

Mezioperační dopravník k přepravě pneumatik pro osobní auta

Jakub Silný

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Jakub Silný
Osobní číslo:	T17611
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Mezioperační dopravník k přepravě pneumatik pro osobní auta

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii k danému tématu
2. Navrhněte konstrukční řešení dopravníku
3. Zhotovte sestavu dopravníku
4. Zhotovte výrobní dokumentaci

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Kemka, V, Barták, J, Milčák P, Žitek, P.: Stavba a provoz strojů, stroje a zařízení, Informatorium, Praha, 2009, ISBN 978-80-7333-075-0

Lukovics, I, Sýkorová, L, Volek, F: Části a mechanismy strojů, Skripta, ES VUT Brno, 2000, ISBN 80 214 1566 5,

Volek, F: Základy konstruování a části strojů - mechanismy strojů, Skripta, UTB ve Zlíně, 2003, ISBN 80-7318 111 8,

Bolek, A, Kochman, J. a kol.: Části strojů, 2. svazek. SNTL Praha, 1990

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. František Volek, CSc.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 20. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

V bakalářské práci je nejdříve zpracovaný teoretický rozbor dopravníků a nejčastějších konkrétních druhů dopravních tratí, které jsou určeny zejména k mezioperační dopravě osobních pneumatik v průmyslu. Práce v další části obsahuje návrh a funkční výpočet pásového dopravníku dále návrh hlavních rozměrů dopravníku, pohonné stanice. Pásový dopravník bude sloužit k mezioperační dopravě pneumatik ve vodorovném přímém směru. K práci je přiložena požadovaná výkresová dokumentace.

Klíčová slova:

mezioperační doprava, pásový dopravník, pohon dopravníku, napínací zařízení, pneumatika

ABSTRACT

The first part of this bachelor thesis is theoretical. It provides an analysis of conveyors and specific kind of roller conveyor systems which are frequently used, particularly for the transportation of personal tyres in the industry. The next part includes a draft and a functional calculation of the belt conveyor, as well as a draft of main dimensions of the conveyor and conveyor drive. The belt conveyor will serve to inter-operation transport of tyres in a direct and horizontal direction. The work is accompanied by required drawings

Keywords:

inter-operational transport, belt conveyor, conveyor drive, tensioning device, tyre

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Františkovi Volkovi, CSc. za jeho odborné rady, připomínky a za ochotu se mnou konzultovat věci, což mi pomohlo ke zpracování bakalářské práce. Poděkování také patří mé rodině, která mě podporovala po celou dobu studia a poskytla mi dobré podmínky pro učení.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 DOPRAVNÍKY	11
1.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ DOPRAVNÍKŮ.....	11
2 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY	12
2.1 VÝHODY A NEVÝHODY PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ	13
2.1.1 Výhody.....	13
2.1.2 Nevýhody.....	13
2.2 ROZDĚLENÍ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ	14
2.2.1 Volba pásového dopravníku.....	14
3 KONSTRUKČNÍ PRVKY PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU.....	15
3.1 NOSNÁ KONSTRUKCE PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU.....	15
3.2 DOPRAVNÍ PÁS	15
3.2.1 Rozdělení dopravních pásů dle konstrukce.....	16
3.2.2 Rozdělení dopravních pásů podle druhu materiálů pracovních povrchů	16
3.2.3 Modulární pásy k přepravě osobních pneumatik	17
3.2.4 Metody spojování dopravních pásů	18
3.3 PODPĚRNÝ SYSTÉM DOPRAVNÍHO PÁSU.....	19
3.3.1 Válečky	20
3.3.2 Válečkové stolice	20
3.4 BUBNY	21
3.5 POHON PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ.....	21
3.6 NAPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ.....	22
3.7 ČIŠTĚNÍ PÁSU	23
4 VÁLEČKOVÉ TRATĚ	24
4.1 KONSTRUKČNÍ PRVKY VÁLEČKOVÝCH TRATÍ	25
4.1.1 Valivý element	26
4.1.2 Přímý modul.....	28
4.1.3 Obloukový modul.....	29
4.2 GRAVITAČNÍ VÁLEČKOVÉ TRATĚ	30
4.3 POHÁNĚNÉ VÁLEČKOVÉ TRATĚ	31
5 PNEUMATIKY	32
5.1 KONSTRUKČNÍ PRVKY PLÁŠTĚ.....	33
5.2 STRUKTURA PLÁŠTĚ	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
6 CÍL PRÁCE	36
7 NÁVRH KONSTRUKCE.....	37

7.1	OBECNÉ SCHÉMA MODULÁRNÍHO DOPRAVNÍKU	37
7.2	VOLBA DOPRAVNÍHO PÁSU	38
7.3	VOLBA MATERIÁLU A TVARU KLUZNÝCH LIŠT A OCELOVÝCH PROFILŮ	40
8	FUNKČNÍ VÝPOČET MODULÁRNÍHO DOPRAVNÍKU	42
8.1	UŽITEČNÁ TAŽNÁ SÍLA	42
8.2	NASTAVENÁ TAŽNÁ SÍLA PÁSU	43
8.3	MAXIMÁLNÍ PŘÍPUSTNÁ TAŽNÁ SÍLA PÁSU	44
8.4	KONTROLA PEVNOSTI PÁSU	45
8.5	DIMENZOVÁNÍ HNACÍ A HANÉ HŘÍDELE	45
8.5.1	Výpočet maximální síly na metr pásu	45
8.5.2	Prohnutí hřídele	46
8.6	VOLBA OZUBENÉHO KOLA	47
8.6.1	Počet ozubených kol na hřídeli a jejich rozestupy	49
8.7	KROUTÍCÍ MOMENT NA KONCI HŘÍDELE NA STRANĚ MOTORU	51
8.8	VÝPOČET HNACÍHO VÝKONU	52
8.9	VOLBA POHÁNĚCÍ STANICE	52
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
	SEZNAM TABULEK	61
	SEZNAM PŘÍLOH	62

ÚVOD

Tato bakalářská práce pojednává o problematice mezioperační dopravy osobních pneumatik v průmyslových závodech, kde transport mezi jednotlivými technologickými operacemi napomáhá ke zlepšení automatizace a optimalizace výrobního procesu. V dnešní době řadíme mezi nejčastěji používané typy dopravních tratí ve výrobních systémech na pneumatiky především pásové dopravníky a válečkové tratě.

Pásové dopravníky nachází své uplatnění zejména pro vodorovnou a šikmou dopravu sypkého i kusového materiálu. Používají se v případech, kdy chceme docílit plynulého (kontinuálního) chodu výroby s cílem dosáhnout vysokých dopravních výkonů. Velká výhoda pásových dopravníků je jednoduchá konstrukce dopravníku a spolehlivý provoz.

Válečkové dopravníky (tratě) představují dopravní tratě, které jsou složeny z jednotlivých paralelně ložených válečků (hřídelí), které jsou uloženy v pevných rámech a v těch se otáčí. Výhodou válečkových tratí je spolehlivý provoz ve standartních i nestandardních podmínkách a velká škála dopravy sortimentu při kusové výrobě. Jako nevýhodu pak můžeme vnímat vyšší hmotnost celé konstrukce dopravníku.



Obr. 1: Ukázka mezioperační dopravní tratě na osobní pneumatiky [7]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DOPRAVNÍKY

Dopravníky jsou nejpoužívanějším zařízením pro přepravu sypkých, zrnitých i kusových hmot, různých výrobků, polotovarů a rozpracovaných výrobků, sloužících jak k přepravě na krátké vzdálenosti několika metrů, tak i k přepravě na několik desítek kilometrů. [4]

Transportéry jsou veškeré pevné a přenosné dopravní zařízení na přepravu materiálu mezi dvěmi určenými místy, s kontinuálním nebo diskontinuálním pohybem a plynulým nebo přerušovaným pohonem. [1]

1.1 Základní rozdělení dopravníků

Rozdělení dopravníků dle literatury: [4]

a) Dopravníky s tažným elementem:

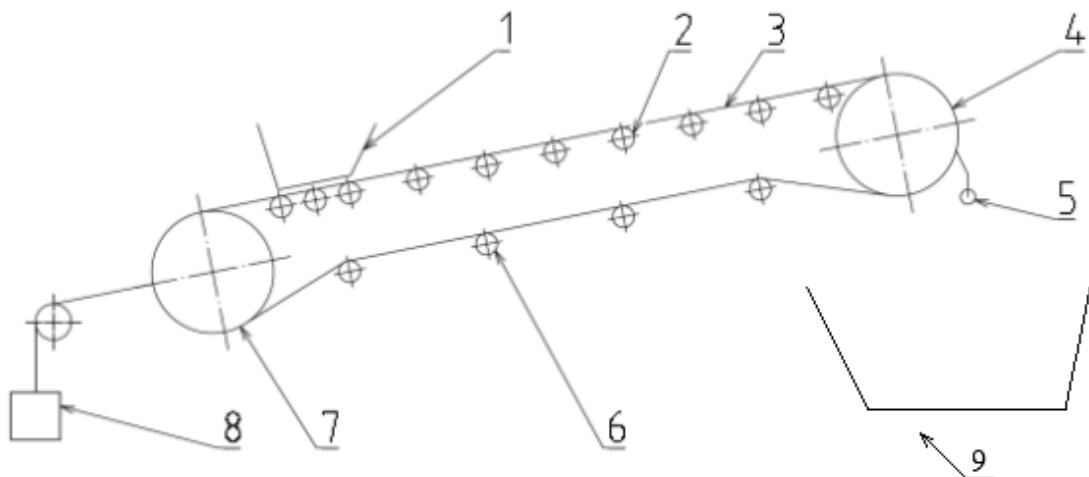
- pásové dopravníky,
- článkové dopravníky,
- korečkové dopravníky,
- vlekové dopravníky,
- visuté dopravníky aj.

b) Dopravníky bez tažného elementu:

- skluzu,
- válečkové tratě.

2 PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY

Pásové dopravníky jsou jedním z nejrozšířenějších způsobů pro přepravu pneumatik v průmyslových závodech. Pojmem pásové dopravníky se rozumí mechanické dopravníky s tažným a nosným elementem ve formě nekonečného pásu vedeného a hnaného bubny a podpůrnými válečky nebo rovinnou plochou. Pásové dopravníky jsou využívány pro dopravu sypkých a kusových materiálů ve vodorovném, šikmém a někdy i ve svislém směru pohybu materiálu. Charakteristickým prvkem pásového dopravníku je tažný element tzv. dopravní pás. Dopravní pás se může pohybovat rychlostí až $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Normalizované šířky pásů se pohybují v rozmezí 400 až 2000 mm. [4], [3], [1]



Obr. 2: Schéma pásového dopravníku [2]

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1 – Násypka | 6 – Vratné (podpěrné) válečky |
| 2- Nosná válečková stolice | 7 – Hnaný buben |
| 3 – Dopravní pás | 8 – Napínací zařízení |
| 4 – Hnací buben | 9 – Výsypka |
| 5 – Stěrač (čistič) pásu | |

Tab. 1 Směrné rychlosti pásů pásových dopravníků [3]

Vlastnosti materiálu	Charakteristický materiál	Rychlosti pásů (m/s)	
		od	do
lehký	obilní zrno, mláto, slad, šrot	2,5	4
neodírající, drobný	písek, cukr, cement, rašelina, drobné uhlí	1,6	3,15
	hlína, jílo–hlinito–štěrková skrývka		5,6
ostrohranný, odírající, drobný, střední	štěrk, kamenivo, rudy, struska, hlušina, škvára	1,25	2,5
neodírající v kusech	uhlí, řepa, škrob, kusová sůl	1,6	2,5
odírající v kusech a kusový nad 100 mm	hrubý štěrk, ruda, kámen, koks, vápno	1,25	2
	těžné uhlí při podzemním dobývání		1,8
ztrácející rozbíjením jakost	tříděné uhlí	0,3	1,6

2.1 Výhody a nevýhody pásových dopravníků

Jako každé strojní zařízení i pásové dopravníky mají své kladné i záporné stránky. [1]

2.1.1 Výhody

- plynulá doprava materiálu s vysokým hodinovým výkonem dopravníku,
- široké spektrum druhů materiálů pro přepravu na dopravníku,
- možnost použití na velmi dlouhé vzdálenosti pod úhlem stoupání do 18 °,
- při použití odporových prvků na dopravním pásu úhel stoupání až 60°,
- jednoduchá konstrukce,
- tichý chod,
- malé tření,
- bezpečná chod zařízení.

2.1.2 Nevýhody

- obtížná údržba během provozu dopravního pásu (napínání pásu, mazání míst, ...),
- při manipulaci s materiálem možné poškození dopravního pásu.

2.2 Rozdělení pásových dopravníků

Rozdělení pásových dopravníků dle literatury: [2]

- a) Rozdělení dle nosné konstrukce:
 - stabilní dopravníky – konstrukce dopravníku je pevně spojena se zemí – ukotvena,
 - pojízdné a přenosné dopravníky – slouží pro malé dopravované množství materiálu a pro menší dopravní délky,
 - přestavitelné dopravníky – velmi podobné stabilním dopravníkům, vysoké dopravní rychlosti, velké dopravní délky, slouží např. pro dopravu materiálu v povrchových dolech.
- b) Rozdělení dle sklonu a tvaru dopravníku:
 - vodorovné dopravníky,
 - šikmé dopravníky,
 - konvexní dopravníky (přechod ze šikmého směru na vodorovný),
 - konkávní dopravníky (přechod z vodorovného směru na šikmý),
 - kombinované dopravníky (např. s dvojitou změnou směru – kombinace konkávního a konvexního).
- c) Rozdělení dle materiálu dopravního pásu:
 - dopravníky s pryžovým pásem nebo s pásem z PVC,
 - dopravníky s ocelovým pásem,
 - dopravníky s ocelopryžovým pásem,
 - dopravníky s pásem z drátěného pletiva.

