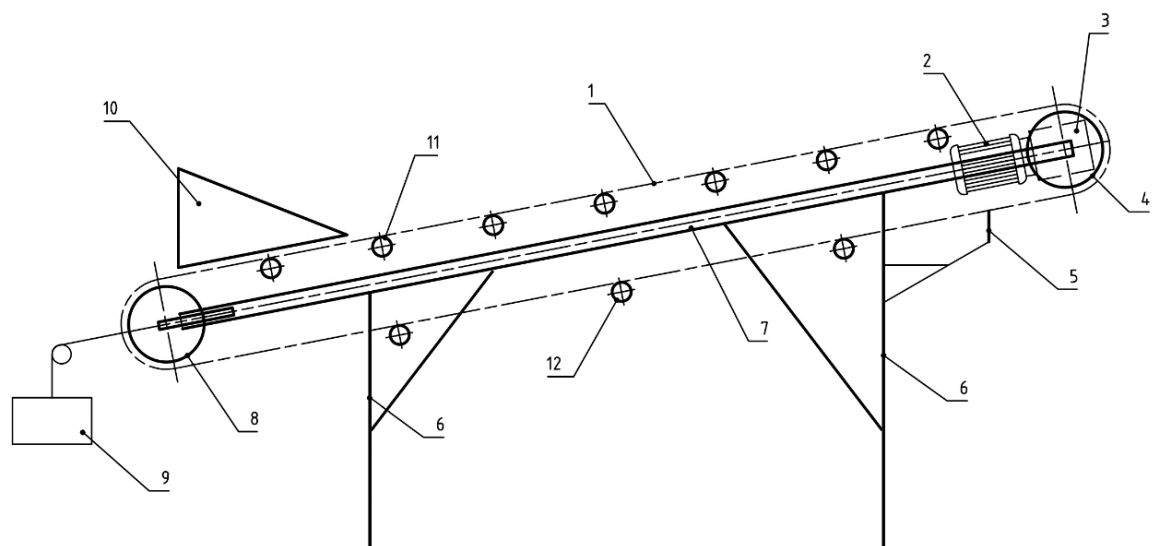
Obrovskou výhodou pásových dopravníků je jejich cena a ekonomický provoz oproti jiným řešením. Dalšími důvody, proč jsou dopravní pásy tak rozšířené, jsou vysoké dopravní výkony a velké dopravní vzdálenosti. Mezi další výhody patří rychlá montáž, jednoduchá údržba, konstrukce a speciální provedení podle požadavků zákazníka. Dále tichý provoz, který umožňuje stálý chod ve výrobních halách s obsluhou. Přestavitelné pásové dopravníky mají ještě další výhody, jako jsou univerzálnost a všestranné použití, přidání či odebrání různých komponentů, změna přepravní vzdálenosti a výšky.



Obr. 1 Pásový dopravník [8]

1.1 KONSTRUKCE PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Základní části pásového dopravníku jsou znázorněny na obr. 1.



- | | |
|----------------------|---|
| 1 – dopravní pás | 7 – rám dopravníku |
| 2 – pohon dopravníku | 8 – vratný napínací buben |
| 3 – převodovka | 9 – napínací zařízení se závažím |
| 4 – poháněný buben | 10 – násypka |
| 5 – čistič pásu | 11 – nosné válečkové stolice a válečky |
| 6 – stojina | 12 – vratné válečkové stolice a válečky |

Obr. 2 Schéma pásového dopravníku

1.1.1 DOPRAVNÍ PÁS

Jednou z nejdůležitějších částí pásového dopravníku je nekonečný dopravní pás. Ten je tažnou a zároveň nosnou částí dopravníku. Můžeme ho rozdělit na nosnou a vratnou větev, ve speciálních případech mohou být obě větve nosné. Pás musí mít vysokou pevnost, životnost, podélnou tuhost a odolnost proti opotřebení otěrem a účinkům střídavého namáhání. Zároveň musí mít co nejnižší hmotnost a navlhavost.

1.1.2 POHON PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Poháněcí stanice zajišťuje pohyb dopravního pásu pomocí tření mezi poháněným bubnem a pásem. Ve většině případů se skládá ze třífázového asynchronního motoru, převodovky a spojky, pro změnu otáček se používají měniče kmitočtu. Podrobněji je pohon pásového dopravníku popsán v kapitole 2.

1.1.3 VÁLEČKY A VÁLEČKOVÉ STOLICE

Válečky mají za funkci podírat a vést pás. Jsou umístěny mezi hnacím a napínacím bubnem a mají menší průměr. Válečky podírají jak nosnou tak vratnou větev. Snahou je, aby válečky měly co nejnižší hmotnost, odpor proti otáčení a zároveň, aby měly jednoduchou konstrukci. Válečky jsou umístěny ve válečkových stolicích, které jsou spojené s rámem dopravníku.

1.1.4 POHÁNĚNÝ A NAPÍNACÍ BUBEN

Každý pásový dopravník se skládá alespoň ze dvou bubnů, které mají většinou stejné rozměry. Jsou to hnací a napínací buben. Poháněný buben zajišťuje pohyb pásu a napínací buben udržuje pás vždy napnutý i při proměnlivém zatížení pásu. Bubny se vyrábí svařováním nebo odléváním nejčastěji z oceli. Kvůli lepšímu vedení pásu jsou bubny rovné s kónickými konci, anebo bombírované. Povrch může být pro lepší tření mezi bubnem a pásem ošetřen lakováním, pogumováním, případně obložen keramickými destičkami. Hnací buben je součástí poháněcí stanice a s motorem bývá spojen přímo nebo spojkou. Hnací a napínací bubny vyrábí firmy Sandvik, Transroll, Interroll a další. U většiny výrobců se dají bubny objednat s domečky s ložisky.



Obr. 3 Hladký buben [9]



Obr. 4 Pogumovaný buben s drážkami [10]

1.1.5 NAPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ

Bez napínacího zařízení by pás pod zatížením nebyl správně napínán. To by vedlo ke zhoršení tření mezi pásem a bubnem a tažná síla by nebyla plně přenášena. To by vedlo k neekonomickému provozu, v extrémních případech i k prokluzu pásu. Proto musí být napínací zařízení nainstalováno na každém pásovém dopravníku.

1.1.6 ČISTIČE PÁSU

Při chodu pásového dopravníku může přepravovaný materiál znečišťovat pás. Při neřešení tohoto problému by se mohla snížit životnost pásu a narušit plynulý chod dopravníku. Proto jsou dopravníky opatřeny čističi pásu na začátku vratné větve. Mezi nejčastější čističe patří gumový stěrač, který je přitlačován k pásu závažím a rotační čistič, který je poháněn klínovým řemenem od hřídele hnaného bubnu.

1.2 ROZDĚLENÍ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Pásové dopravníky můžeme podle nosné konstrukce rozdělit takto:

1. Stabilní pásové dopravníky - tyto dopravníky jsou vyrobené pro konkrétní účel a jsou pevně ukotveny vůči svému okolí. Nosná konstrukce je většinou svařovaná z tyčí o různých profilech.



Obr. 5 Stabilní pásový dopravník [11]

2. Pojízdné a přenosné pásové dopravníky - pojízdné dopravníky jsou oproti stabilním vybaveny pojezdovými koly, tím je možno s pásovým dopravníkem snadno manipulovat. Tyto dopravníky nacházejí uplatnění například ve dřevozpracujícím průmyslu.



Obr. 6 Pojízdný pásový dopravník [12]

3. Přestavitelné pásové dopravníky - nosná konstrukce je tvořena segmenty (např. hliníkové profily), které se dají libovolně spojovat a tím vytvořit rám dopravníku o dopravní vzdálenosti a výšce jakou požadujeme. Na rám můžeme připojovat další konstrukční celky, jako je stanice pohonu, napínací zařízení a další, v případě potřeby můžeme konstrukční celky přidat nebo vyměnit.



Obr. 7 Přestavitelný pásový dopravník [13]

4. Hadicové dopravníky - U těchto dopravníků jsou válečkové stolice i nad pásem a válečky postupně rovnají pás do tvaru hadice. To umožňuje vést partikulární materiál do vysoké dopravní výšky, teoreticky i kolmo vzhůru.



Obr. 8 Hadicový pásový dopravník [14]

2 POHONY PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Pohon je nejdůležitější částí pásového dopravníku. Jeho funkce spočívá v zajištění pohybu pásu, tzn. v zachování funkčnosti dopravníku. Pohon, převodovku a hnací buben označujeme jako poháněcí stanici. Do poháněcí stanice můžeme zařadit i spojky, brzdy a další součásti mezi pohonem a hnacím bubnem, které se na dopravníku mohou vyskytovat.

Při svém provozu musí pohon překonávat statické a dynamické odpory, které vznikají při práci dopravníku. Proto při návrhu pohonu musíme znát všechny síly, které na zařízení působí a také to, jak se tyto síly v zařízení projevují. Pohon musí být dimenzován tak, aby krátkodobě pracoval i při vyšším zatížení, než pro které byl navrhnout a to bez poškození. Pokud by byl ale předimenzován, mělo by to negativní vliv na cenu celé poháněcí stanice.

V naprosté většině případů se jako pohon pásového dopravníku používá trojfázový asynchronní motor s kotvou nakrátko. Tyto elektromotory se používají pro výkony pod 100kW. Pro výkony nad 100kW se nejčastěji používají trojfázové asynchronní motory s kotvou kroužkovou. Asynchronní motor je tedy nejrozšířenější způsob pohonu pásového dopravníku. Existují ale speciální případy, kdy elektromotor použít nemůžeme. Například v prostředí, kde není dostupný přívod elektrického proudu, se používá pro pohon spalovací motor. Častější je případ, kdy nemůžeme použít elektromotor ani spalovací motor z důvodu prostředí s nebezpečím výbuchu. Pro tyto případy se používají rotační pneumatické motory a rotační hydromotory. Všechny druhy pohonů jsou vysvětleny níže.

2.1 SPALOVACÍ MOTOR

Spalovací motor s vnitřním spalováním se často používá pro přenosné nebo pojezdové pásové dopravníky. Velké uplatnění má například v dřevozpracujícím nebo důlním průmyslu. A to proto, že těžební práce mohou probíhat v prostředí, kde není přívod elektrického proudu a bylo by z technického nebo ekonomického hlediska náročné přívod do těchto oblastí uskutečnit.

Zážehové motory můžeme použít při výkonech do 30 kW. Vznětové motory se používají pro větší výkony a jsou ekonomičtější. Konstrukce tohoto druhu motoru nám dovoluje navrhnout a vyrobit motor o jakékoli velikosti. Teoreticky nejsou vznětové motory nijak výkonově omezeny.

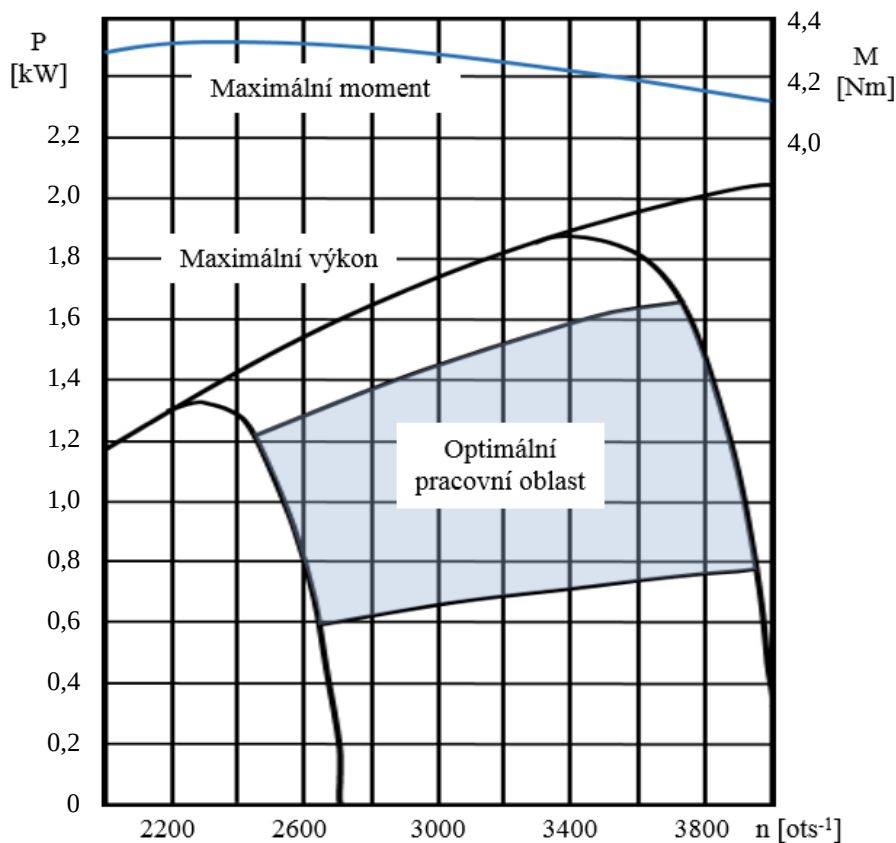
Mobilní pásové dopravníky často vyrábí firmy specializující se v určitém odvětví, vyrábí tak pracovní stroje i pásové dopravníky navržené tak, aby spolu efektivně spolupracovaly. Často využívají jeden společný pohon nebo jsou spojeny v jeden kompaktní stroj. Například italská společnost Balfor, která se specializuje na stroje ve dřevozpracujícím průmyslu, využívá pro své pojezdové dopravníky o maximální dopravní délce 6 metrů motor Subaru Robin o výkonu 2,2 kW.



Obr. 9 Pásový dopravník Balfor [15]



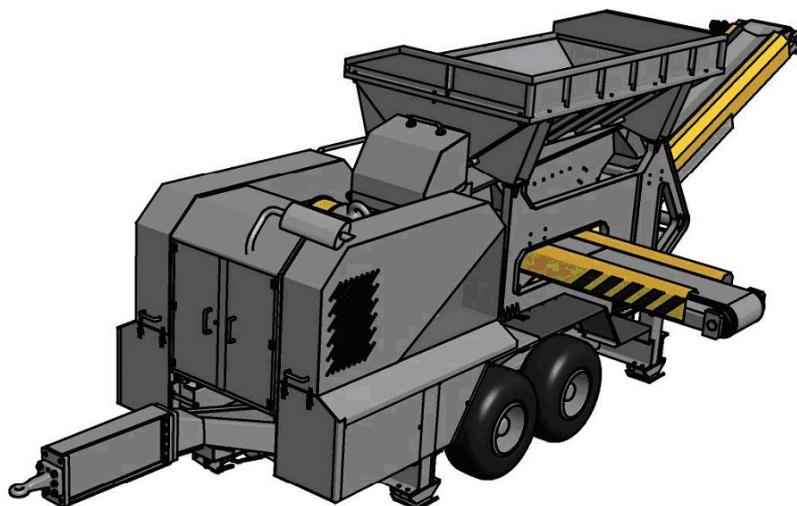
Obr. 10 Motor Subaru Robin [16]



Obr. 11 Charakteristika spalovacího motoru Subaru Robin

Charakteristika spalovacích motorů není příliš výhodná, ale na rozdíl od jiných druhů pohonu mají spalovací motory dobré rozběhové vlastnosti a snadno se regulují. Spalovací motory musíme spouštět bez zatížení a navíc nejsou schopné reverzace, proto jsou téměř vždy vybaveny převodovou skříní, která reverzaci umožňuje.

Příkladem pracovního stroje a pásového dopravníku spojených v jedno zařízení je mobilní drtič od polské firmy Makrusz, který je vybaven dvěma pásovými dopravníky. Drtič je poháněn vznětovým motorem o výkonu 50kW, který pohání hydraulické čerpadla. Ta předávají energii hydraulickým motorům, které pohání dopravníky.



Obr. 12 Mobilní drtič firmy Makrusz [17]

2.2 ELEKTROMOTORY

Nejčastějšími pohony pásových dopravníků jsou točivé elektrické pohony. Je to způsobeno především jejich vysokou účinností a spolehlivostí. Mezi jejich výhody patří velký rozsah otáček, regulace otáček a výkonu, vysoká krátkodobá přetížitelnost, nízká cena a tichý chod. V neposlední řadě je výhodou, že elektrické pohony neprodukují žádné zplodiny. Nevýhodou je, že jsou pro svou práci závislé na přívodu elektrické energie. Největšími výrobci elektromotorů jsou SEW-EURODRIVE, Nord, Siemens nebo Lenze. Většina výrobců vyrábí a dodává i převodové skříně a ostatní příslušenství.

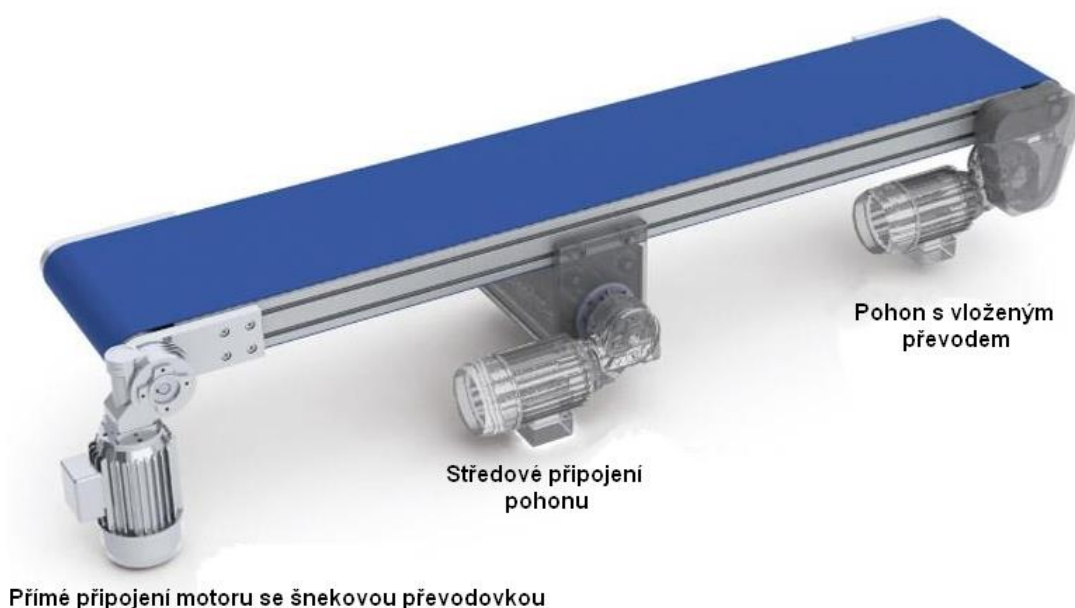
Nejpoužívanější elektrické motory se dají podle své konstrukce a používaného proudu rozdělit na různé typy:

1. asynchronní motor s kotvou nakrátko
2. asynchronní motor s kotvou kroužkovou
3. synchronní motor
4. stejnosměrný motor

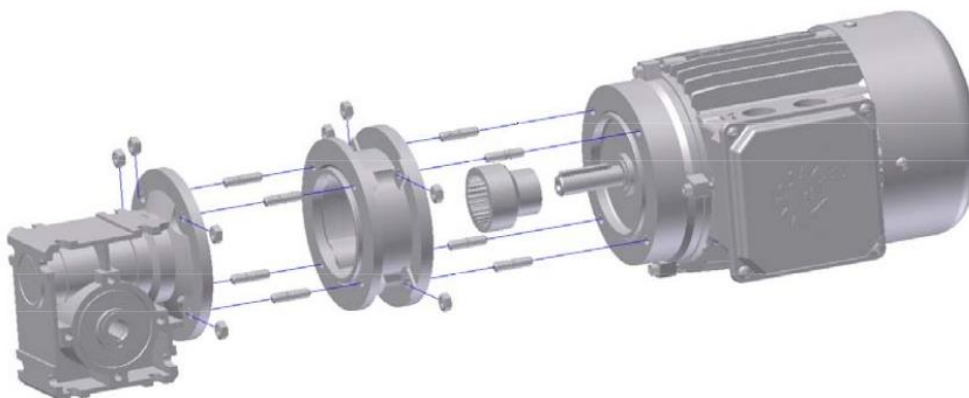
2.2.1 ASYNCHRONNÍ MOTOR S KOTVOU NAKRÁTKO A S KOTVOU KROUŽKOVOU

Asynchronní motor je elektrické zařízení s jednoduchou konstrukcí, které pracuje na principu elektromagnetické indukce. Proto se také nazývá jako indukční motor. Asynchronní motor můžeme rozdělit podle provedení rotoru na motor s kotvou nakrátko, který se používá pro výkony menší než 100kW, nebo na motor s kotvou kroužkovou pro výkony nad 100kW.