2.2.1 Volba pásového dopravníku

Správná volba pásového dopravníku závisí hned na několika aspektech, které musíme dodržet při volbě jednotlivých částí (elementů) pásového dopravníku. Seřazení jednotlivých dopravníků za sebou tak, aby se při přestupu materiálu z jednoho dopravníku na druhý předcházelo problémům s návazností. [4]

Při konstrukci a návrhu dopravníku musíme dbát zřetel na tyto hlediska: [4]

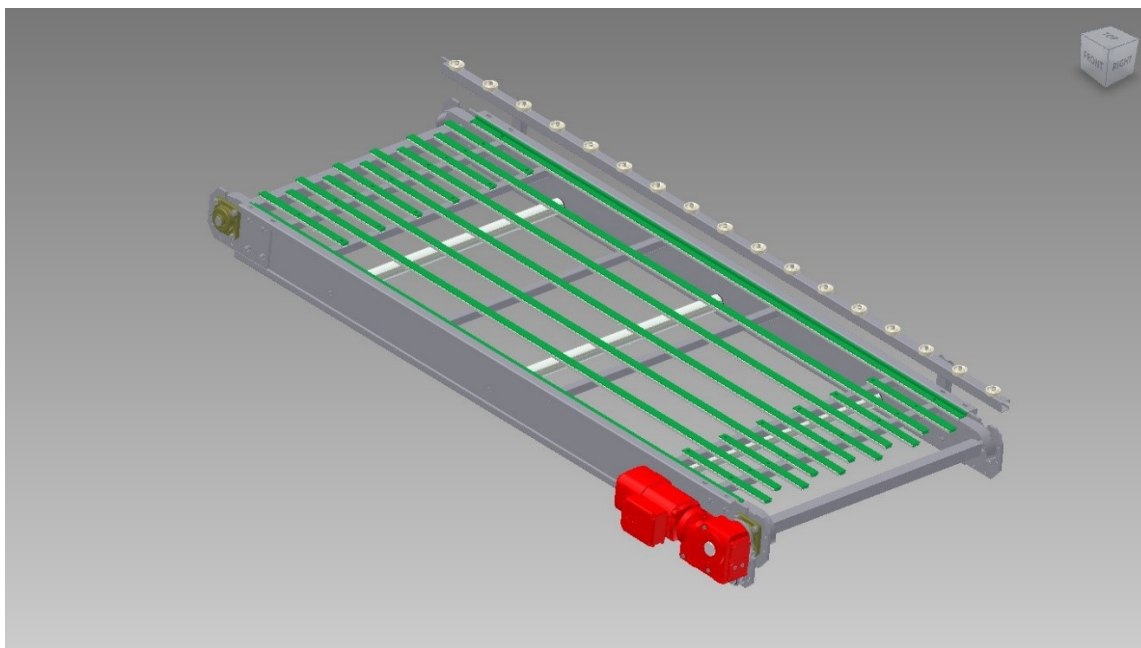
- požadovaný výkon,
- délku dopravníkové trati,
- druh dopravovaného materiálu,
- hospodárnost provozu.

3 KONSTRUKČNÍ PRVKY PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Základní konstrukční části, ze kterých se skládá pásový dopravník jsou vyobrazeny na *Obr. 2*

3.1 Nosná konstrukce pásového dopravníku

Nosná konstrukce dopravníku má za úkol vytvořit nosný rám pro kompletní dopravník. Základní stavební části jsou trubkové profily většinou obdélníkového nebo čtvercového průřezu, ze kterých se svaří příhradová nosníková konstrukce, která slouží jako rám pro další konstrukční elementy dopravníku a současně nese hmotnost celého dopravníku se zatížením při provozu. Samozřejmostí při návrhu a samotném výpočtu konstrukce je dodržení podmínek tuhosti a pevnosti (krut, ohyb, smyk). Při pevnostním výpočtu je potřeba zohlednit svislé zatížení v podobě hmotnosti přepravovaného předmětu a svislé síly pásu, kmitání při vysokorychlostních dopravnících, namáhání příčnými silami atd. [1], [3]

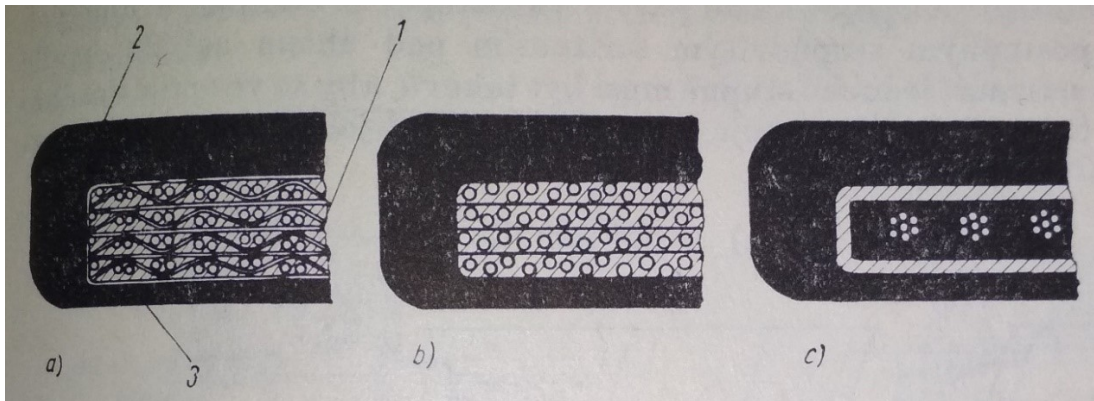


Obr. 3: Vizualizace nosné konstrukce pásového dopravníku [7]

3.2 Dopravní pás

Hlavní funkcí dopravního pásu je nesení a přemístění objektu přímým kontaktem. Představuje nekonečný pás, což je vlastně uzavřený ohybný tažný prvek, který v systému plní jak tažnou, tak i nosnou funkci na přepravní délce pásu. Dopravní pás je složený z nosné kostry, která je tvořena textilními vložkami z bavlny, polyamidy, popřípadě jejich kombinací.

Jsou oboustranně chráněné gumovými krycími vrstvami a gumovými ochrannými okraji. Textilní vložky jsou navzájem spojené tenkými vrstvami, které jsou z měkké pryže. Horní krycí vrstva má za úkol ochránit textilní kostru před abrazivními účinky materiálu, atmosférickými vlivy nebo jiným mechanickým opotřebením. Před abrazivními účinky nosných válečků a bubnů chrání dopravní pás dolní krycí vrstva. Mezi těmito vrstvami se nachází boční ochranná vrstva pásu, která chrání před odíráním o vodící válečky nebo strážnými válečky. [1], [2]



Obr. 4: Pryžové pásy pro dopravníky [3]

a – pás s textilními vložkami, b – pás se syntetickými vložkami, c – pás s vložkami z ocelových lan

1 – vložky, 2 – horní krycí vrstva, 3 – dolní krycí vrstva

3.2.1 Rozdělení dopravních pásů dle konstrukce

Rozdělení dle literatury: [2]

- kryté, jejichž textilní kostra je krytá ochrannými vrstvami gumy ze všech stran,
- řezané, má pouze horní a dolní vrstvou gumy,
- nekryté, nemá žádnou ochrannou vrstvu měkké gumy.

3.2.2 Rozdělení dopravních pásů podle druhu materiálů pracovních povrchů

Rozdělení dle literatury: [8]

- PVC – polyvinylchlorid,
- PU – polyuretan,
- G – guma,
- SI – silikon,
- PA – polyamid,
- SILON – syntetická vyztužená plst'.

3.2.3 Modulární pásy k přepravě osobních pneumatik

Všechny uvedené druhy modulárních pásů jsou spojovány mechanickým způsobem pomocí umělohmotných tyčinek a zámků. Rozdělení modulárních pásů:

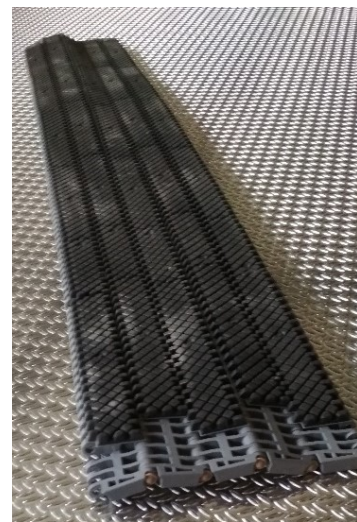
hladké – slouží k vodorovné až k mírně šikmé dopravě pneumatik - *Obr. 5*,

hladké s pogumovaným pásem – určené především k šikmé dopravě pneumatik - *Obr. 6*,

TRT – pásy slouží ke změně směru pohybu dopravovaného tělesa (většinou změna o 90°), má ve své konstrukci zabudované pomocné valivé elementy -*Obr. 7*.



Obr. 5: Hladký pás



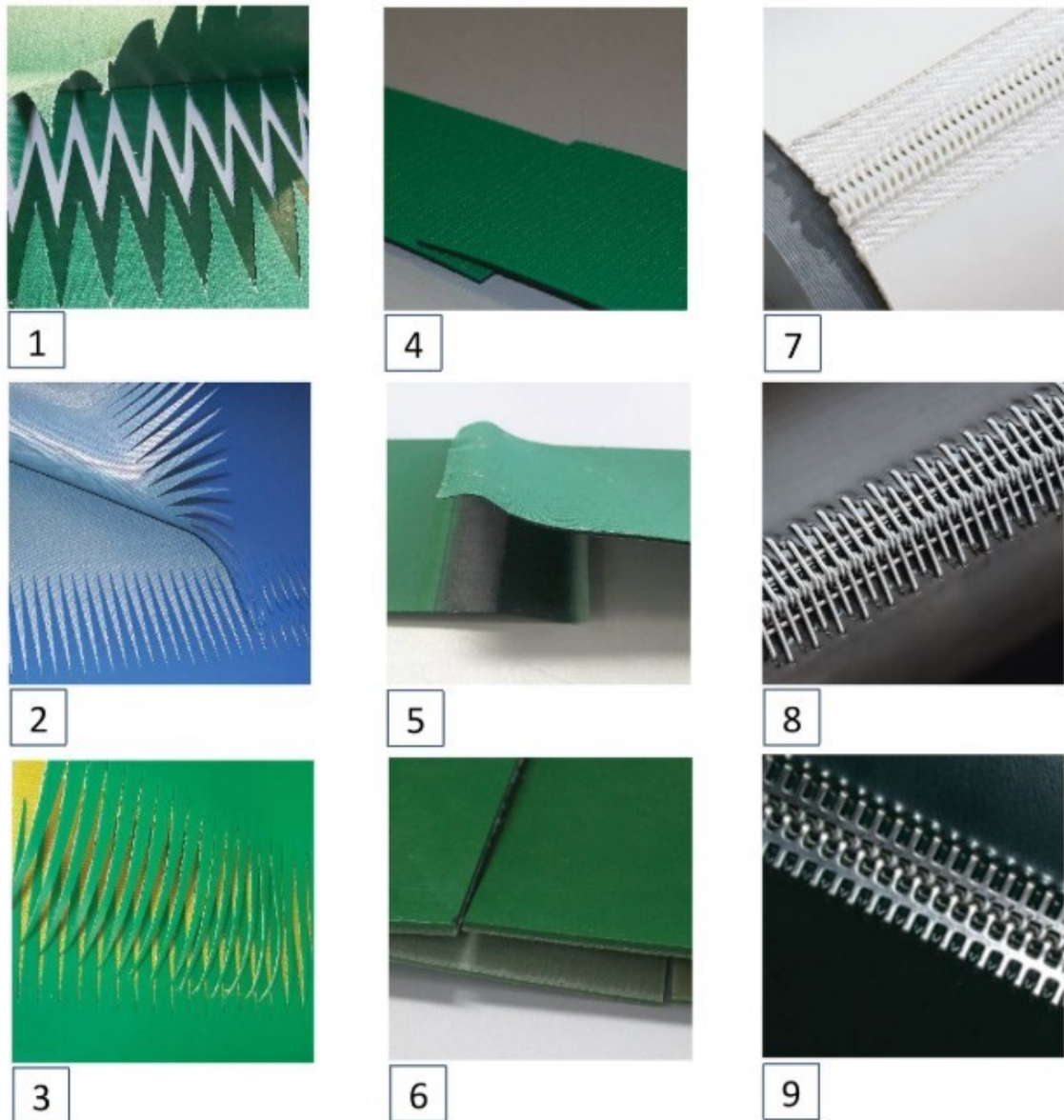
Obr. 6: Pogumovaný pás



Obr. 7: TRT pás

3.2.4 Metody spojování dopravních pásů

Druhy spojovacích metod dle literatury: [8]



Obr. 8: Spojování dopravních pásů [8]

a) Spoje na prsty:

- nejvíce používaná metoda spojování pásů,
- zaručuje rovnoměrnou tloušťku v místě spoje, vysoká pevnost spoje,
- možnost jednoduchých zubů (2), dvojitých zubů (1) nebo mikrozubů (3).

b) Spojení přeložením:

- metoda se používá u pásů z termoplastických polyuretanových materiálů bez vložené tkaniny (4).

c) Klínové broušené spoje:

- metoda vhodná pro polyamidové ploché řemeny a některé dopravní pásy a je alternativou pro běžné spoje na prsty (5).

d) Schůdkové spoje:

- šikmé spoje, které jsou vhodné pro zvláštní použití vytvořené rozdělením jednotlivých vrstev pásu,
- může se spojovat buď zatavením nebo lepením. (6)

e) Mechanické způsoby spojování:

- způsob spoje je určen především pro snadnou a rychlou výměnu pásu,
- používají se plastické spirálové sponky pro zařízení, které používají detektor kovů, mikrovlnné záření apod., (7)
- používají se kovové sponky galvanické, ocelové, nerezové. (8-9)

3.3 Podpěrný systém dopravního pásu

Podpěrný systém pásu je tvořený válečky a válečkovými stolicemi. Na *Obr. 9* vidíme jeden z příkladů řešení podpěrného systému dopravního pásu.