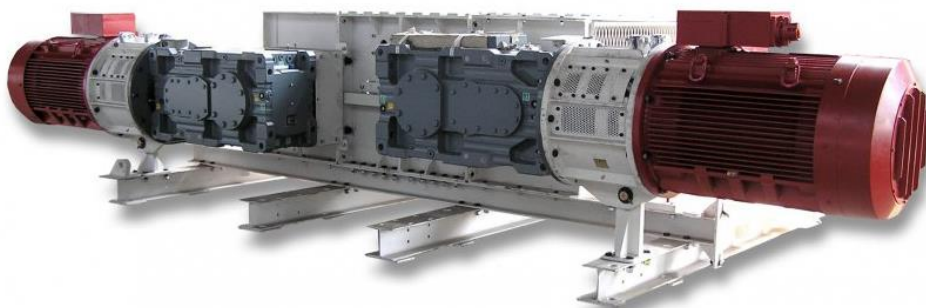
Společnost Haberkorn vyrábí pásové dopravníky o dopravní délce 0,5 – 10 metrů. Využívá jednofázové (1x230V) nebo trojfázové (3x400V) motory o výkonu 0,12-0,37 kW se šnekovou převodovou skříní od společnosti Nord, popřípadě s ozubeným řemenem. Pro větší výkony používají kuželočelní převodovku. Součástí objednávky může být frekvenční měnič, který umožňuje regulaci rychlosti motoru v rozmezí 40 – 150% jmenovité rychlosti při kmitočtu 50Hz. Rychlost pásu tedy můžeme zvolit z rozsahu 0,1 – 1 ms⁻¹.



Obr. 13 Pásový dopravník společnosti Haberkorn [18]



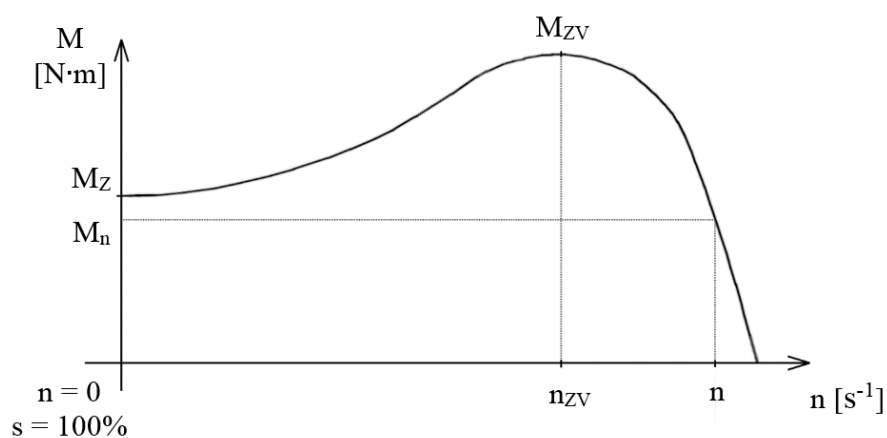
Obr. 14 Asynchronní motor s převodovkou Nord SK 1SI 31 [19]



Obr. 15 Poháněcí stanice důlního pásového dopravníku [20]

Většina pásových dopravníků v důlním průmyslu, které dodává např. firma OSTROJ a.s., také využívá asynchronní motory. Aby se zajistil potřebný dopravní výkon, mohou být pro jeden pásový dopravník použity až 4 motory o výkonech až 1 MW. Pohony jsou vybaveny elektrickou nebo pneumatickou brzdou a musí splňovat požadavky pro práci v prostředí s nebezpečím výbuchu metanu a uhlénoh prachu.

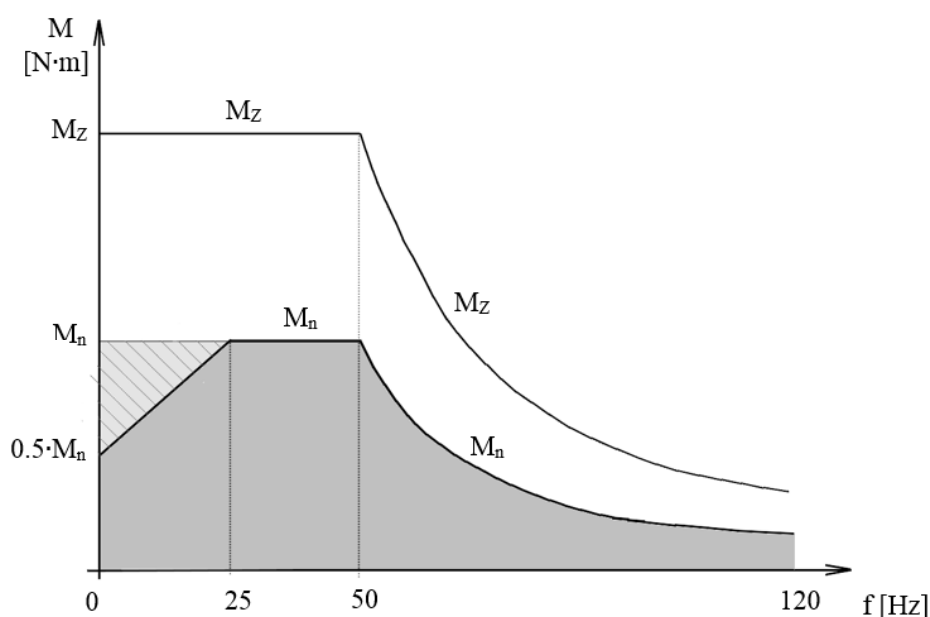
Vlastnosti asynchronních motorů jdou názorně vidět na momentové charakteristice. Základní momentová charakteristika je na obr. 16.



Obr. 16 Momentová charakteristika asynchronního motoru

Z momentové charakteristiky jsou vidět nevýhody asynchronního motoru s přímým připojením na síť. V důsledku malého záběrného momentu a velkého proudového rázu při rozběhu motoru se asynchronní motory spouští jinými způsoby než běžným připojením na síť. Nejčastějšími možnostmi rozběhu asynchronního motoru s kotvou nakrátko jsou spouštění změnou kmitočtu, přepínačem hvězda-trojúhelník, použitím autotransformátoru a změnou rotorového obvodu. V praxi se používá regulace změnou kmitočtu pomocí frekvenčního měniče.

Je to nejmodernějším, avšak drahý způsob. Frekvenční měnič umožňuje plynulý rozběh bez proudových rázů. Momentová charakteristika asynchronního motoru řízeného frekvenčním měničem je na obr. 17.



Obr. 17 Momentová charakteristika AM řízeného frekvenčním měničem

Výrobci např. SEW-EURODRIVE nebo Nord mohou dodat elektromotory i s frekvenčním měničem, softstartery, brzdami, teplotními snímači, snímači otáček a dalšími komponenty.

SEW-EURODRIVE dodává frekvenční měniče MOVITRAC® pro asynchronní motory s výkonovým rozsahem 0,25 až 75 kW vhodné pro kontinuální pohyb i jednoduché polohování.



Obr. 18 Frekvenční měniče společnosti SEW-EURODRIVE [21]

2.2.2 SYNCHRONNÍ MOTOR

Synchronní motor se liší od asynchronního motoru tím, že se rotor otáčí synchronně s otáčkami magnetického pole statoru. U synchronních strojů tedy neexistuje skluz. K výhodám synchronních motorů patří vysoká účinnost, velká momentová přetížitelnost, malý objem a hmotnost. Další výhodou je, že synchronní motory nejsou nijak omezeny z hlediska výkonů a mohou dosahovat až tisíců MW.

Společnost Nord dodává synchronní motory s permanentními magnety jako energeticky úsporné motory s výkonem 1,1 – 7,5 kW. Firma Interroll používá synchronní motory ve svých elektrobubnech. Tyto motory mají větší výkon (0.145 to 0.425 kW) než standardní asynchronní motory (0.040 to 0.330 kW) ve stejné třídě a dokáží vytvořit vyšší točivý moment. Oproti asynchronním motorům mají vyšší účinnost, až 91%, dají se přesně řídit a jsou ekonomičtější.

Řízení synchronních motorů se provádí pomocí frekvenčních měničů. Interroll používá pro své motory frekvenční měnič IFI - IP55. Dalšími příklady mohou být systém MOVIDRIVE® B od SEW-EURODRIVE s výkonem 0,55 kW – 315 kW nebo SK 500E od společnosti Nord.

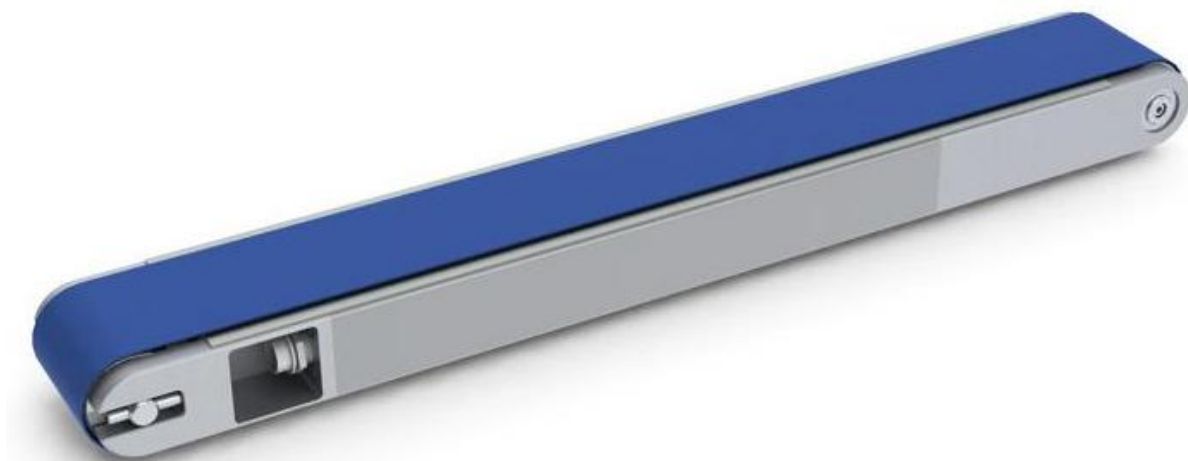


Obr. 19 Frekvenční měnič Interroll IFI - IP55 [22]

2.2.3 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR

Stejnosemné motory byly první elektrické motory, které byly používány pro pohon různých zařízení. V dnešní době je snaha nahradit stejnosměrný motor asynchronními a synchronními motory, přesto se stále najdou aplikace, kde má stejnosměrný motor díky svým vlastnostem nezastupitelné místo, především aplikace s požadavkem na přesnou regulaci. Výhodou stejnosměrných motorů oproti ostatním elektrickým motorům je velmi snadné ovládání a výhodná momentová charakteristika. Nevýhodou je vysoká cena. Řízení stejnosměrných motorů se dnes převážně provádí pomocí polovodičových prvků.