Obr. 9: Řešení podpěrného systému dopravního pásu

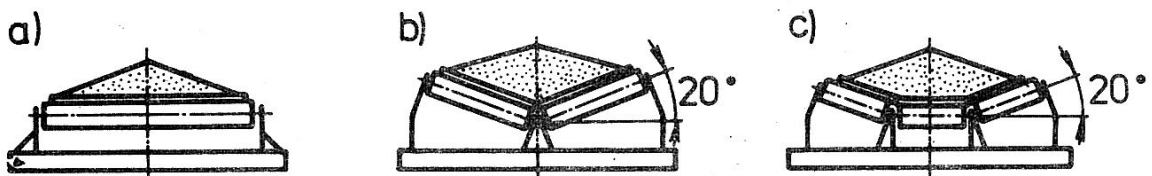
3.3.1 Válečky

Válečky slouží k vedení a podpírání dopravního pásu mezi hnací a hnanou stanicí a jsou uspořádány a uloženy ve válečkové stoličce tak, aby vytvářeli námi požadovaný ložný průřez pásu. Pod horní větev dopravního pásu se válečky vkládají na malou osovou vzdálenost, aby byl pás dobře veden a podpírán a nedocházelo by tak k průvěsu pásu. Častým řešením při dopravě pneumatik pomocí modulárních pásů bývá kompaktní statická plocha (deska, lišta), která bude mít minimální odpory proti pohybu pásu. Válečky dělíme podle konstrukce na dva typy [1]:

- s pevnou osou a otočným válečkem,
- s otočným čepem ve víku a pevným ložiskovým tělesem.

3.3.2 Válečkové stoličky

Válečky se vkládají do podpěrných válečkových stolic. Stoličky nosných válečků se připevňují na konstrukci dopravníku. Úkolem válečkových stolic je podpírat horní větev pásu na které je materiál a spodní vratnou větev. V místech, kde se přivádí materiál a následně se zatěžuje dopravní pás a jeho podpěrný systém jsou osové vzdálenosti stolic menší než ve zbytkové délce dopravníku. Velká rozteč válečkových stolic způsobuje negativní chování dopravního pásu hned v několika ohledech například velký průvěs pásu, možné poškození pásu při dopravě materiálu větší hmotnosti nebo zvýšená potřebná příkon dopravníku. Příklady uspořádání válečků na stoličce můžeme vidět na *Obr. 10*. [3]



Obr. 10: Základní druhy válečkových stolic [2]

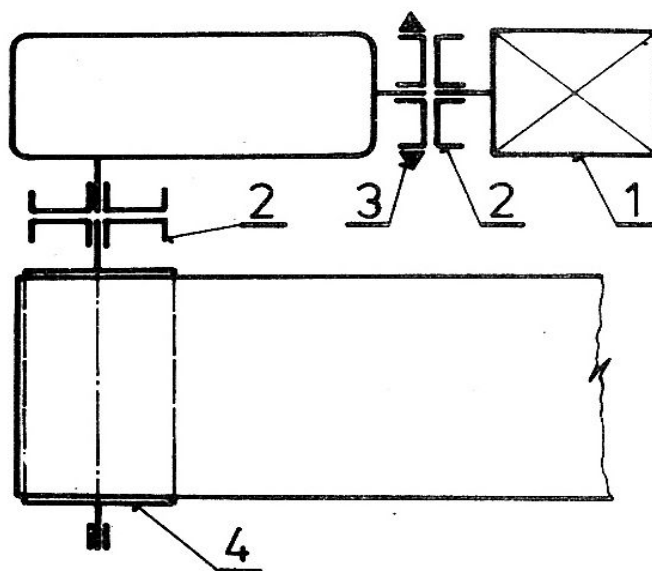
a) – plochá, b) – korýtková dvouválečková, c) – korýtková tříválečková

3.4 Bubny

Bubny pásových dopravníků mohou být zhotoveny jako svařované konstrukce nebo odlitky. Povrch pláště bubnu je většinou rovný s kónickými konci nebo bývá soudkovitý (1–2 % šířky pásu) pro lepší vedení dopravního pásu. Poháněcí síla, která přichází z hnací stanice přechází na hnací buben, ten sílu přenáší na dopravní pás. Hnací buben se umísťuje na přepadovou stranu dopravníku a musí zajistit přenos velkých obvodových sil na pás. Pro přenos větších hnacích výkonů se zvyšuje součinitel smykového tření, a to pogumováním bubnu, případně je vzorkován (rýhován). Hnaný (vratný) buben je obvykle u konstrukcí koncový a je umístěn v oblasti násypu materiálu. [3]

3.5 Pohon pásových dopravníků

Pohon dopravníku zajišťuje poháněcí stanice, která se v drtivé většině případů skládá z elektromotoru, převodové skříně, spojky, brzdy a hnacího bubnu. Pro pásové dopravníky menších výkonů do 100 kW se často používají třífázové asynchronní motory s kotvou nakrátko a mezi jednotlivé části hnacího mechanismu se dávají pružné spojky. Abychom co nejvíce snížili proudový ráz při zapnutí elektromotoru používáme rozběhové spojky, které spojí hnací buben s elektromotorem až při vyšším počtu otáček elektromotoru. Pro výkony vyšší než 100 kW se používají třífázové asynchronní motory s kotvou kroužkovou a odporovými spouštěči. [2], [3]

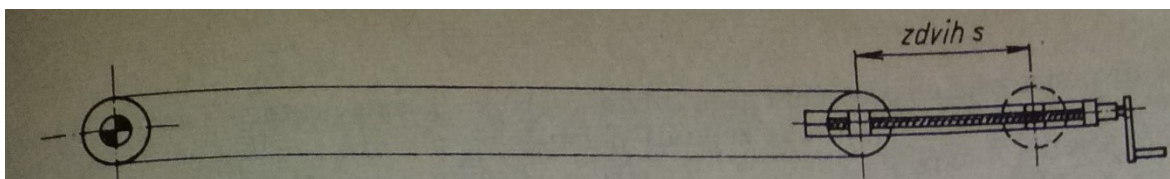


Obr. 11: Schéma pohonu pásového dopravníku [2]
1 – elektromotor, 2 – pružné spojky, 3 – brzda, 4 – hnací buben

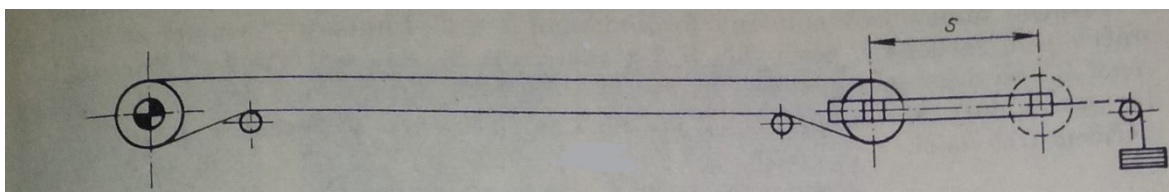
3.6 Napínací zařízení

Napínací soustava dopravníku je velmi důležitým mechanismem na celém pásovém dopravníku. Napínací síla zařízení je nezbytná pro vytvoření vysokého tření mezi hnacím bubnem a dopravním pásem. Správné napnutí dopravního pásu zajišťuje ideální přenos tažné síly z hnačího bubnu na pás a reguluje průvěs pásu mezi válečkovými stolicemi. Rozlišujeme několik druhů napínání pásu: [3]

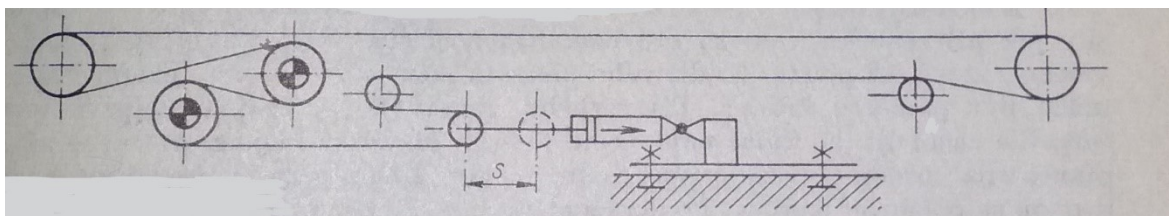
- a) tuhé – pomocí šroubů, kladkostrojů, kinematických mechanismů, viz. *Obr. 12*
- b) s konstantní napínací silou – pomocí zavěšeného závaží, viz. *Obr. 13*
- c) s regulováním napínací síly:
 - ručně,
 - pneumatiky, viz. *Obr. 14*
 - elektricky, viz. *Obr. 15*
 - elektrohydraulicky, viz. *Obr. 16*



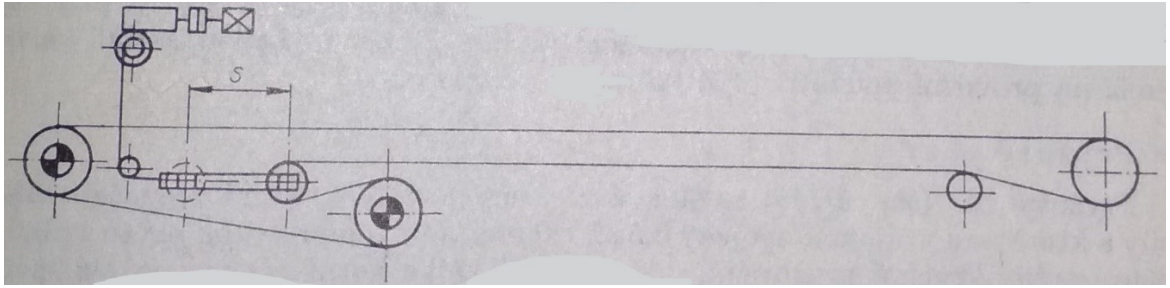
Obr. 12: Napnutí pomocí šroubu [3]



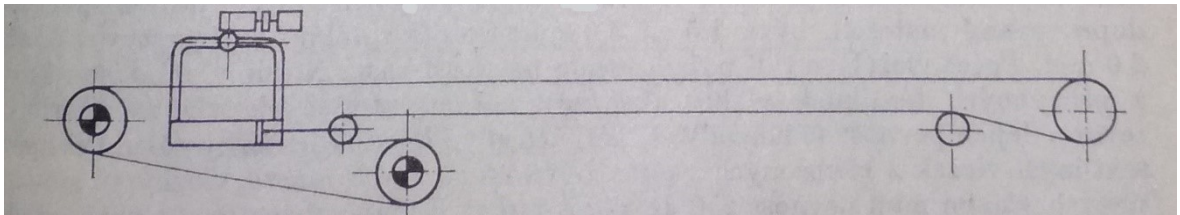
Obr. 13: Napnutí pomocí závaží [3]



Obr. 14: Pneumatické napínací zařízení [3]



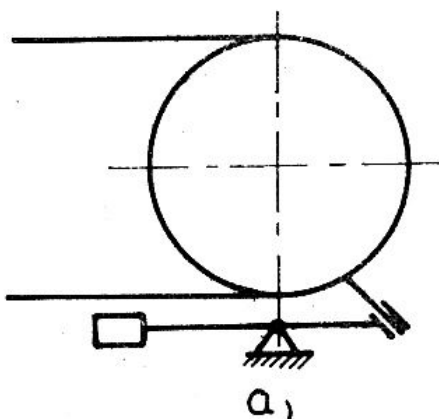
Obr. 15: Elektrické napnutí pásu [3]



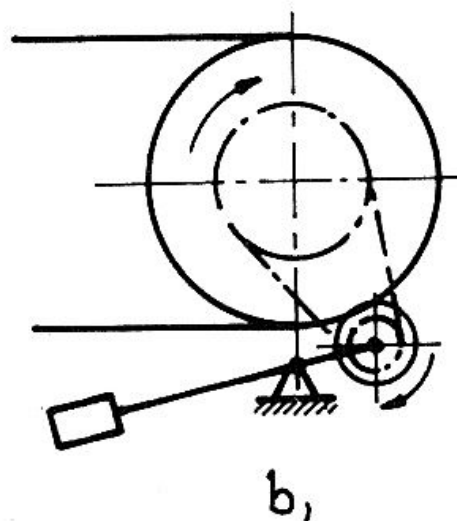
Obr. 16: Elektrohydraulický napínací systém pásu [3]

3.7 Čištění pásu

Gumové pásy jsou během provozu dopravníku průběžně čištěny, protože ve spodní vratné větvi běží špinavá strana pásu, a to způsobuje nežádoucí znečištění válečků. Aby k tomuto negativnímu jevu nedocházelo umísťujeme na začátek spodní větve stěrače pásu, které mají za úkol odstranit nečistoty z pásu. Podle velikosti dopravníku a druhu dopravovaného materiálu se volí typ a tvar čističe pásu. Příklady čištění pásu můžeme vidět na *Obr. 17* a *Obr. 18*. [2]



Obr. 17: Měkká pryž se závažím [2]

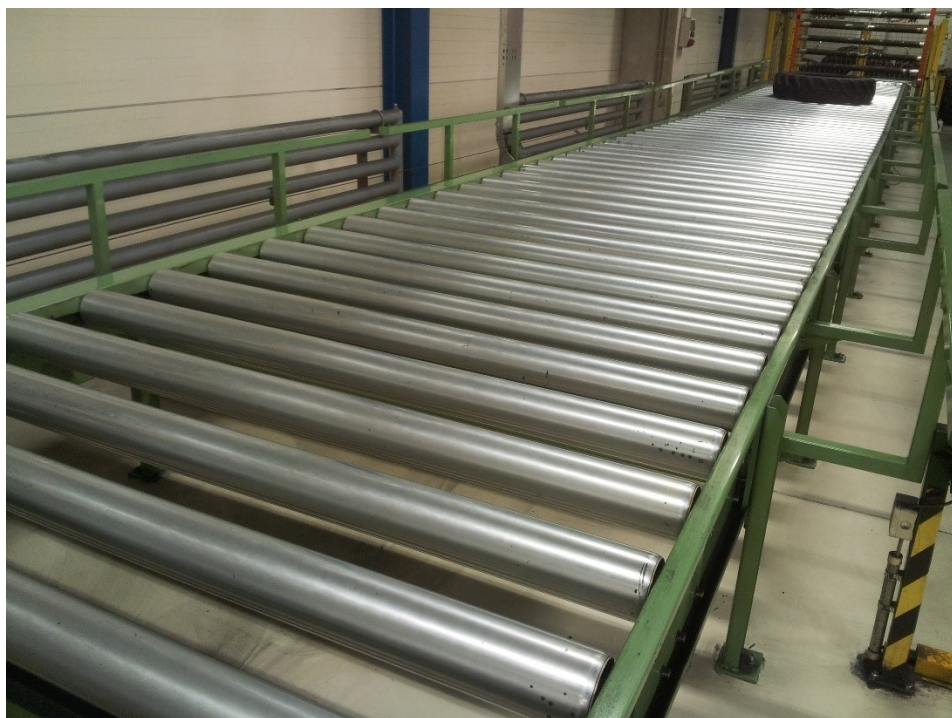


Obr. 18: Rotační čistič [2]

4 VÁLEČKOVÉ TRATĚ

Válečkové dopravníky jsou dopravníkové systémy, kde dopravní pás tvoří řada za sebou paralelně uložených valivých elementů – válečků. Tyto valivé prvky jsou otočné okolo svých čepů nebo jsou na hřídeli otočně uloženy ve stabilních pevných rámech, respektive v rámech, které se dají přemísťovat. Rám a válečky v něm otočně uložené jsou základní stavební dvojicí válečkových dopravníků. Jednotlivé řady válečků na dopravní trati mohou tvořit sekce dopravníku, které mohou mít přímý nebo obloukový modul a sestavuje se z nich žádaná délka trati. Válečkové tratě slouží k dopravě kusových předmětů, které mají rovné ložné plochy nebo také k dopravě břemen nerovných drobných tvarů uložených na podložce nebo v obalu. Tyto typy dopravních tratí nacházejí své uplatnění zejména v průmyslu v mezioperační dopravě, ve skladech či při nakládání a vykládání dopravních prostředků. Důležitým kritériem při návrhu válečkové tratě pro přepravu předmětů pomocí je, že dopravovaný předmět musí vždy ležet minimálně na dvou válečcích současně. Válečkové tratě můžeme rozdělit do dvou základních skupin: [2]

- a) gravitační tratě – dopravované předměty se pohybují vlivem tíhové složky nebo tlačení po nepoháněných válečcích,
- b) poháněné tratě – dopravované předměty se pohybují vlivem vnějším nuceným otáčením válečků.