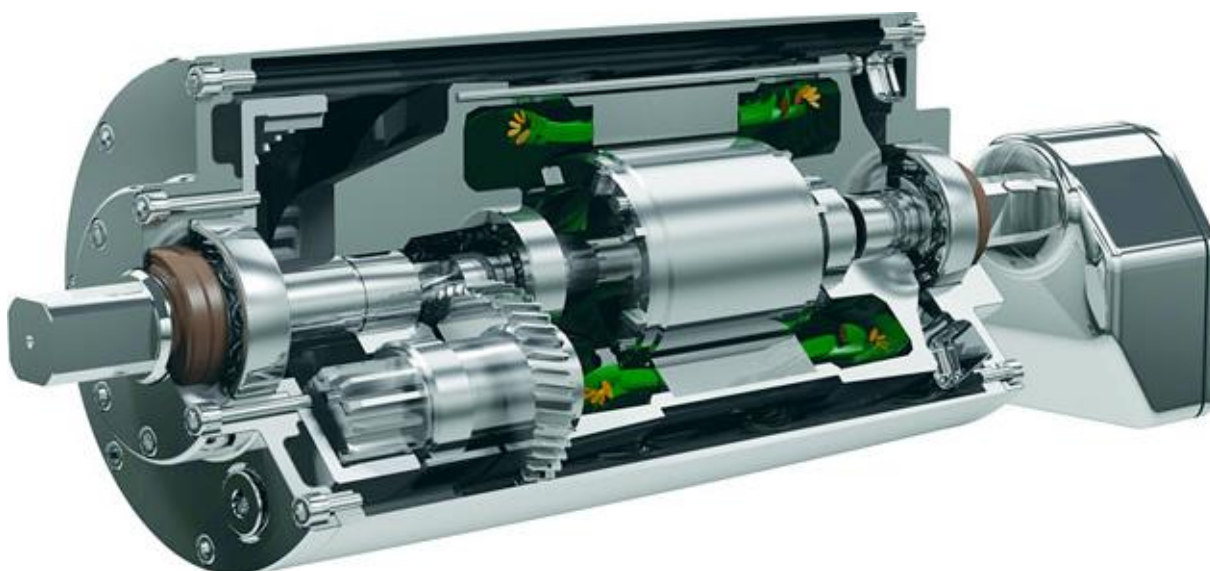
Stejnosemné motory nejsou u pásových dopravníků příliš časté a používají se pro menší dopravní vzdálenosti přibližně do dvou metrů. Společnost Haberkorn vyrábí malé pásové dopravníky, kde je použit stejnosměrný motor se jmenovitým napětím 24 V s planetovou převodovkou. Poháněcí stanice je uložena uvnitř dopravníku. Rychlost pohonu je regulována pomocí frekvenčního měniče a dá se objednat i se zdrojem stejnosměrného napětí. Dopravní délka tohoto dopravníku je 0,37 – 2 metry s maximální šířkou pásu 0,2 metrů a maximálním zatížením 5 kgm⁻¹. Tyto dopravníky jsou vhodné například pro malé kusové materiály, které by svým tvarem nešly přepravovat válečkovou tratí.



Obr. 20 Pásový dopravník Haberkorn MINI 24 V [18]

2.2.4 ELEKTROBUBEN

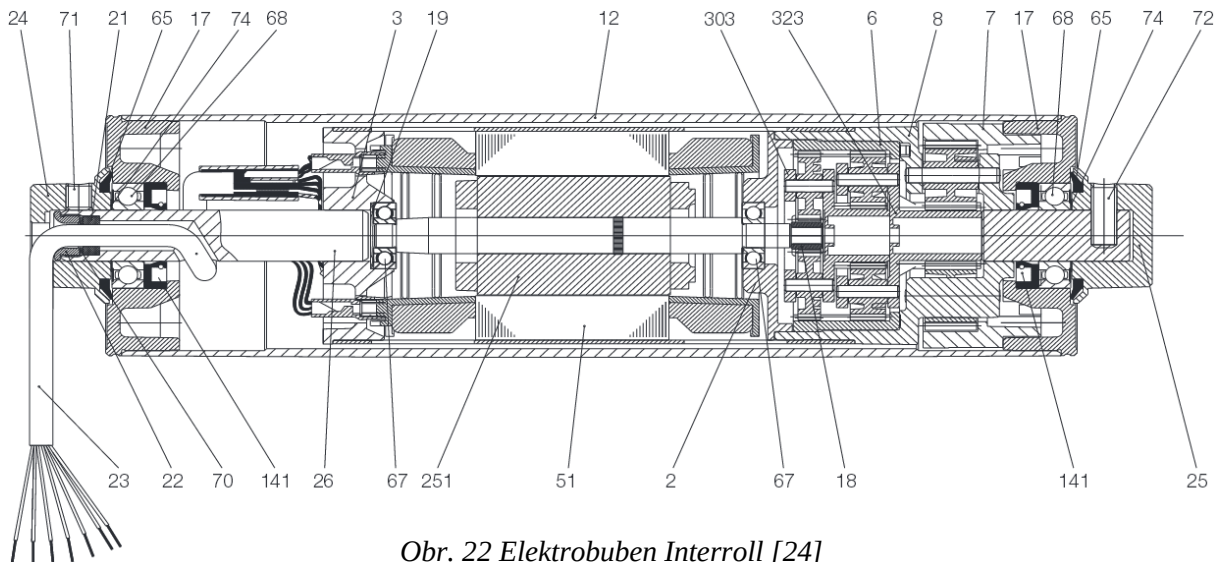
Elektrobubny s asynchronními motory jsou dnes nejpoužívanějšími pohony pásových dopravníků. Jsou to kompaktní hnací jednotky určené speciálně pro pohon pásových dopravníků. Skládají se z ocelového válce se zabudovaným elektromotorem a planetovou převodovkou, která je ponořena v olejové lázni. Elektromotor je asynchronní nebo synchronní. Výhodami tohoto pohonu jsou vysoká životnost a účinnost, snadná údržba, možnost použití v nepříznivých podmínkách jako je prašné prostředí, ale i v prostředí s vysokými požadavky na čistotu. Proto nacházejí široké uplatnění v potravinářském, farmaceutickém nebo chemickém průmyslu.



Obr. 21 Elektrobuben od společnosti Van der Graaf [23]

Nezanedbatelnou výhodou je i úspora prostoru, neboť všechny součásti pohonu jsou zakomponovány uvnitř bubnu a to i s dalším volitelným příslušenstvím jako je brzda, snímač otáček, teplotní ochrana a další. V ose elektrobubnu jsou čepy, díky nimž je elektroválec uchycen v nosné konstrukci pásového dopravníku. Elektrické vedení připojené na svorkovnici motoru je umístěno v duté hřídeli a vyvedeno jedním koncem válce.

Elektrohubny vyrábí firmy Interroll, Van der Graaf, Rulmeca, LAT, Procon a další. Vyrábějí se o průměrech až 1 metr a délky až 1,5 metrů. Dosahují výkonů 0,1 až 250 kilowattů a díky své konstrukci mají vysokou účinnost až 97%. Společnost Van der Graaf vyrábí elektrohubny v nerezovém a vodotěsném provedení s možností použití ve výbušném prostředí se stupněm krytí IP 66.



Obr. 22 Elektrobuben Interroll [24]

2 - Převodový štít, 21 - Gumová průchodka, 68 - Ložisko 6003 2RS, 3 - Štít hřídele,
22 - Tlaková objímka, 70 - Podložka, 6 - Kolo s vnitřním ozubením $z = 60$, 23 - Kabel,
71 - Dorazový šroub M8 x 8 mm, 7 - Kolo s vnitřním ozubením $z = 48$, 24 - Krytka čepu (otevřená), 72
- Dorazový šroub M8 x 20 mm, 8 - Převodovka, 25 - Krytka čepu (zavřená), 74 - Distanční podložka,
12 - Trubka, 26 - Zadní hřídel, 141 - Těsnění oleje, 17 - Viko ložiska, 51 - Stator, 251 - Rotor, 18 -
Pastorek rotoru, 65 - Břítové těsnění, 303 - Převodový stupeň 1, 19 - Pružná podložka, 67 - Ložisko
608 2RS, 323 - Převodový stupeň 2

Elektrobubny malých průměrů nacházejí využití také jako rotační čističe pásu u pásových dopravníků. Kartáč je nasazen na buben a ten je upevněn zespodu dopravníku na začátku vratné větve.



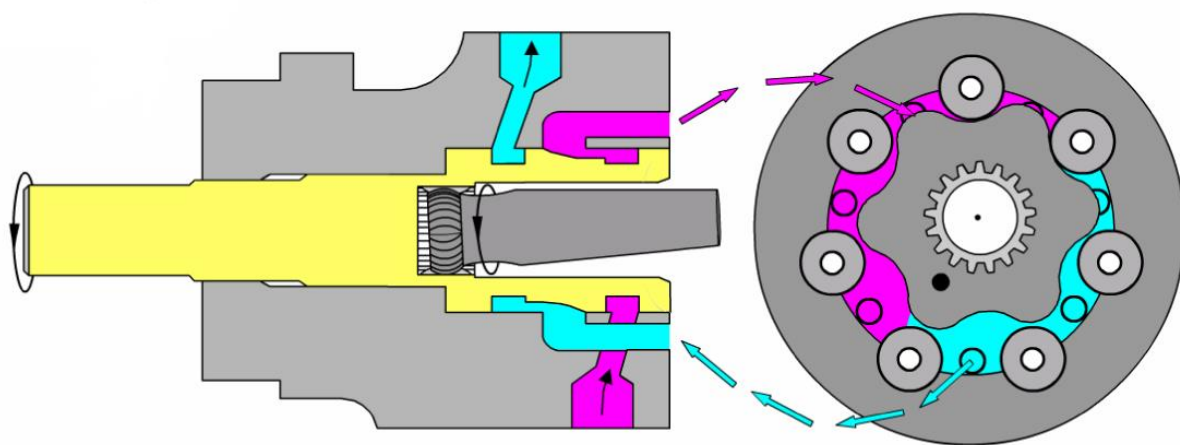
Obr. 23 Rotační čistič poháněný elektrobubnem [25]

2.3 HYDRAULICKÝ POHON

Dalším často používaným pohonem dopravních pásů je hydraulický pohon, který se většinou využívá ve spojení s dalšími stroji, které také využívají hydraulický pohon. Těmito stroji mohou být mobilní zařízení a jako zdroj energie se využívá například spalovací motor.