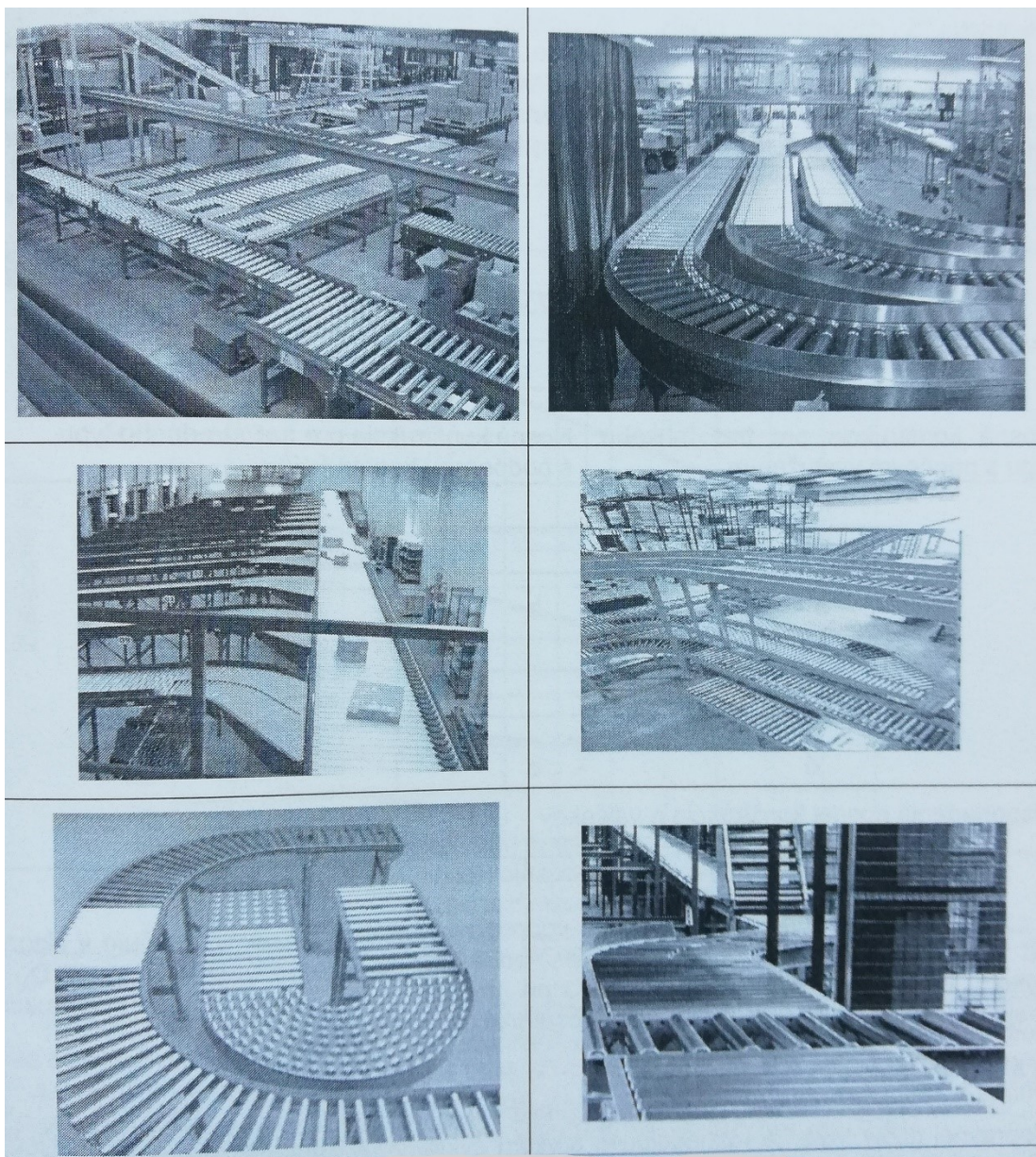
Obr. 19: Příklad vodorovné válečkové trati

4.1 Konstrukční prvky válečkových tratí

Konstrukční znaky válečkových dopravníků vycházejí z podstaty systémové struktury dopravníků, které jsou vázány na valivý prvek – váleček, respektive paralelně uložené válečky.

Elementární moduly běžné stavby válečkových dopravníkových systémů mohou být: [1]

- přímé a obloukové moduly,
- přepojovací uzly-spojky,
- přesouvací, zdvihací a otáčecí zařízení,
- nastavitelné, pružné a pevné zarážky.

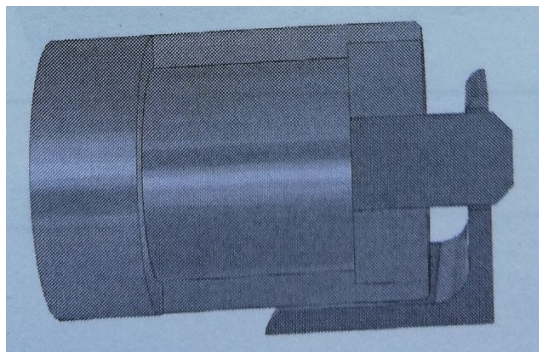


Obr. 20: Příklady válečkových dopravních systémů [1]

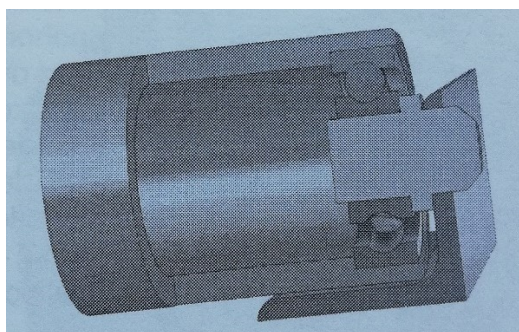
4.1.1 Valivý element

Váleček, jakožto válcový valivý prvek má za úkol nést, unášet a přesouvat přepravovaný předmět po celé délce dopravní tratě a je stěžejním prvkem v systémové struktuře válečkových tratí (dopravníků). Předmět na dopravní trati váleček udává do pohybu pomocí jeho obvodové síly, kterou koná vyvolaným vnějším vlivem otáčením kolem své osy. Válečky mohou být zhotoveny z hliníkových slitin, běžných ocelových slitin nebo také z plastických hmot. Tvar válečku, jeho rozměry a materiál se volí především podle tvaru dosedací plochy přepravovaného předmětu a také dle celkového návrhu dopravníkové trati. V rámci konstrukčního řešení válečku v místě hřídele a ložiskového uložení v nosné konstrukci dopravníku rozlišujeme několik způsobů uložení: [1]

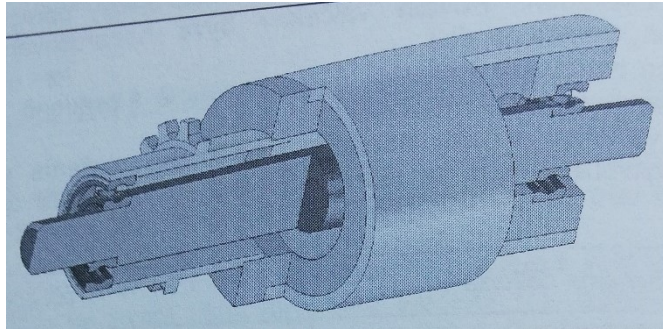
- a) nepoháněný váleček – hřídel válečku nahrazena čepem, ten je kluzně uložený ve válečku
- b) nepoháněný váleček – hřídel válečku nahrazena čepem, ten je valivě uložený ve válečku
- c) poháněný váleček – pohon válečku probíhá přes řetězové kolo, jež je osazeno na hřídeli válečku, která je tuhá – váleček uložený valivě
- d) poháněný váleček – pohon válečku se děje přes dvojici řetězových kol, jež jsou osazené na hřídeli válečku, která je tuhá – váleček uložený valivě
- e) nepoháněné valivé těleso tvaru koule, které je volně uložené ve valivém hnízdě



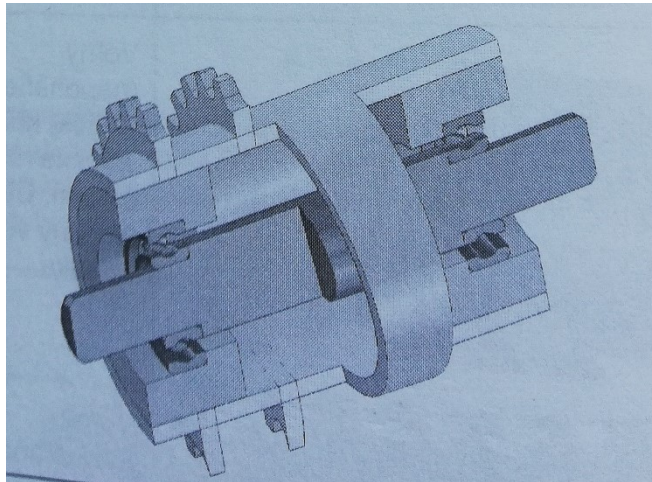
Obr. 21: Ukázka uložení válečku typ a) [1]



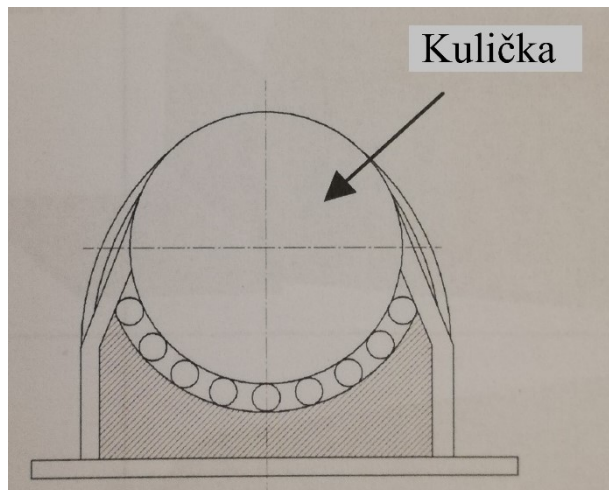
Obr. 22: Ukázka uložení válečku typ b) [1]



Obr. 23: Ukázka uložení válečku typ c) [1]



Obr. 24: Ukázka uložení válečku typ d) [1]

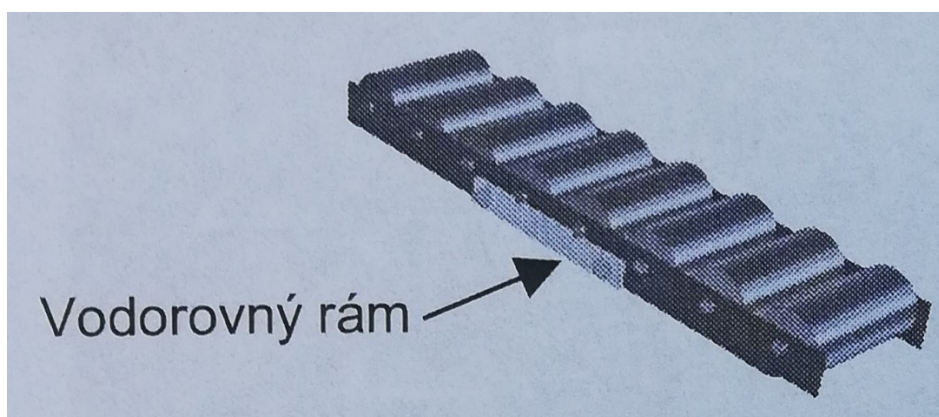


Obr. 25: Ukázka uložení válečku typu e) [1]

Podle typu přepravovaného materiálu se volí tvar, rozměry a poloha jednotlivých válečků, aby na dopravníkové trati docházelo k co nejplynulejšímu chodu objektů a nedošlo například k propadnutí předmětů mezi válečky, částečnému nebo úplnému zničení dopravníku, popřípadě dopravovaných předmětů.

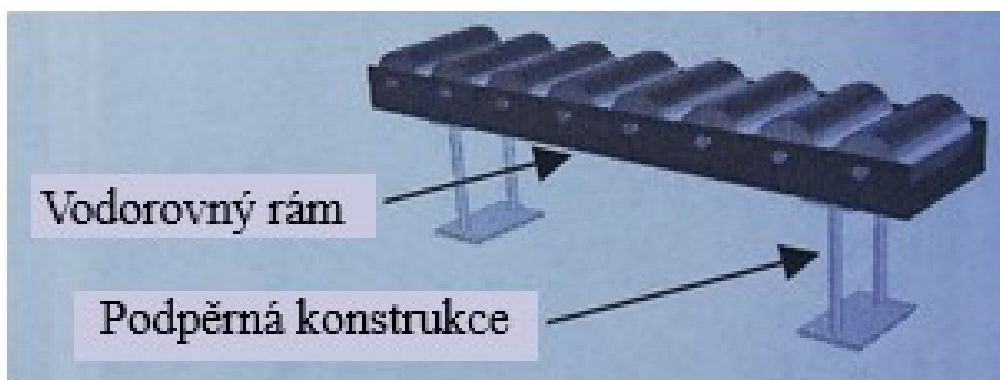
4.1.2 Přímý modul

Tento přímý modul je charakteristický tím, že doprava objektů v jeho režii probíhá v přímém (rovném) směru jak jednosměrně, tak obousměrně. Po konstrukční stránce se skládá z těchto prvků: samotné nosné konstrukce, pohonu a válečků. Přímý modul a jeho nosná konstrukce je součástí nosné konstrukce celkové válečkové trati a dimenzuje se proto, jako sestava rámu a podpěrného systému. V rámci funkce rámu v systému dopravníku je podstatné dodržet určené přesnosti děr pro uložení válečků do rámu. Rámy se nejčastěji dělají z typizovaných hliníkových profilů, aby byla konstrukce dopravníku lehká, ale zároveň stabilní. Pro zlepšení stability a celkové tuhosti rámu se rámy vyztužují příčnými a distančními spojkami. Příklady přímých modulů: [1]



Vodorovný rám

Obr. 26: Vodorovný přímý modul pro lehký průmysl [1]



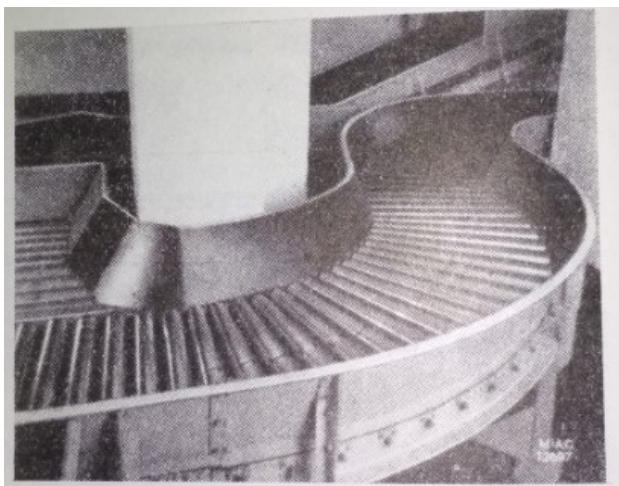
Vodorovný rám

Podpěrná konstrukce

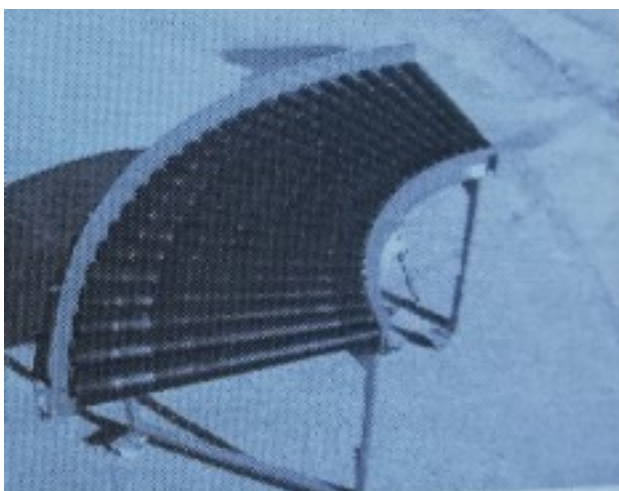
Obr. 27: Rám s podpěrnou konstrukcí pro středně těžký průmysl [1]

4.1.3 Obloukový modul

Obloukové moduly slouží v sestavě dopravníkového systému k propojení přímých modulových tratí a obloukových pasáží dopravní trati do různých uspořádání prostorových celků. Od přímých pasáží se ty obloukové, odlišují významně jinými konstrukčními prvky. Nejčastěji se u obloukových modulů využívají valivá tělesa tvaru kužele, výhodou těchto kuželů je v tom, že zabraňují sklouznutí předmětu z dopravní trati v obloukovém úseku. Odpor u rádiusových modulů je čím dál větší, když je rozteč os valivých elementů a stoupání tratě větší. Narážení předmětů do kuželů na dopravní trati je negativní jev v přepravě objektů, ale částečně se dá eliminovat přidáním většího množství valivých prvků, které jsou uloženy více u sebe.



Obr. 28: Ukázka č.1 obloukového modulu [4]



Obr. 29: Ukázka č.2 obloukového modulu [1]

4.2 Gravitační válečkové tratě

Gravitační válečkové tratě patří k nejjednodušším dopravním zařízením, které jsou hojně zastoupené ve výrobních, ale i nevýrobních oblastech. Princip pohybu břemen na gravitačních válečkových dopravnících spočívá na fyzikálním jevu samotíže. Sklon dopravní tratě se pohybuje v rozmezí od 1.5° do 5° . U delších dopravníků je nutnost nainstalovat brzdy nebo zářky tak, aby břemena, nestihly nabrat příliš vysokou rychlost. Brzdové válečky se volí individuálně podle typu přepravovaného objektu, ale mohou být elektrické, třecí nebo hydraulické. Zářky jsou nejčastěji ovládány pneumaticky. [2], [3]



Obr. 30: Gravitační trat' s pneumaticky ovládanou brzdou



Obr. 31: Systém zářek na dopravníku

4.3 Poháněné válečkové tratě

Pod pojmem poháněné válečkové tratě si představme jednotlivé válečky, které jsou hnané společným řetězem nebo individuálním pohonem každého válečku. Typickým prvkem těchto tratí je otáčení buď všech válečků anebo válečků, které jsou v periodicky se opakujících skupinách na trati po celé délce. Tyto tratě se vyskytují ve dvou konstrukčních provedeních. První typ poháněné válečkové tratě dopravuje předměty mezi pracovišti na větší vzdálenost, takže plní zejména dopravní funkci ve výrobním procesu. Druhý typ tratě vykonává dopravní manipulace v bezprostřední blízkosti pracovního stroje. Jejich funkce je úzce vázána na technologický postup, respektive na pracovní trať. Použití poháněných válečků v hromadné výrobě na místech pro: [2], [3]

- stoupající tratě nebo razantně klesající tratě, kde se dají předměty brzdit pomocí pevných válečků,
- tratě, které spojují odlišné typy dopravníků (gravitační trať a pásový dopravník),
- reverzační tratě,
- rozvětvování tratí.



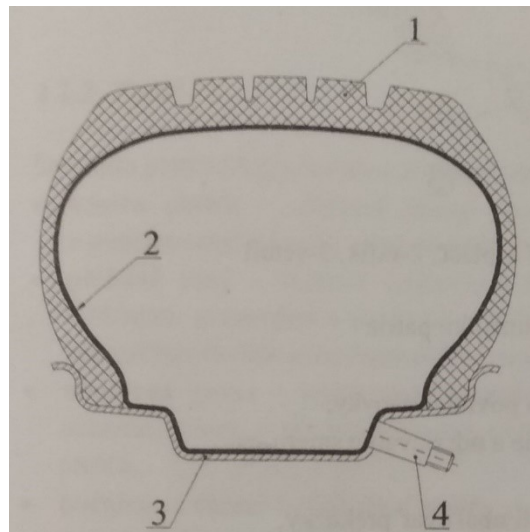
Obr. 32: Poháněné válečky pomocí řetězu

5 PNEUMATIKY

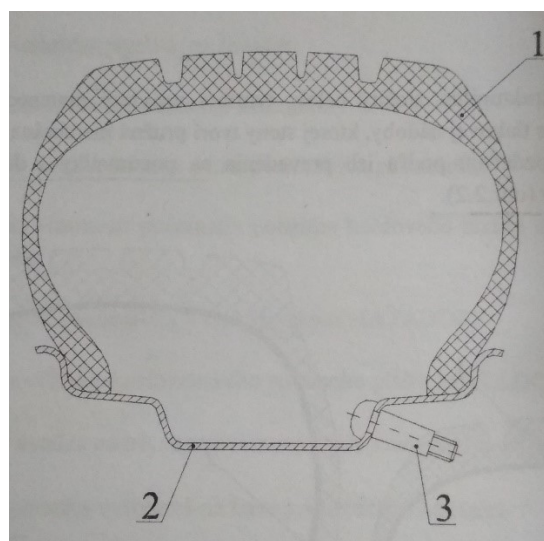
Pneumatika tvoří uzavřený strukturálně složitý prsteneč toroidního tvaru a je založená na principu tlakové nádoby, kde stěny tvoří pružná membrána. [5]

Pneumatiky můžeme rozdělit z pohledu jejich provedení na: [5]

- pneumatiky s duší,
- bezdušové pneumatiky.



Obr. 33: Pneumatika s duší [5]
1 – plášť, 2 – duše, 3 – ráfek, 4 – ventil



Obr. 34: Bezdušová pneumatika [5]
1 – plášť, 2 – ráfek, 3 – ventil

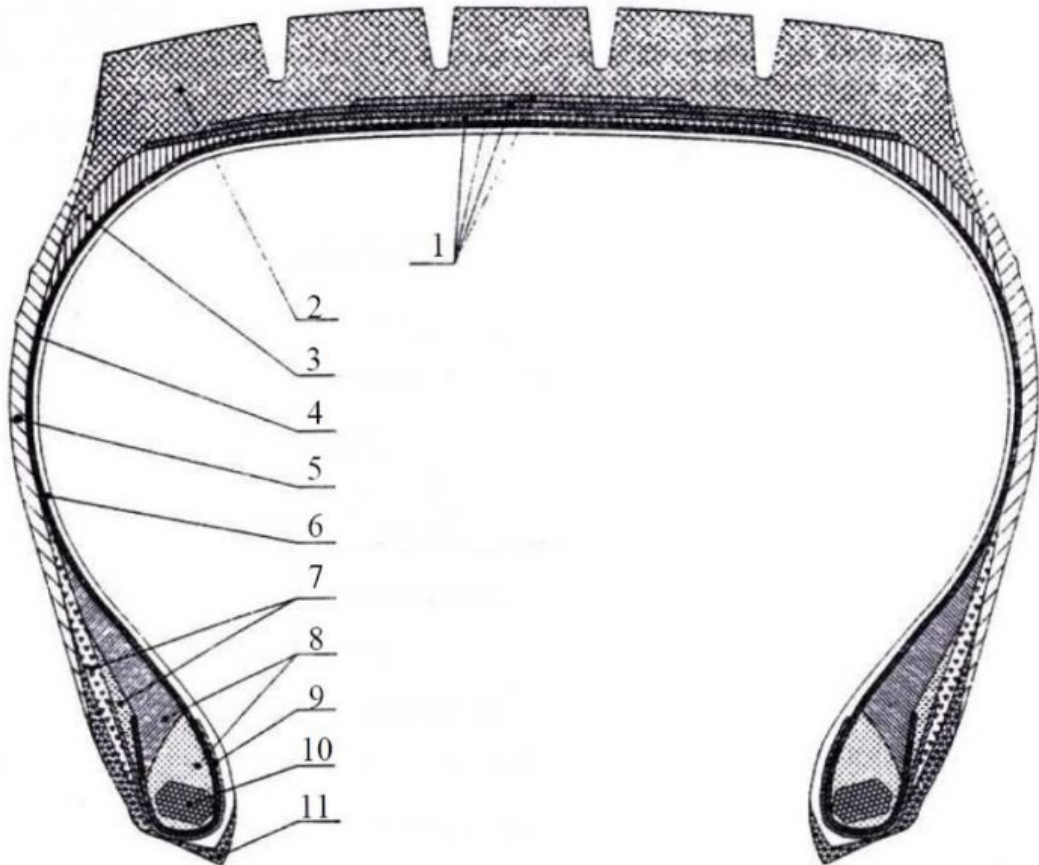
5.1 Konstrukční prvky pláště

Plášť je vnější pružná část pneumatiky, jenž zajišťuje bezpečný styk s vozovkou, a svou patní částí dosedá na ráfek kola. Plášť je strukturálně velmi složitý celek a skládá se z následujících částí: [5], [6]

- **kostra pláště**
 - stěžejní nosný prvek tvořený kordovými vložkami, které jsou zakotvené kolem patních lan,
 - udává celou řadu důležitých vlastností pneumatiky např. nosnost pneumatiky, její tvar a jízdní vlastnosti,
 - vlastnosti kostry pláště závisí na typu použitých kordových vložek.
- **patka pláště**
 - zesílená část pláště, která dosedá na ráfek,
 - vytvoří se ohnutím kordových vložek kolem patních lan,
 - po vulkanizaci tvoří pogumované kordy s ocelovými lany tuhý systém, který umožňuje pevné uchycení pláště na ráfek.
- **vnitřní guma**
 - vrstva gumy, která se nachází na vnitřní straně pláště,
 - má za úkol chránit kostru pláště a u bezdušových plášťů brání pronikání vzduchu do kostry pláště.
- **bočnice**
 - chrání boční část kostry před mechanickým poškozením a povětrnostními vlivy,
 - vyrobená ze speciální kaučukové směsi, která je odolná proti prolamování a vzniku trhlin.
- **běhoun**
 - vnější část pláště, která je v přímém styku s vozovkou a je opatřena vzorkem (desénem),
 - vyrobený z kaučukové směsi, která má dobré přilnavé (adhezivní) vlastnosti a vysokou odolnost proti opotřebení.
- **nárazník**
 - část pláště, která tvoří přechod mezi kostrou pláště a běhounem,
 - tvoří ho navzájem překřížené vrstvy pogumovaného kordu,
 - zachytává obvodové namáhání, příčné síly a tlumí rázy od vozovky.