Hydraulický pohon využívá hydraulickou energii v obvodu složeného z hydrogenerátoru, hydromotoru, hydraulického vedení a dalších hydraulických prvků jako jsou ventily, rozvaděče a další. Mechanická energie se mění na tlakovou nebo kinetickou energii pomocí hydrogenerátoru a pomocí hydromotoru zpět na mechanickou energii, která koná práci. Nositelem energie je většinou olej nebo jiné medium, které musí splňovat určité vlastnosti. Těmi je například nízká stlačitelnost, nehořlavost, nízká objemová roztažitelnost a další.

Pro pásové dopravníky se používají rotační hydraulické motory, zejména zubové motory s vnitřním ozubením. Speciální skupinu tvoří zubové motory s orbitálním pohybem pastorku. Tyto motory vyrábí společnosti Parker, Hydrocom nebo Bosch- Rexroth.



Obr. 24 Řez orbitálním hydromotorem [26]

Hydromotory mají řadu výhod oproti jiným druhům motoru. Ve stejné výkonové třídě mají hydromotory menší rozměry a hmotnost oproti elektromotorům. Mají jednodušší konstrukci, vysokou spolehlivost a nižší pořizovací cenu.

2.3.1 HYDRAULICKÉ BUBNOVÉ MOTORY

Hydraulické bubnové motory vyrábí společnosti Kelley a Tech-Roll. Kromě použitého motoru se jedná o stejnou koncepci, jako mají elektrobubny. Společnost Tech-Roll používá pro malé průměry bubnu motory od Danfoss/Sauer typu OMM. Pro velké průměry bubnu používají hydraulické motory Parker řady TE a TG. Jedná se o zubové orbitální motory s výkonem 0,15 – 30 kW.



Obr. 25 Hydraulický bubnový motor Tech-Roll [27]



Obr. 26 Orbitální hydromotory Tech-Roll [28]

2.3.2 PRVKY V HYDRAULICKÝCH OBVODECH

Pro správné plnění funkce hydraulického obvodu jsou nutné další prvky přítomné v obvodu. Těmito prvky jsou hydrogenerátory, rozvaděče, ventily a proporcionální prvky pro řízení tlaku a průtoku, pojistné ventily řídicí systémy atd. Prvky v obvodu jsou propojeny vedením (např. pryžové hadice) a spojovacími prvky. Důležitou částí obvodů jsou čističe kapalin. Ty zvyšují životnost prvků, protože některé hydraulické prvky jsou náchylné k nečistotám. Prvky volíme podle využívané energie (kinetická nebo tlaková) a podle toho jestli se jedná o otevřený nebo uzavřený obvod.

2.4 PNEUMATICKÝ POHON

Pneumatické převody jsou funkčně podobné hydraulickým převodům. Dříve se používaly při mechanizaci těžebního průmyslu, pro pohon těžebních a dopravních strojů. Díky bezpečnostním požadavkům se v některých dolech využívají pro pohon pásových dopravníků i dnes.

Pneumatické motory využívají pro svou funkci nejčastěji stlačený vzduch (dusík, argon) a využívají pouze tlakovou energii. Mají jednodušší konstrukci a používá se jen otevřených okruhů, proto nemají zpětnou větev a vzduch je po využití vypuštěn. Jako zdroj tlakové energie se nejčastěji používá kompresor. Tlaková energie je poté přeměněna na mechanickou pomocí pneumatického motoru.

Nevýhodou pneumatických pohonů je malá účinnost. Díky malé účinnosti a hlučnosti pneumatických systémů se příliš nepoužívají, ale na rozdíl od spalovacích nebo elektrických pohonů je bezpečné, využít je ve výbušném prostředí. Další výhody jsou, že mají jednoduchou konstrukci, jsou schopné trvale přenášet maximální přetížení, jsou lehce přizpůsobitelné k reverzaci chodu a mohou pracovat i v nepříznivých podmínkách.

Nejčastějším pneumatickým pohonem je zubový a lamelový motor.

Pneumatický pohon je také využíván u zásobníkového vozu určeného pro dopravu betonové směsi od společnosti Filamos s.r.o. Tento vůz má zakomponovaný vynášecí pásový dopravník a je používán v hlubinných dolech. Vůz je vybaven pneumatickým zubovým motorem o výkonu 3,5 kW, který slouží k pojezdu vozu i k pohonu pásového dopravníku.



Obr. 27 Zásobníkový vůz s pásovým dopravníkem FILAMOS s.r.o. [29]

2.4.1 PRVKY PNEUMATICKÝCH OBVODŮ

KOMPRESOR

Kompresor nasává vzduch z okolního prostředí, stlačuje jej a poté ho dopravuje k ostatním prvkům vedením. Mechanická energie se tedy mění na tlakovou a částečně i na tepelnou. Většinou jsou poháněné elektromotorem nebo spalovacím motorem.

VZDUŠNÍK

Vzdušník je tlaková nádoba, která slouží jako zásobník vzduchu přiváděného z kompresoru. Další funkcí je vyrovnávání tlakových rázů v systému. Objem vzdušníku závisí na výkonu kompresoru.

PRVKY PRO ÚPRAVU VZDUCHU

Do této kategorie patří filtry k odstranění nečistot, případně oleje a vysoušeče vzduchu. Ty jsou nezbytné pro správný chod pneumatického mechanismu.

DALŠÍ PRVKY PNEUMATICKÝCH OBVODŮ

Dalšími pneumatickými prvky jsou ventily, řídicí prvky, škrťací ventily, tlumiče výfuků, manometry a další. Specializovanými výrobci pneumatických prvků jsou například firmy Parker, Univer a Mader.

3 FUNKČNÍ VÝPOČET DOPRAVNÍKU

3.1 ZADANÉ PARAMETRY

Dopravní délka: $L = 40 \text{ m}$

Dopravní výkon: $Q = 80000 \text{ kg h}^{-1}$

Dopravní výška: $H = 6 \text{ m}$

Dopravovaný materiál: uhlí

Pracovní prostředí: prostředí s nebezpečím výbuchu

Výpočet je proveden dle normy ČSN ISO 5048.

3.2 SKLON DOPRAVNÍKU

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

$$\delta = \arcsin \frac{H}{L}$$

$$\delta = \arcsin \frac{6}{40}$$

$$\delta = 8,626^\circ$$

3.3 VOLBA RYCHLOSTI PÁSU

Rychlost pásu je zvolena podle literatury [1]: $v = 1,6 \text{ ms}^{-1}$

3.4 TEORETICKÝ PRŮŘEZ NÁPLNĚ PÁSU

$$S_T = \frac{Q}{\rho \cdot v} \quad (2)$$

kde ρ je sypaná hmotnost uhlí zvolená podle literatury [1]: $\rho = 800 \text{ kg m}^{-3}$

$$S_T = \frac{80000}{800 \cdot 1,6 \cdot 3600}$$

$$S_T = 0,0173 \text{ m}^2$$

Pro následující výpočty byla zvolena dvou-válečková korýtková stolice. Sklon bočních válečků se rovná $\lambda = 20^\circ$.

3.5 VOLBA PÁSU

3.5.1 ŠÍŘKA PÁSU

Byl zvolen pryžový pás od firmy Gumex s označením EP500/3.

Šířka pásu $B = 0,5 \text{ m}$,

Hmotnost $m_p = 7,9 \text{ kg m}^{-2}$

Tloušťka pásu $t_p = 9 \text{ mm}$

3.5.2 LOŽNÁ ŠÍŘKA PÁSU

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \quad (3)$$

$$b = 0,9 \cdot 0,5 - 0,05$$

$$b = 0,4m$$

3.6 DYNAMICKÝ SYPNÝ ÚHEL

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

kde α je statický sypný úhel a pro uhlí má hodnotu $\alpha = 20^\circ$.

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

$$\theta = 15^\circ$$

3.7 KONTROLA DOPRAVOVANÉHO MNOŽSTVÍ**3.7.1 PRŮŘEZ VRCHLÍKU NÁPLNĚ**

$$S_1 = (b \cdot \cos \lambda)^2 \cdot \frac{\operatorname{tg} \theta}{6} \quad (5)$$

$$S_1 = (0,4 \cdot \cos 20)^2 \cdot \frac{\operatorname{tg} 15}{6}$$

$$S_1 = 0,0063m^2$$

3.7.2 PRŮŘEZ SPODNÍ ČÁSTI NÁPLNĚ

$$S_2 = \left(\frac{b}{2} \cdot \sin \lambda\right) \cdot \left(\frac{b}{2} \cdot \cos \lambda\right) \quad (6)$$

$$S_2 = \left(\frac{0,4}{2} \cdot \sin 20\right) \cdot \left(\frac{0,4}{2} \cdot \cos 20\right)$$

$$S_2 = 0,0129m^2$$

3.7.3 CELKOVÁ PLOCHA PRŮŘEZU NÁPLNĚ

$$S = S_1 + S_2 \quad (7)$$

$$S = 0,00765 + 0,0129$$

$$S = 0,0192m^2$$

3.7.4 SOUČINITEL KOREKCE VRCHLÍKU NÁPLNĚ

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

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 8,626 - \cos^2 15}{1 - \cos^2 15}}$$

$$k_1 = 0,815$$

3.7.5 SOUČINITEL SKLONU

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

$$k = 1 - \frac{0,0063}{0,0192} \cdot (1 - 0,815)$$

$$k = 0,939$$

3.7.6 SKUTEČNÁ PLOCHA PRŮŘEZU NÁPLNĚ

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

$$S_k = 0,0192 \cdot 0,939$$

$$S_k = 0,018 m^2 > S_T$$

3.7.7 MAXIMÁLNÍ DOPRAVOVANÉ MNOŽSTVÍ

$$I_m = S_k \cdot v \cdot \rho \quad (11)$$

$$I_m = 0,018 \cdot 1,7 \cdot 800 \cdot 3600$$

$$I_m = 83102 kg h^{-1} > Q$$

3.8 HNACÍ SÍLA A POTŘEBNÝ VÝKON

3.8.1 HMOTNOST ROTUJÍCÍCH ČÁSTÍ VÁLEČKŮ NA 1 METR HORNÍ VĚTVĚ

Byly zvoleny válečky od firmy Transroll s parametry:

Tab. 1 Nosné válečky [30]

Pro typ stolice a šířku pásu			Název – rozměr: Vál. hl. 63×L/6204	Rozměry [mm]		Hmotnost [kg]	
				L1	L2	rot. dílů	celková
		400	63×160 / 6204	168	186	1,0	1,6
		500	63×200 / 6204	208	226	1,2	1,9
	400	650	63×250 / 6204	258	276	1,4	2,2
	500		63×315 / 6204	323	341	1,7	2,7
	650		63×380 / 6204	388	406	2,0	3,1
400			63×500 / 6204	508	546	2,5	4,0
500			63×600 / 6204	608	646	2,9	4,7
650			63×750 / 6204	758	796	3,6	5,7
800			63×950 / 6204	958	996	4,5	7,1

$$q_{rh} = \frac{2 \cdot q_1 \cdot p_1}{L} \quad (12)$$

$$q_{rh} = \frac{2 \cdot 1,4 \cdot 50}{40}$$

$$q_{rh} = 3,50 \text{kgm}^{-1}$$

3.8.2 HMOTNOST ROTUJÍCÍCH ČÁSTÍ VÁLEČKŮ NA 1 METR DOLNÍ VĚTVE

Byly zvoleny diskové válečky od firmy Transroll o rozměrech:

Tab. 2 Válečky pro nosnou větev [30]

Pro šířku pásu 	Název – rozměr: Vál. diskový 108/63×L/6204	Rozměry [mm]		Počet disků	Hmotnost [kg]	
		L1	L2		rot. dílů	celková
400	108/63×500 / 6204	508	546	4+2+4	4,1	5,6
500	108/63×600 / 6204	608	646	5+2+5	4,9	6,6
650	108/63×750 / 6204	758	796	5+3+5	5,7	7,8
800	108/63×950 / 6204	958	996	5+5+5	6,9	9,5
1000	108/63×1150 / 6204	1158	1196	5+6+5	8,0	11,1
1200	108/63×1400 / 6204	1408	1446	6+7+6	9,6	13,3

$$q_{rd} = \frac{q_2 \cdot p_2}{L} \quad (13)$$

$$q_{rd} = \frac{4,9 \cdot 20}{40}$$

$$q_{rd} = 2,45 \text{kgm}^{-1}$$

3.8.3 HMOTNOST NÁKLADU NA 1 METR PÁSU

$$q_G = \frac{I_m}{v} \quad (14)$$

$$q_G = \frac{83102}{1,6 \cdot 3600}$$

$$q_G = 14,43 \text{kgm}^{-1}$$

3.8.4 HLAVNÍ ODPORY

$$F_H = f \cdot L \cdot g \cdot [q_{rh} \cdot q_{rd} + (2 \cdot q_B + q_G) \cdot \cos \delta] \quad (15)$$

kde f je globální součinitel tření $f = 0,02$, zvoleno podle normy ČSN ISO 5048 a kde q_B je hmotnost jednoho metru dopravního pásu $q_B = m_p$.

$$F_H = 0,02 \cdot 40 \cdot 9,81 \cdot [3,5 \cdot 2,45 + (2 \cdot 7,9 + 14,4) \cdot \cos 8,626]$$

$$F_H = 301,63 \text{N}$$

3.8.5 VEDLEJŠÍ ODPORY**ODPOR K PŘEKONÁNÍ DOPRAVNÍ VÝŠKY**

$$F_Z = q_G \cdot H \cdot g \quad (16)$$

$$F_Z = 14,4 \cdot 6 \cdot 9,81$$

$$F_Z = 847,58N$$

ODPOR ČISTIČE PÁSU

Byl zvolen stěrač od firmy Gumex o rozměrech:

Šíře stírání $B_s = 0,5m$

Tloušťka stěrače $t_s = 0,004m$

$$F_R = B_s \cdot t_s \cdot p \cdot \mu_1 \quad (17)$$

kde p je tlak mezi čističem pásu a pásem, zvoleno podle normy $p = 100kPa$ a kde μ_1 je součinitel tření mezi čističem a pásem, zvolen z normy $\mu_1 = 0,5$.

$$F_R = 0,5 \cdot 0,004 \cdot 100000 \cdot 0,5$$

$$F_R = 100,00N$$

ODPOR SETRVAČNÝCH SIL V OBLASTI NAKLÁDÁNÍ A V OBLASTI URYCHLOVÁNÍ

$$F_{N1} = I_m \cdot (v - v_0) \quad (18)$$

$$F_{N1} = \frac{83102 \cdot (1,6 - 0)}{3600}$$

$$F_{N1} = 36,93N$$

URYCHLOVACÍ DÉLKA

$$l_{Bmin} = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_2} \quad (19)$$

kde μ_2 je součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem, zvolen z normy $\mu_2 = 0,6$.

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

$$l_{Bmin} = 0,22m$$

Zvoleno $l_B = 0,5m$

ODPOR TŘENÍ MEZI DOPRAVOVANOU HMOTOU A BOČNÍM VEDENÍM V OBLASTI URYCHLOVÁNÍ

$$F_{N2} = \frac{\mu_3 \cdot l_m^2 \cdot g \cdot l_B}{\left(\frac{v + v_0}{2}\right)^2 \cdot b_1^2 \cdot \rho} \quad (20)$$

kde μ_3 je součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi, zvolen z normy $\mu_3 = 0,6$ a b_1 je světla šířka bočního vedení.

$$F_{N2} = \frac{0,6 \cdot 83102^2 \cdot 9,81 \cdot 0,5}{\left(\frac{1,6 + 0}{2}\right)^2 \cdot 0,4^2 \cdot 800 \cdot 3600^2}$$

$$F_{N2} = 19,14N$$

ODPOR OHYBU PÁSU NA BUBNECH

$$F_O = 9 \cdot B \left(140 + 0,01 \cdot \frac{F}{B}\right) \cdot \frac{t_p}{D_{min}} \quad (21)$$

kde D je minimální průměr vratného bubnu, $D_{min} = 0,315m$ a F je průměrný tah pásu na bubnu, voleno $F = 5000N$.

$$F_O = 9 \cdot 0,5 \left(140 + 0,01 \cdot \frac{5000}{0,5}\right) \cdot \frac{0,009}{0,315}$$

$$F_O = 30,86N$$

ODPOR V LOŽISCÍCH HNANÉHO BUBNU

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{d_0}{D_{min}} \cdot F_T \quad (22)$$

kde d_0 je průměr hřídele v ložisku, voleno $d_0 = 0,05m$ a F_T je vektorový součet tahu v pásu, voleno $F_T = 5000N$.

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{0,05}{0,315} \cdot 5000$$

$$F_t = 3,96N$$

VEDLEJŠÍ ODPORY

$$F_N = F_{N1} + F_{N2} + F_t + F_O \quad (23)$$

$$F_N = 41,616 + 19 + 30,9 + 3,968$$

$$F_N = 90,90N$$

3.8.6 OBVODOVÁ SÍLA

$$F_U = F_H + F_N + F_Z + F_R \quad (24)$$

$$F_U = 301,63 + 90,90 + 847,58 + 100,00$$

$$F_U = 1340,11N$$

3.8.7 SKUTEČNÁ OBVODOVÁ SÍLA

$$F_{US} = F_U \cdot 1,2 \quad (25)$$

$$F_{US} = 1340,11 \cdot 1,2$$

$$F_{US} = 1608,13N$$

3.8.8 POTŘEBNÝ VÝKON NA POHÁNĚCÍM BUBNU

$$P = F_{US} \cdot v \quad (26)$$

$$P = 1613,76 \cdot 1,6$$

$$P = 2573,01W$$

3.8.9 VOLBA HNACÍHO BUBNU

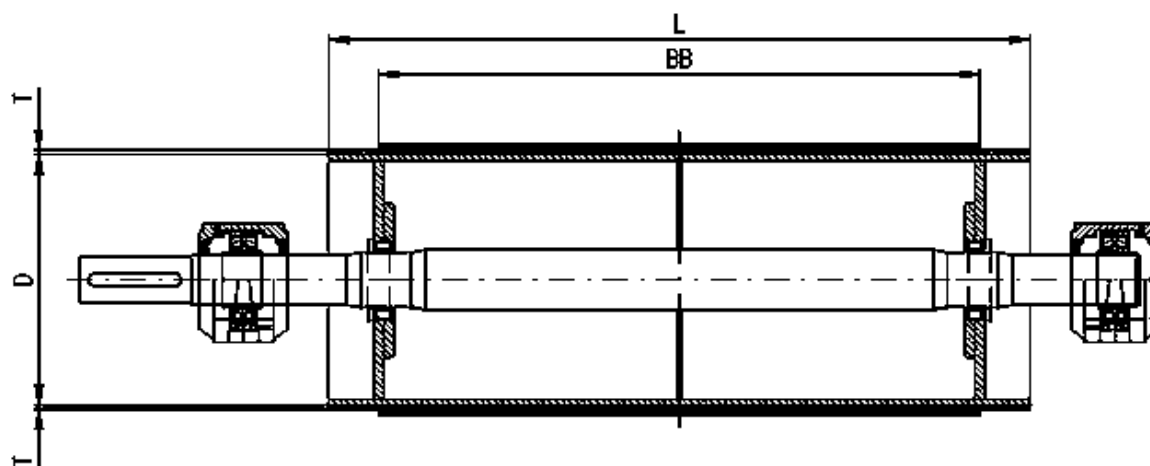
Byl zvolen pogumovaný buben od společnosti GTK o rozměrech:

$$L_B = 0,6 \text{ m}$$

$$B_B = 0,5 \text{ m}$$

$$D_B = 0,4 \text{ m}$$

$$T_B = 0,008 \text{ m}$$



Obr. 28 Hnací buben GTK [31]

4 NÁVRH POHONU

4.1 VÝKON MOTORU

$$P_m = \frac{P}{\eta} \quad (27)$$

kde η je účinnost pohonu, volena $\eta = 0,9$ dle normy ČSN ISO 5048.

$$P_m = \frac{2573,01}{0,9}$$

$$P_m = 2858,90W$$

4.2 POTŘEBNÝ KROUTICÍ MOMENT MOTORU

$$M_k = F_{US} \cdot \frac{D_B}{2} \quad (28)$$

kde D_B je průměr poháněného bubnu, zvolen normalizovaný průměr $D_B = 0,4m$.

$$M_k = 1608,13 \cdot \frac{0,4}{2}$$

$$M_k = 321,63Nm$$

4.3 VÝSTUPNÍ OTÁČKY MOTORU

$$n = \frac{v}{\pi \cdot D_B} \quad (29)$$

$$n = \frac{1,6}{\pi \cdot 0,4}$$

$$n = 1,27s^{-1}$$

4.4 VÝBĚR MOTORU

Z důvodu prostředí s nebezpečím výbuchu je volen pneumatický pohon, který jediný zajišťuje požadovanou bezpečnost.