- výplně
 - tvarové gumové profily, které mají za úkol zlepšit plynulost přechodu mezi jednotlivými prvky pláště.

5.2 Struktura pláště



Obr. 35: Řez pláštěm [5]

1 – nárazník, 2 – běhoun, 3 – výplň ramene, 4 – kostra, 5 – bočnice, 6 – vnitřní guma,
7 – výplň patky, 8 – jádro, 9 – výztuž patky, 10 – patní lano, 11 – patní guma

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem práce je navrhnout a zkonstruovat pásový vodorovný dopravník určený k vnitropodnikové přepravě osobních pneumatik mezi technologickou operací lisování a mezi pracovištěm dokončovny podle následujících kritérií:

- šířka dopravníku $b = 1000$ mm,
- délka dopravníku $l = 6000$ mm,
- dopravní rychlost $v = 30$ m/min,
- maximální průměr pneumatik $d_t = 800$ mm,
- maximální hmotnost pneumatik $m_p = 50$ kg/m²,
- maximální teplota pneumatiky $t_t = 60$ °C,
- rozestupy mezi pneumatikami $r_t = 1000$ mm,
- teplota okolí $t_o = 20$ °C.

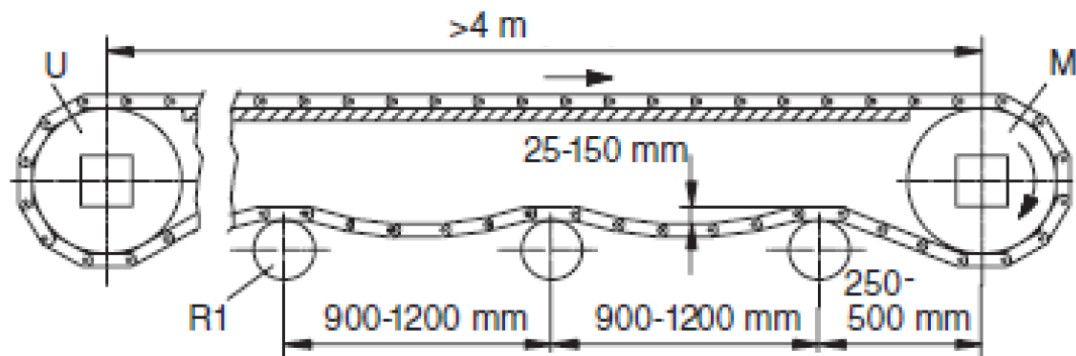


Obr. 36: Ukázka modulárního dopravníku

7 NÁVRH KONSTRUKCE

Jako návrh řešení daného zadání jsem zvolil přepravu pneumatik pomocí modulárního pásového dopravníku, který má výborné chladicí a čistící vlastnosti při chodu. Charakteristickou vlastností modulárních dopravních pásů je změna délky pásu v závislosti na měnících se provozních podmínkách, a to především působením teploty a zatížení. Přebytná délka pásu je korigována v nepodepřeném místě ve zpětné větvi dopravníku, kde dochází průvěsu pásu. Při návrhu a výpočtu vodorovného modulárního dopravníku jsem čerpal ze zdrojů firmy Habasit, která je dlouhá léta ve světovém popředí mezi výrobci modulárních dopravníků. Výpočet se provede pomocí konstrukční směrnice výrobce. [9]

7.1 Obecné schéma modulárního dopravníku



Obr. 37: Schéma modulárního dopravníku [9]

U větších délek dopravníků, které podléhají významným změnám teplot je zapotřebí použít i několik pasáží s průvěsy. Struktura konstrukce dopravníku dlouhého víc než 4 m je vyobrazena na Obr. 37 kde:

R1 – průměr podpěrných válečků min. 50 mm,

U – hnané ozubené kolo,

M – hnací ozubené kolo.

Rozteče mezi podpěrnými válečky mohou být stejné (u méně těžkých dopravních pásů), ale doporučuje se, a to hlavně u těžších pásů volit vzdálenosti mezi osami podpěrných válečků rozdílné, aby nedocházelo k rozvlnění pásu a následnému zaseknutí na válečku.

7.2 Volba dopravního pásu

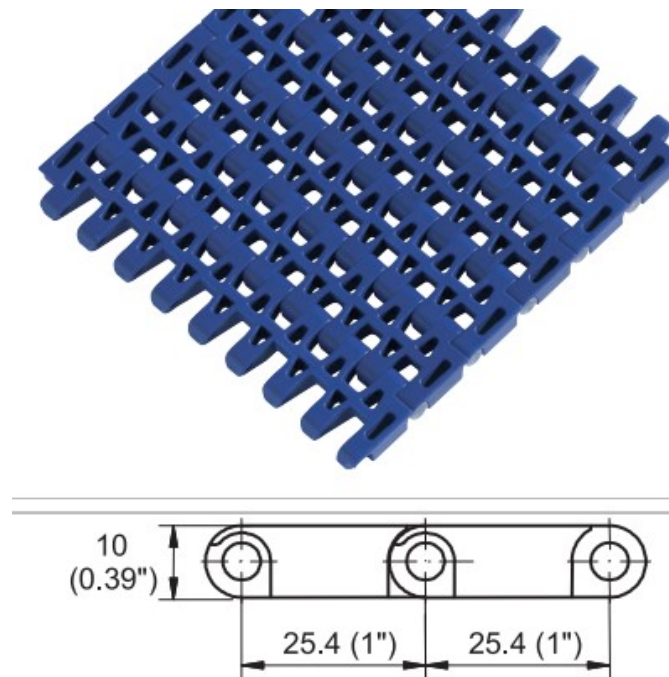
Na základě parametrů teploty, váhy a šířky pneumatik je zvolen modulární pás firmy Habasit označení modelu series M2533 1“ Flush grid. Rozteč 1“ (25,4 mm) za označením modelu značí vzdálenost mezi klouby jednotlivých modulů. Podle rozteče mezi klouby pásu se dále volí ozubená kola a hřídel. Pro tento pás se doporučuje použít ozubené kolo celistvého tvaru, ne dělené. Tento konkrétní pás má velmi dobrou schopnost odvádět teplo do okolí, protože není plný, ale mřížkovaný. Dopravní pás se pohybuje v důsledku otáčení ozubených kol, proto je perforovaný, aby měly hnací a hnaná kola na hřídeli kam zapadnout. Kompromisem tohoto pásu je, že má dostačující jmenovitou tažnou sílu i přes jeho rastrovaný průřez. Poměr mezi volným prostorem a materiálem je 1:3. Má vynikající čistící vlastnosti, nečistoty z pneumatik opadávají přes mřížkovaný profil dolů.

Z technické listu pásu jsou známy tyto parametry:

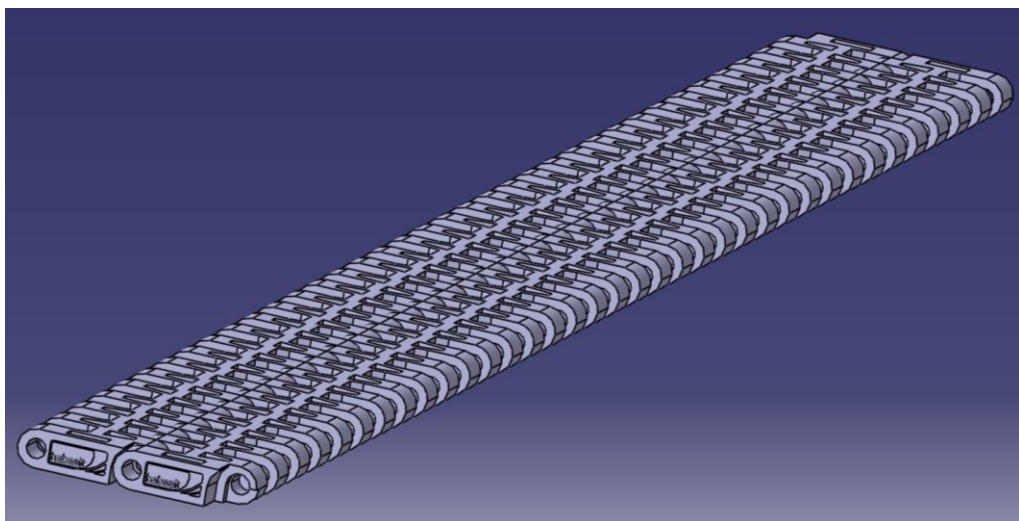
- materiál pásu: polypropylen PP,
- materiál spojovacích tyčinek: PP,
- průměr spojovacích tyčinek: $d_{\varepsilon} = 5 \text{ mm}$,
- jmenovitá tažná síla pásu: $F'_N = 14000 \text{ N/m}$ na 1 m šířky pásu,
- pracovní teplota pásu: $t_p = 5\text{--}105 \text{ }^\circ\text{C}$,
- hmotnost (tíha) pásu: $m_b = 4,6 \text{ kg/m}^2$,
- šířka pásu $b_0 = 1000 \text{ mm}$.

Tab. 2: Vlastnosti PP [9]

PP (polypropylen)		
vlastnost	jednotka	hodnota
hustota	g/cm^3	0,9
modul pružnosti	N/mm^2	1500
pevnost v tahu	N/mm^2	30
bod tavení	$^\circ\text{C}$	165
lineární součinitel tepelné roztažnosti	$\text{mm}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$	0,13
tvrdost dle Brinella	N/mm^2	60



Obr. 38: Ukázka zvoleného pásu a jeho rozměry [9]



Obr. 39: Dva moduly pásu ve 3D modelu

7.3 Volba materiálu a tvaru kluzných lišt a ocelových profilů

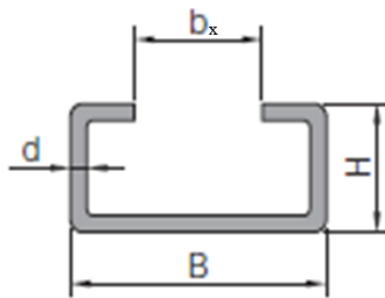
Kluzné lišty jsou velmi důležitým aspektem pro plynulý chod celého dopravníku. Pod dopravním pásem se na příčnick dopravníku přišroubují C – profily z nerezavějící oceli, do kterých se následně zasouvají I profily z polymeru. Nejvhodnější, co se týče poměru vlastností a ceny jsou kluzné lišty z PE (polyethylenu). Hlavní přednosti PE kluzných lišt:

- nízký koeficient tření,
- samostatné mazání,
- absorpce vibrací a hluku,
- vysoká odolnost proti opotřebení,
- vysoká chemická odolnost,
- žádná koroze,
- nulová absorpce vlhkosti,
- vysoká dielektrická pevnost,
- vysoká rázová a lomová pevnost.

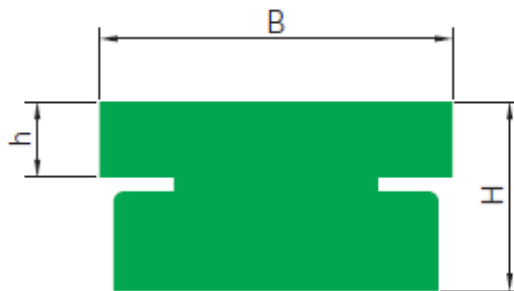
Tab. 3: Vlastnosti PE [9]

PE (polyethylen)		
vlastnost	jednotka	hodnota
hustota	g/cm ³	0,94
modul pružnosti	N/mm ²	850
pevnost v tahu	N/mm ²	24
bod tavení	°C	135
lineární součinitel tepelné roztažnosti	mm/(m.°C)	0,2
tvrdost dle Brinella	N/mm ²	38

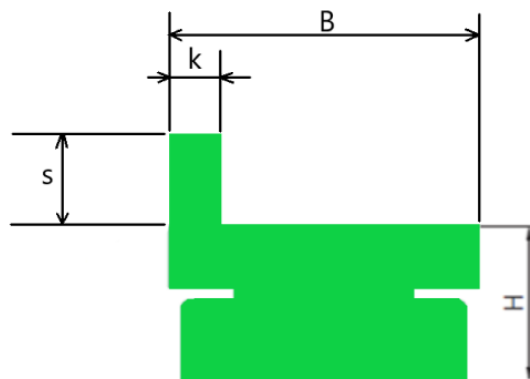
Na základě těchto skutečností volím materiál kluzné lišty z PE (polyethylen) z katalogu firmy Habasit. Dopravník je 6 m dlouhý, tudíž volím dvě lišty z PE v délce 3 m a jeden nerezový C profil v délce 6 m. Mezi lištami při napojování bude stanovená mezera od výrobce 16 mm kvůli tepelné roztažnosti polymerního materiálu PE. Lišty budou u sebe zřezány pod úhlem 45°, z důvodu plynulejšímu přechodu pásu z jedné kluzní lišty na druhou. Přesné označení kluzné lišty je PC – 01 a protikus k této liště pod označením CI – 3.



Obr. 40: Nerezový profil tvaru C [9]



Obr. 41: Kluzná lišta tvaru I [9]



Obr. 42: Krajní lišta [9]

Kde: B – šířka profilu C, I je rovna 20 mm,

H – výška profilu C, I je rovna 10 mm,

h – výška kluzné části je rovna 4 mm,

b_x – šířka vybrání C profilu je rovna 10 mm,

d – tloušťka C profilu je rovna 1,5 mm,

k – tloušťka stěny krajní lišty je rovna 4 mm,

s – výška stěny krajní lišty je rovna 12 mm.

8 FUNKČNÍ VÝPOČET MODULÁRNÍHO DOPRAVNÍKU

Po zjištění parametrů potřebných k výpočtu dopravníku provedeme funkční výpočet modulárního dopravníku. Ke správnému výpočtu podle konkrétních kritérií jsem použil konstrukční katalog a směrnici firmy Habasit. [9]

8.1 Užitečná tažná síla

Tah modulárního pásu zjistíme ze vzorce: [9]

$$F'_E = [(2 \cdot m_b + m_p) \cdot l \cdot \mu_G + m_p \cdot \mu_p \cdot l_a] \cdot g$$

$$F'_E = [(2 \cdot 4,6 + 50) \cdot 6 \cdot 0,1 + 50 \cdot 0,17 \cdot 1] \cdot 9,81$$

$$F'_E = 431,8 \text{ N/m}$$

Kde: F'_E – užitečná tažná síla na metr šířky pásu [N/m],

m_b – hmotnost pásu [kg/m²],

m_p – hmotnost pneumatiky [kg/m²],

l_0 – dopravní délka [m],

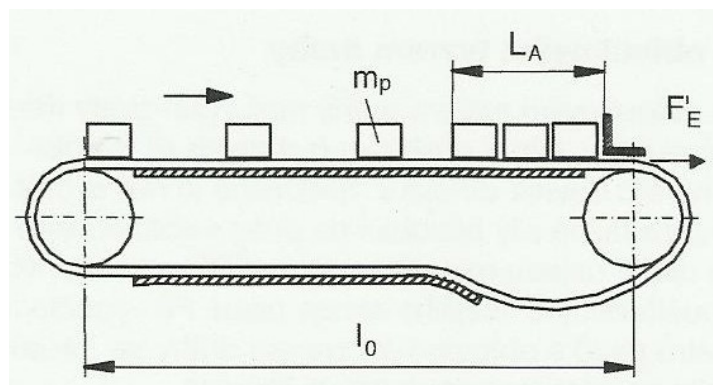
μ_G – součinitel tření mezi pásem a kluznou lištou [-],

μ_p – součinitel tření mezi pásem a pneumatikou [-],

l_a – délka nahromadění [m],

g – součinitel tíhového zrychlení [m/s²].

Součinitelé tření μ_p , μ_p byly zjištěny z fyzikálních vlastností daných materiálů.



Obr. 43: Schématický rozbor veličin [9]

8.2 Nastavená tažná síla pásu

Nastavený tah pásu zohledňuje ve vzorci provozní podmínky, které jsou mohou snížit životnost pásu. Vzorec pro nastavenou tažnou sílu má toto znění: [9]

$$F'_S = F'_E \cdot c_s$$

$$F'_S = 431,8 \cdot 1,2$$

$$F'_S = 518,2 \text{ N/m}$$

Kde: F'_S – nastavený tah pásu na metr šířky pásu [N/m],

F'_E – užitečná tažná síla na metr šířky pásu [N/m],

c_s – provozní součinitel [-].

Provozní součinitel byl zjištěn z *Obr. 44*, který obsahuje tabulku provozních součinitelů přímo od výrobce. Základní provozní součinitel udávaný výrobcem je roven 1 a značí rozběh systému před zatížením. K této hodnotě jsem přičetl hodnotu 0,2 z důvodu zastavování dopravníku během procesu vícekrát než jednou za hodinu.

Provozní podmínky Poznámka: Doporučuje se pohon s měkkým rozběhem, který je podmínkou pro časté rozběhy/zastavování a pro rozběh s plným zatížením.	Provozní součinitel c_s						
	Standardní přímé pásy a šikmé přímé pásy bez zpětného průhybu			Velmi malá rozteč s předávací hranou		Pás s obloukovým tvarem dráhy (oblouky do 90°)	
	Standardní čelní pohon (tažný pohon)	Strkací pohon (jedno- a obousm.)	Středový pohon (jedno- a obousm.)	čelní strana	oba konce	Standardní čelní pohon (tažný pohon)	Středový pohon
Rozběh před zatížením	1	1.4	1.2	1.6	2	1.6	1.8
Časté rozběhy/ zastavování během procesu (více než jedenkrát za hodinu)	přičíst 0.2	přičíst 0.2	přičíst 0.2	přičíst 0.2	přičíst 0.2	přičíst 0.2	přičíst 0.2
Šikmé dopravníky se zpětným/spodním průhybem (dopravníky typu Z)	přičíst 0.6	přičíst 0.6	přičíst 0.6	není použitelná	není použitelná	přičíst 0.6	přičíst 0.6
Rychlost vyšší než 30 m/min	-	-	-	přičíst 0.2	přičíst 0.2	přičíst 0.2	přičíst 0.2

Obr. 44: Provozní součinitel c_s [9]

8.3 Maximální přípustná tažná síla pásu

Přípustnou tažnou sílu pod hodnotu jmenovité pevnosti v tahu významně snižují dva faktory, a to teplota a dopravní rychlost. Jmenovitá pevnost pásu v tahu je u každého pásu odlišná a najdeme ji v technických údajích o pásu. Vzorec pro výpočet síly je následující: [9]

$$F'_{adm} = F'_E \cdot c_T \cdot c_V$$

$$F'_{adm} = 14000 \cdot 1 \cdot 0,88$$

$$F'_{adm} = 12320 \text{ N/m}$$

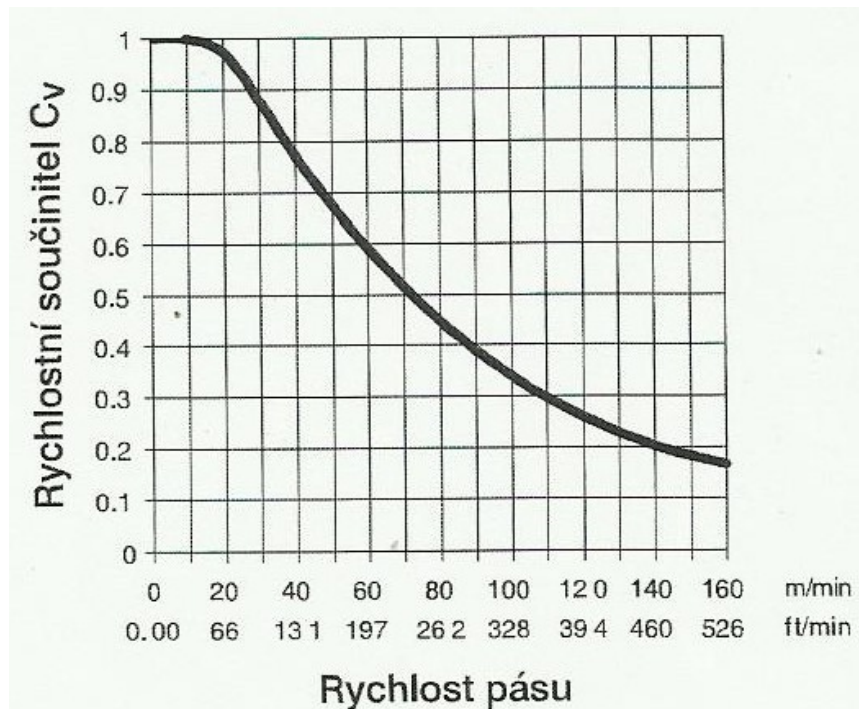
Kde: F'_{adm} – maximální tažná síla pásu na metr šířky pásu [N/m],

F'_E – užitečná tažná síla na metr šířky pásu [N/m],

c_T – teplotní součinitel [-],

c_V – rychlostní součinitel [-].

Teplotní součinitel je roven 1 z toho důvodu, protože nedochází k velkým teplotním rozdílům během dopravního procesu. Rychlostní součinitel byl vyčten z *Obr. 45*, kde je vyobrazený graf závislosti rychlosti pásu a rychlostního součinitele.



Obr. 45: Graf rychlosti pásu a rychlostního součinitele c_v [9]

8.4 Kontrola pevnosti pásu

Srovnáním nastavené tažné síly pásu F'_s a maximální přípustné tažné síly F'_{adm} zjistíme, zdali je zvolený typ modulárního pásu vhodný k přepravě osobních pneumatik. Vzorec pro splnění této důležité podmínky má takový tvar: [9]

$$F'_s \leq F'_{adm}$$

$$518,2 \leq 12320$$

Vztah vyhovuje podmínce, takže zvolený pás je k aplikaci vhodný.

8.5 Dimenzování hnací a hnané hřídele

Volba podle tvaru, materiálu a velikosti hřídele. Hřídel bude uložena ve dvou ložiskových domečcích, které budou umístěny na obou koncích hřídele. Ložiskový domeček bude pevně spojen s držákem ložisek, respektive s rámem dopravníku. Velikosti ložisek se zvolí až po návrhu hřídelí. Parametry hřídele musí splňovat následující kritéria: [9]

- maximální průhyb hřídele při největším zatížení musí být maximálně 2,5 mm, pokud bude prohnutí hřídele větší, než stanovená hodnota je potřeba zvolit jiný materiál, větší velikost hřídele nebo zvolit řešení otáčení hřídeli pomocí 3 ložisek,
- užitečný kroutící moment musí být menší nebo roven než přípustný kroutící moment.

8.5.1 Výpočet maximální síly na metr pásu

Pro jednosměrné čelní pohony musíme vypočítat maximální sílu na 1 m šířku pásu: [9]

$$F_w = F'_s \cdot b_0$$

$$F_w = 518,2 \cdot 1$$

$$F_w = 518,2 \text{ N/m}$$

Kde: F_w – plné zatížení hřídele [N/m],

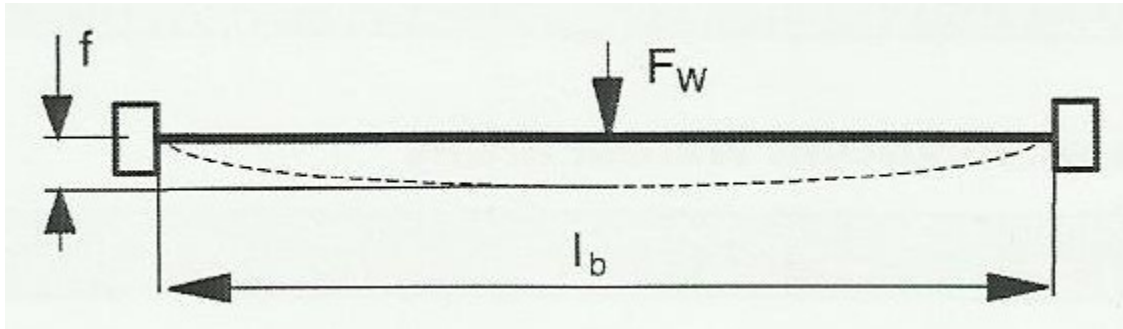
F'_E – užitečná tažná síla na metr šířky pásu [N/m],

b_0 – šířka pásu [m].

Volím materiál hřídele z nerezové oceli o čtvercovém průřezu velikosti 40 mm, kde:

- modul pružnosti v tahu $E = 195\,000 \text{ N/mm}^2$,
- modul setrvačnosti $I = 213\,330 \text{ mm}^4$.

8.5.2 Prohnutí hřídele



Obr. 46: Prohnutí hřídele a uložení na 2 ložiscích [9]

Užitečné prohnutí hřídele f pro uložení na 2 ložiscích se vypočítá: [9]

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{F_w \cdot l_b^3}{E \cdot I}$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{518,2 \cdot 1040^3}{195000 \cdot 213330}$$

$$f = 0,16 \text{ mm}$$

Kde: F_w – plné zatížení hřídele [N/m],

l_b – vzdálenost mezi ložisky na hřídeli [mm],

E – modul pružnosti v tahu/tlaku [N/mm²],

I – modul setrvačnosti [mm⁴].

Podmínka pro správné použití hřídele:

$$f < f_{max}$$

$$0,16 < 2,5$$

Kde: f – užitečné prohnutí hřídele [mm],

f_{max} – maximální povolené prohnutí hřídele [mm].

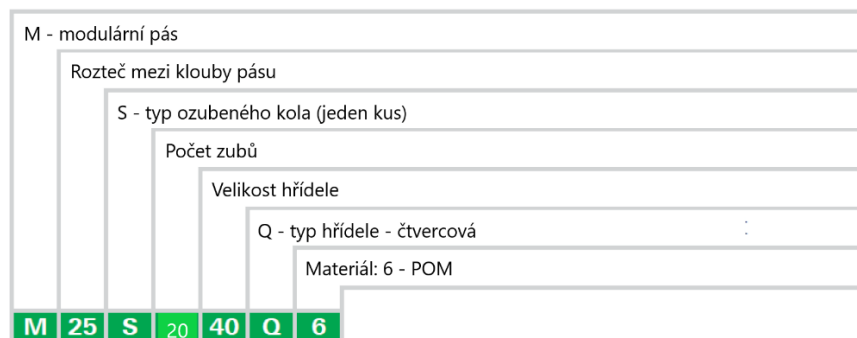
Podmínka prohnutí hřídele splněna, hřídel vyhovuje danému zatížení.