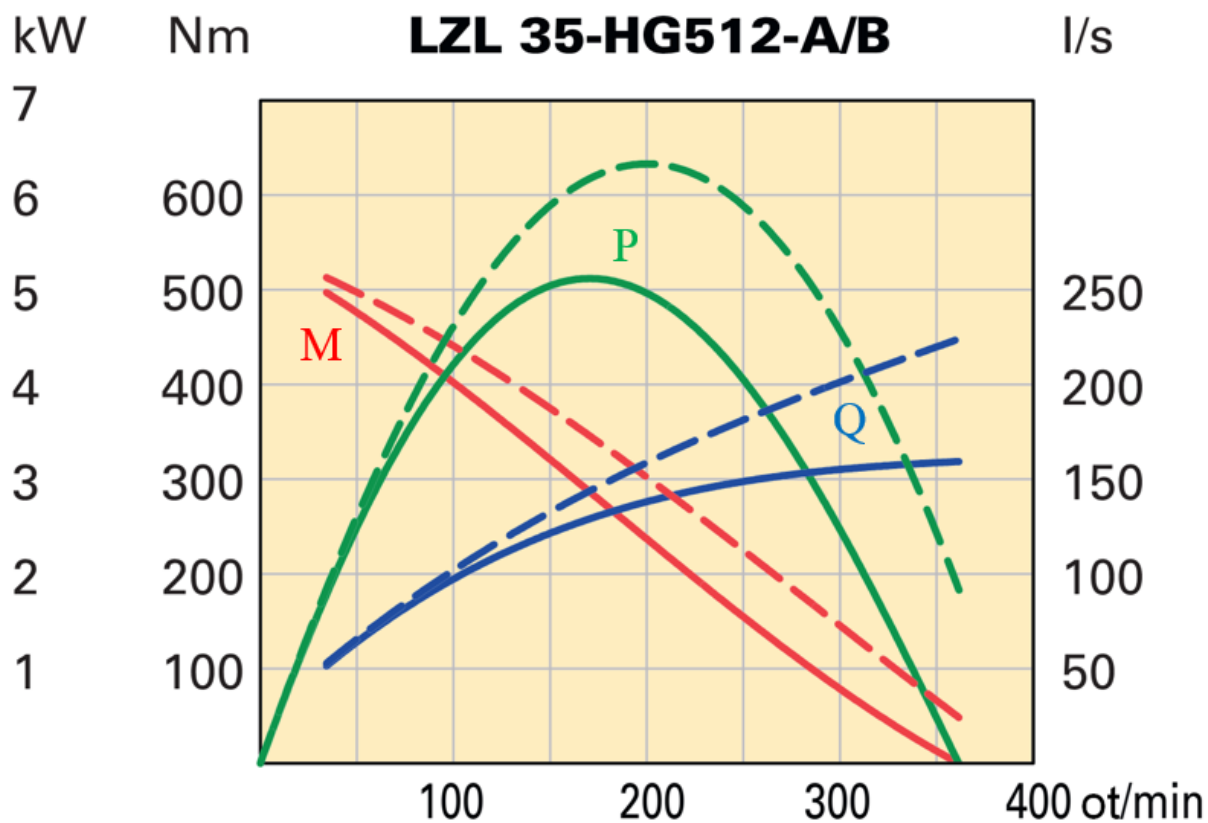
Byl vybrán rotační lamelový pneumatický motor firmy Atlas Copco s převodovou skříní s označením LZL35-BG512-B-021.



Obr. 29 Pneumatický motor LZL35-BG512-B-021 [32]

Tab. 3 Technické údaje LZL35-BG512-B-021 [32]

Typ s dříkem	S perem
Montážní uspořádání	Příruba
Převodový poměr	21
Max. výkon	5 kW
Otáčky při maximálním výkonu	119 ot/min
Utahovací moment při maximálním výkonu	404 Nm
Min. krouticí moment při spouštění	638 Nm
Otáčky při běhu naprázdno	251 ot/min
Spotřeba vzduchu při max. výkonu	129 l/s
Hmotnost	68 kg
Max. radiální zatížení při maximálním výkonu	7160 N
Směr otáčení	Reverzní
Lopatkový typ	Standardní
Materiál vnějších součástí	Práškově lakovaná ocel / hliník



Obr. 31 Charakteristiky motoru LZL35-BG512-B-021 [32]

Motor LZL35-BG512-B-021 má robustní konstrukci z hliníku, takže je korozivzdorný. Je vybaven převodovou skříní se spirálovým ozubením převodových kol. Motor je opatřen čelní přírubou pro jednoduchou montáž k pásovému dopravníku.

Na webových stránkách firmy Atlas Copco lze použít software na vyhledání a zobrazení charakteristik motoru podle zvolených parametrů. V grafu vidíme charakteristiky vybraného motoru na základě vstupních parametrů. Motor vyhovuje výstupními otáčkami i potřebným krouticím momentem. Čárkovane vyznačené křivky reprezentují průběh bez omezovače.

4.5 VOLBA KOMPRESORU

Z technických údajů o motoru vyčteme, že spotřeba vzduchu motoru při maximálním výkonu je 129 ls^{-1} , tento stav ovšem není dlouhodobě příznivý a v normálním pracovním režimu je spotřeba motoru nižší, zhruba 100 ls^{-1} . Této hodnotě musí odpovídat výkon kompresoru.

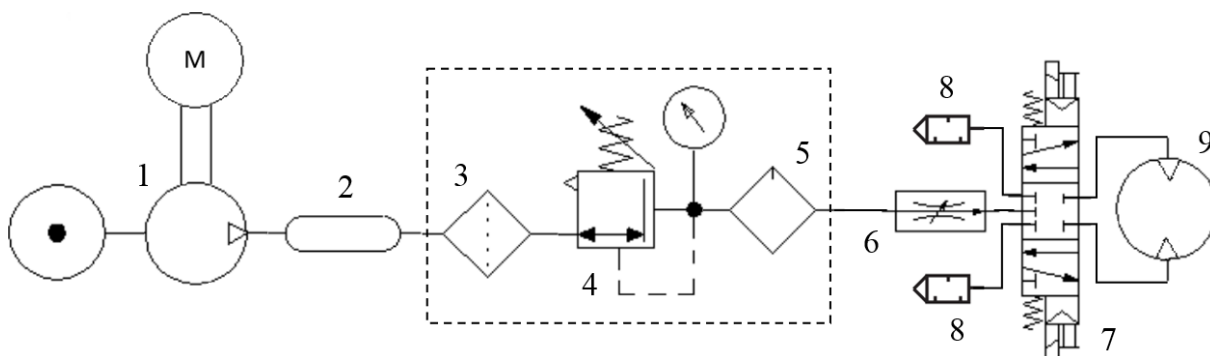
Byl zvolen šroubový kompresor společnosti Atlas Copco s označením AQ 55/7,5 s maximální kapacitou vzduchu $139,1 \text{ ls}^{-1}$ a s elektromotorem o výkonu 55 kW. Kompresor je bezmazný, chlazený vzduchem s pracovním tlakem 740 - 1300 kPa.



Obr. 32 Kompresor Atlas Copco AQ [32]

4.6 PNEUMATICKÝ OBVOD

Pneumatický obvod je zobrazen na obr. 28. Skládá se z vybraného kompresoru (1), vzdušníku (2), jednotky pro úpravu vzduchu, která se skládá z filtru (3), redukčního ventilu (4) a maznice (5). Po té následuje škrticí ventil (6), který slouží k regulaci vzduchu a 5/3 cestný ventil (7). Na ten jsou připojeny tlumiče hluku (8) a motor (9) tak, aby byl schopný reverzace.



Obr. 33 Pneumatický obvod

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provést rozsáhlý rozbor pohonů používaných u pásových dopravníků. Nejčastějšími pohony jsou asynchronní elektromotory s převodovkou, méně se používají spalovací či hydraulické pohony, zvláště když se elektromotory nedají použít z technologických nebo bezpečnostních důvodů. Zvláštní skupinu tvoří bubnové motory, které díky svým výhodám postupně vytlačují standartní elektrické pohony.

V praktické části práce byl navrhnout pohon na základě vstupních hodnot, z nichž podstatným parametrem bylo výbušné prostředí. Z tohoto důvodu byl vybrán pneumatický pohon Atlas Copco, který je bezpečný v prostředích s nebezpečím výbuchu plynu i uhlénoho prachu. Součástí pohonu je převodová skříň s převodovým poměrem 21. Dále byl sestaven pneumatický obvod a výkresová dokumentace pohonu.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] GAJDŮŠEK, Jaroslav – ŠKOPÁN, Miroslav. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. 1. vyd. Vysoké učení technické v Brně: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1988. 277 s.
- [2] POLÁK, J. – SLÍVA, A. – PAVLISKA, J. *Dopravní a manipulační zařízení I*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2001. 99 s. ISBN 80-248-0043-8.
- [3] ČSN ISO 5048. *Zařízení pro plynulou dopravu nákladů – Pásové dopravníky s nosnými válečky – Výpočet výkonu a tahových sil*. Praha: Český normalizační institut, 1993. 16 s.
- [4] SVOBODA, P. – BRANDEJS, J. – PROKEŠ, F. *Výběr z norem pro konstrukční cvičení*. 3. vyd. Brno: CERM, 2009. 223 s. ISBN 978-80-7204-636-2.
- [5] ŠKOPÁN, M. *Hydraulické pohony strojů*. Vysoké učení technické v Brně, 2009. 166 s.
- [6] HAMMER, M. *Elektrotechnika a elektronika*. Vysoké učení technické v Brně, 2006. 134 s.
- [7] SHIHLEY, J.E., MISCHKLE, Ch.R., BUDYNAS, R.G. *Konstruování strojních součástí*. Vutium. 2010. 1300 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

Internetové zdroje:

- [8] *Belt Conveyor for Stone Crusher Machine*. [online]. Hasarost, 2015. Dostupné z: <http://www.hasarost.com/index.php?route=product/product&product_id=206>.
- [9] *i-TES: Internetový Technicko-Ekonomický Server*. [online]. 2015 Dostupné z: <<http://i-tes.com/gfx/Image/firms/vvv-most/HMB.jpg>>.
- [10] *Hnací buben*. [online]. AMG-Karel Pícha, 2015. Dostupné z: <<http://www.amgpicha.cz/images/ilustrace/bubny/hnaci-buben.jpg>>.
- [11] *ROZMARÍN, a.s. odštěpný závod SKŽ*. [online]. 2010. Dostupné z: <<http://www.kamenolomy.eu/>>.
- [12] *Eshop Zemědělské Potřeby M+S s.r.o.* [online]. 2015. Dostupné z: <<http://www.eshop-zemedelske-potreby.cz/>>.
- [13] *Henan Zhengzhou Mining Machinery Co.,Ltd.* [online]. 2015. Dostupné z: <<http://www.hnzkmining.com/>>.
- [14] *CAD Images*. [online]. 2010. Dostupné z: <<http://www.cad.cz/images/stories/casopis/2007/images/>>.
- [15] *Pásové dopravníky*. [online]. BALFOR, 2012. Dostupné z: <<http://www.ballario-forestello.cz/pasove-dopravniky.asp>>.

- [16] *Robin Subaru Horizontal Engine 7 HP SP210 OHC 3/4" x 5/16" #EX210DT1031.* [online]. Brand New Engines, 2015. Dostupné z: <<http://www.brandnewengines.com/EX210DT1031.aspx>>.
- [17] *Makrusz.* [online]. 2015. Dostupné z: <<http://makrusz.com.pl/>>.
- [18] *Haberkorn Ulmer s.r.o.* [online]. 2015. Dostupné z: <<http://www.haberkorn.cz/>>.
- [19] *NORD – Poháněcí technika s.r.o.* [online]. 2014. Dostupné z: <https://www.nord.com/cms/cz/hp_home_CZ.jsp>.
- [20] *Pásové dopravníky.* [online]. Ostroj, 2012. Dostupné z: <<http://www.ostroj.cz/pasove-dopravniky>>.
- [21] *MOVITRAC® B.* [online]. SEW-EURODRIVE, 2015. Dostupné z: <<http://www.sew-eurodrive.cz/produkt/movitrac-b.htm#P%C5%99%C3%ADklady%20aplikac%C3%AD>>.
- [22] *Synchronous Drum Motors.* [online]. Interroll, 2015. Dostupné z: <<http://www.interroll.com/en/interroll-group/products/drum-motors/synchronous-drum-motors/>>.
- [23] *Van der Graaf Drum Motor.* [online]. Aggregates and Mining Today, 2015. Dostupné z: <<http://a.aggregatesandminingtoday.com/van-der-graaf-drum-motor,2009-8,674,0,84,featured-product.aspx>>.
- [24] *Bubnový motor.* [online]. *Hückelhoven-Baal:* Interroll, 2013. 122 s. Dostupné z: <http://www.interroll.com/media/editorial_media/interroll_group/downloads/antriebe_foerderrollen/bedienungsanleitungen/drummotors/DrumMotor_V2-7_cs.pdf>.
- [25] *Bubnové motory.* [online]. Rollcontech, 2010. Dostupné z: <<http://www.rollcontech.cz/38-bubnove-motory.html>>.
- [26] *RB Hydraulicweb.* [online]. 2015. Dostupné z: <http://home.kpn.nl/RBrink1955/frm_e.htm>.
- [27] *Technical Information.* [online]. Tech-roll, 2015. Dostupné z: <<http://www.tech-roll.com/technical.html>>.
- [28] *Group 2 - Gear Pumps* [online]. Ames: Sauer-Danfoss, 2003. 47 s. Dostupné z: <http://www.bibus.hu/fileadmin/editors/countries/bihun/product_data/sauer-danfoss/documents/sauerdanfoss_group_2_gear_pumps_catalogue_en.pdf>.
- [29] *Zásobníkový vůz ZV-01 a pásový dopravník PD-01.* [online]. Filamos, 2015. Dostupné z: <<http://www.filamos.cz/stavebni-stroje/torkretovaci-stroje/doplňková-zarizeni/zasobnikovy-vuz-pasovy-dopravnik/>>.
- [30] *Dopravní válečky.* [online]. Transroll, 2015. Dostupné z: <<http://www.transroll.cz/dopravni-valecky>>.
- [31] *Výrobky.* [online]. Atlas Copco, 2015. Dostupné z: <<http://www.atlascopco.cz/czcs/products/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

b	[m]	Ložná šířka pásu
B	[m]	Šířka dopravního pásu
b ₁	[m]	Světlá šířka bočního vedení
B _S	[m]	Šířka stěrače
D _B	[m]	Průměr hnacího bubnu
f	[-]	Globální součinitel tření
F _H	[N]	Hlavní odpory
F _N	[N]	Vedlejší odpory
F _{N1}	[N]	Odpor setrvačných sil v místě v oblasti nakládání a urychlování
F _{N2}	[N]	Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením
F _O	[N]	Odpor ohybu pásu na bubnech
F _R	[N]	Odpor čističe pásu
F _{SU}	[N]	Skutečná obvodová síla na hnacím bubnu
F _t	[N]	Odpor v ložiscích hnaného bubnu
F _U	[N]	Obvodová síla na hnacím bubnu
F _Z	[N]	Odpor k překonání dopravní výšky
H	[m]	Dopravní výška
I _m	[kgh ⁻¹]	Maximální dopravované množství
k	[-]	Součinitel sklonu
k ₁	[-]	Součinitel korekce vrchlíku náplně
L	[m]	Dopravní délka
L _B	[m]	Délka pláště bubnu
l _b	[m]	Urychlovací délka
M _k	[Nm]	Krouticí moment motoru
m _p	[kgm ⁻²]	Hmotnost pásu
n	[s ⁻¹]	Výstupní otáčky motoru
p	[Pa]	Tlak mezi stěračem pásu a pásem
P	[W]	Potřebný výkon na hnacím bubnu
P _m	[W]	Potřebný výkon motoru
Q	[kgh ⁻¹]	Dopravní výkon
q _B	[kgm ⁻¹]	Hmotnost 1 metru pásu
q _G	[kgm ⁻¹]	Hmotnost nákladu na 1 metr pásu

q_{rd}	$[\text{kgm}^{-1}]$	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 metr dolní větve
q_{rh}	$[\text{kgm}^{-1}]$	Hmotnost rotujících částí válečků na 1 metr horní větve
S	$[\text{m}^2]$	Celková plocha průřezu náplně
S_1	$[\text{m}^2]$	Průřez vrchlíku náplně
S_2	$[\text{m}^2]$	Průřez spodní části náplně
S_k	$[\text{m}^2]$	Skutečná plocha průřezu náplně
S_T	$[\text{m}^2]$	Teoretický průřez náplně pásu
t_B	$[\text{m}]$	Tloušťka opláštění bubnu
t_p	$[\text{m}]$	Tloušťka pásu
t_s	$[\text{m}]$	Tloušťka stěrače
v	$[\text{ms}^{-1}]$	Rychlost pásu
α	$[\circ]$	Statický sypný úhel
δ	$[\circ]$	Úhel sklonu dopravníku
η	$[\%]$	Účinnost pohonu
θ	$[\circ]$	Dynamický sypný úhel
λ	$[\circ]$	Úhel sklonu bočních válečků
μ_1	$[-]$	Součinitel tření mezi stěračem a pásem
μ_2	$[-]$	Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem
μ_3	$[-]$	Součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi
ρ	$[\text{kgm}^{-3}]$	Sypná hmotnost

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Pásový dopravník [8]	11
Obr. 2 Schéma pásového dopravníku	12
Obr. 3 Hladký buben [9].....	13
Obr. 4 Pogumovaný buben s drážkami.....	13
Obr. 5 Stabilní pásový dopravník [10]	14
Obr. 6 Pojízdný pásový dopravník [11].....	14
Obr. 7 Přestavitelný pásový dopravník [12].....	15
Obr. 8 Hadicový pásový dopravník [13]	15
Obr. 9 Motor Subaru Robin [14]	16
Obr. 10 Pásový dopravník Balfor [15]	16
Obr. 11 Charakteristika spalovacího motoru Subaru Robin [16]	17
Obr. 12 Mobilní drtič firmy Makrusz [17]	17
Obr. 13 Pásový dopravník společnosti Haberkorn [18]	18
Obr. 14 Poháněcí stanice důlního pásového dopravníku [19]	19
Obr. 15 Asynchronní motor s převodovkou Nord SK 1SI 31 [20].....	19
Obr. 16 Momentová charakteristika asynchronního motoru	19
Obr. 17 Momentová charakteristika AM řízeného frekvenčním měničem	20
Obr. 18 Frekvenční měniče společnosti SEW-EURODRIVE [21]	20
Obr. 19 Frekvenční měnič Interroll IFI - IP55 [22].....	21
Obr. 20 Pásový dopravník Haberkorn MINI 24 V [18]	22
Obr. 21 Elektrobuben od společnosti Van der Graaf [23].....	22
Obr. 22 Elektrobuben Interroll [24].....	23
Obr. 23 Rotační čistič poháněný elektrobubnem [25].....	23
Obr. 24 Řez orbitálním hydromotorem [26].....	24
Obr. 25 Hydraulický bubnový motor Tech-Roll [27].....	24
Obr. 26 Orbitální hydromotory Tech-Roll [28].....	25
Obr. 27 Zásobníkový vůz s pásovým dopravníkem FILAMOS s.r.o. [29]	26
Obr. 28 Hnací buben GTK [31].....	33
Obr. 29 Pneumatický motor LZL35-BG512-B-021 [32]	34
Obr. 30 Výkresová dokumentace motoru od výrobce [32] . Chyba! Záložka není definována.	
Obr. 31 Charakteristiky motoru LZL35-BG512-B-021 [32].....	35
Obr. 32 Kompresor Atlas Copco AQ [32].....	36
Obr. 33 Pneumatický obvod	36

SEZNAM PŘÍLOH

- I. Výkres pohonu
- II. CD: Bakalářská práce