Tab. 4: Vlastnosti nerezové oceli

Nerezová ocel		
vlastnost	jednotka	hodnota
hustota	g/cm ³	7
modul pružnosti	N/mm ²	195000
pevnost v tahu	N/mm ²	800-900
bod tavení	°C	1400
lineární součinitel tepelné roztažnosti	mm/(m.°C)	0,010-0,016
tvrdost dle Brinnela	N/mm ²	240

8.6 Volba ozubeného kola

Podle zvoleného modulárního pásu a navrhnuté hřídele čtvercového průřezu volíme typ, počet zubů a roztečný průměr ozubených kol. Na základě těchto skutečností jsem zvolil typ ozubeného kola modelové řady M2500 od výrobce Habasit označení M25S2040Q6. [9]



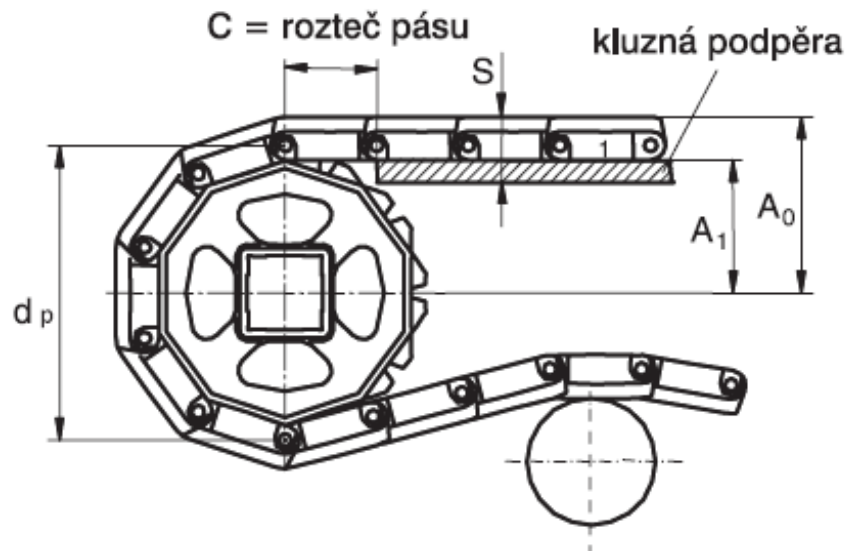
Obr. 47: Vysvětlivky k ozubenému kolu



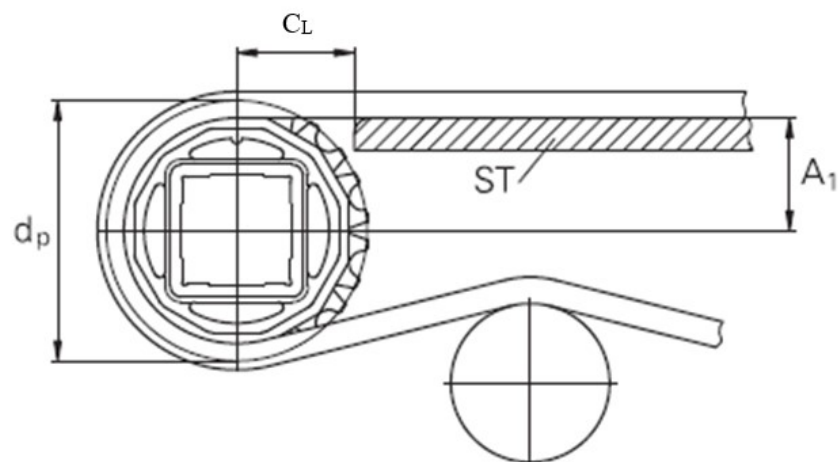
Obr. 48: Ozubené kolo M25S2040Q6 [9]

Ostatní parametry spojené s ozubeným kolem: [9]

- průměr roztečné kružnice $d_p = 163$ mm,
- vzdálenost osy kola od kluzné lišty $A_1 = 76,5$ mm,
- největší vzdálenost od osy kola k výšce pásu $A_0 = 88,5$ mm,
- šířka ozubení $B_Z = 20$ mm,
- šířka kola ve čtvercové části $B_L = 30$ mm,
- velikost díry čtvercového průřezu $Q = 40$ mm,
- rozteč pásu (rozteč zubů na kole) $C_Z = 25,4$ mm (1"),
- tloušťka kluzné lišty a pásu $S = 16$ mm,
- vzdálenost kluzné lišty od osy kola $C_L = 30$ mm.



Obr. 49: Detailní nákres parametrů kola [9]



Obr. 50: Vzdálenost C_L od osy kola k liště [9]

8.6.1 Počet ozubených kol na hřídeli a jejich rozestupy

Počet ozubených kol na jednu hřídel se stanovuje z šířky modulárního pásu. Zpravidla volíme lichý počet kol, když není zadáno jinak, abychom dosáhli toho, že středové kolo bude napevno připevněno k hřídeli a jako jediné ze všech kol bude zajištěno proti axiálnímu posuvu na hřídeli. Minimální počet ozubených kol na 1 m šířky pásu je stanoven z tabulky technických listů na 9 kol. Z tabulky taky vyčteme rozestupy ozubených kol, přičemž minimální vzdálenost odpovídá 50 mm a maximální rozteč 100 mm. Vzdálenost mezi ozubenými koly určujeme pomocí násobků čísla 16,66. S ohledem na tyto fakty musíme zvolit vyšší počet kol, než je 9 z důvodu dodržení vzdáleností. Volím 11 ozubených kol na obou hřídelích na 1 metr šířky pásu. Výpočetní kritérium pro centrální kolo: [9]

$$k_c = \frac{b_0}{16,66}$$

$$k_c = \frac{1000}{16,66}$$

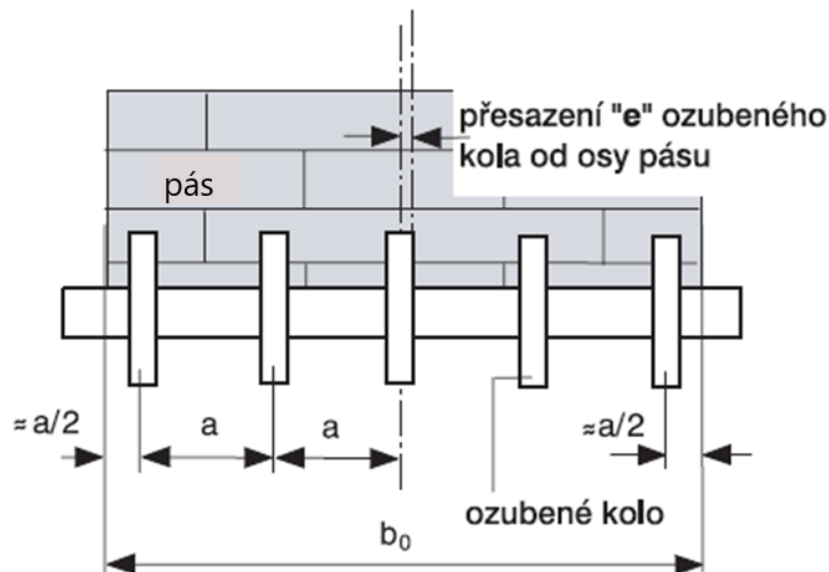
$$k_c = 60$$

Kde: k_c – kritérium pro centrální kolo,

b_0 – šířka pásu [m],

16,66 – násobek pro správné umístění ozubených kol [mm].

Výsledek výpočetního kritéria pro centrální kolo vyšlo sudé číslo z toho důvodu musí být centrální ozubené kolo přesazené o hodnotu 8,3 mm na hřídeli od osy modulárního pásu. Směr přesazení může být doprava i doleva. Během montáže ozubených kol na hřídele je podstatné, aby bylo zajištěno korektní vyrovnání zubů všech ozubených kol musí být zajištěna. Ozubené kola bývají opatřeny polohovací značkou, aby se synchronizovala všechna kola a bylo zajištěno správné odvalování po pásu. Ozubené kola, které mají počet zubů v násobcích čísla čtyři nemusí mít tuto polohovací značku, jejich radiální orientace je libovolná.



Obr. 51: Rozměry roztečí ozubených kol [9]

Na Obr. 51 jsou vyobrazeny rozměry u roztečí ozubených kol na hřídeli,

kde: a – rozteč dvou ozubených kol [mm],

$a/2$ – vzdálenost krajních kol od hrany pásu [mm],

e – přesazení centrálního kola od osy pásu [mm],

b_0 – šířka pásu [m].

Na základě předchozích skutečností volím rozteče mezi ozubenými koly 100 mm, přičemž odsazení centrálního kola od osy pásu bude 8,3 mm. Centrální kolo bude zajištěno proti axiálnímu posuvu rozpěrným pojistným kroužkem 40 ČSN 02 2930. [9], [10]



Obr. 52: Schéma zajištění ozubeného kola [9]

8.7 Kroutící moment na konci hřídele na straně motoru

Kroutící moment se počítá za účelem zjištění a stanovení průměru ložiskových čepů na konci hřídele potřebného pro přenos síly. Byla zvolena velikost průměru čepů 20 mm. Výpočet pro získání užitečného kroutícího momentu: [9]

$$T_M = F'_s \cdot b_0 \cdot \frac{d_p}{2} \cdot 10^{-3}$$

$$T_M = 518,2 \cdot 1 \cdot \frac{163}{2} \cdot 10^{-3}$$

$$T_M = 42 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Kde: T_M – užitečný kroutící moment [N · m],

F'_s – nastavený tah pásu na metr šířky pásu [N/m],

b_0 – šířka pásu [m],

d_p – průměr roztečné kružnice kola [mm].

Nyní vypočítáme maximální kroutící moment na straně motoru:

$$T_{adm} = \frac{\tau_{adm} \cdot \pi \cdot d_w^3}{16} \cdot 10^{-3}$$

$$T_{adm} = \frac{90 \cdot \pi \cdot 20^3}{16} \cdot 10^{-3}$$

$$T_{adm} = 141 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Kde: T_{adm} – přípustný kroutící moment [N · m],

τ_{adm} – maximální přípustné napětí v krutu, nerezová ocel přibližně 90 N/mm²,

d_w – průměr ložiskového čepu [mm].

Porovnáním užitečného a maximálního kroutícího momentu zjistíme, jestli průměr ložiskového čepu vyhovuje zatížení.

$$T_M < T_{adm}$$

$$42 < 141$$

Podmínka je splněna a zvolený průměr čepu vyhovuje zatížení.

8.8 Výpočet hnacího výkonu

K pohonu pásových dopravníků se zpravidla používají převodové elektromotory. Motory mohou být s různým typem převodovky. Nejčastěji používané převodovky u pohonů dopravníků jsou kuželové a šnekové převodovky. Vzorec pro výpočet hnacího výkonu: [9]

$$P_M = \frac{F'_s \cdot b_0 \cdot v}{60}$$

$$P_M = \frac{518,2 \cdot 1 \cdot 30}{60}$$

$$P_M = 259,1 \text{ W}$$

Kde: P_M – hnací výkon [W]

F'_s – nastavený tah pásu na metr šířky pásu [N/m],

b_0 – šířka pásu [m],

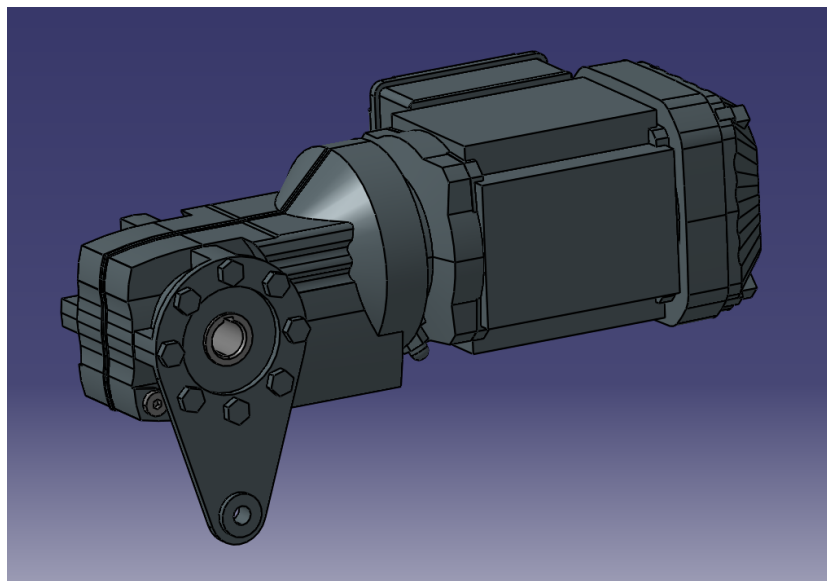
v – rychlost pásu [m/min]

8.9 Volba poháněcí stanice

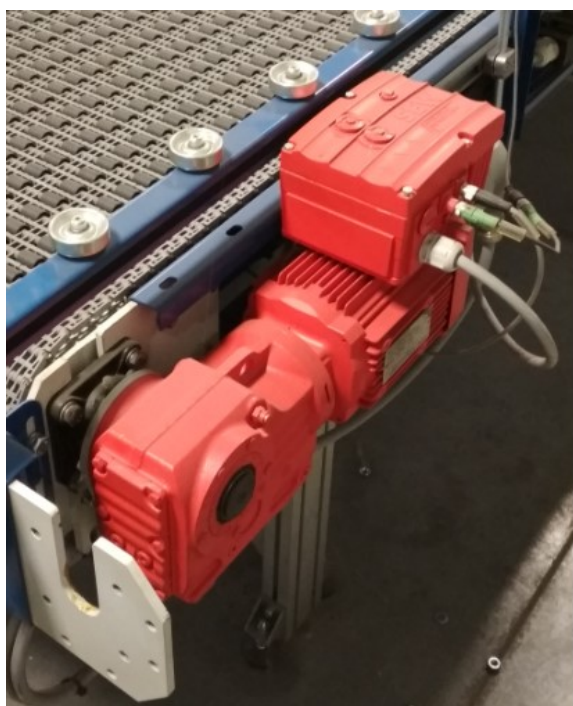
Na základě vypočítaného hnacího výkonu z bodu 8.8 volím jako poháněcí stanici dopravníku třífázový převodový elektromotor od firmy SEW model označení KA19/TDRN71M4/TF.

Tab. 5: Parametry elektromotoru [11]

KA19/TDRN71M4/TF.			
název	symbol	hodnota	jednotky
jmenovité otáčky motoru	n_m	1415	ot./min
výstupní otáčky motoru	n_v	76	ot./min
převodový poměr	i	18,55	-
výstupní kroutící moment	M_k	46	N·m
typ spojení s hřídelí	dutý hřídel 20 mm		
výstupní výkon motoru	P	0,37	kW
frekvence	f_r	50	Hz
napájení	U_1	400	V
proud	I	1,02	A
hmotnost motoru	m_m	11,55	kg
krytí motoru	IP 55		



Obr. 53: 3D model elektromotoru v software CATIAV5 [11]



Obr. 54: Reálný případ zapojení motoru

ZÁVĚR

V práci je zpracován teoretický rozbor obou druhů dopravních tratí. Praktická část se zaměřuje na návrh, konstrukci a výpočet modulárního pásového dopravníku mezi určenými operačními centry ve výrobním závodě. Výsledkem této bakalářské práce je konstrukční návrh modulárního pásového dopravníku určeného k vnitropodnikové přepravě osobních pneumatik. Práce obsahuje literární studii v oblasti pásových a válečkových dopravníků spolu se základním rozbohem dopravovaného materiálu. Na základě zadaných parametrů byl proveden funkční výpočet podle konstrukční směrnice firmy Habasit. Konstrukční prvky modulárního dopravníku byly zvoleny dle výpočtů a zadaných parametrů. Zda se bude jednat o závěsný nebo podlahový dopravník je v možnostech koncového uživatele.

Součástí bakalářské práce je výkresová dokumentace, která se skládá z výkresu sestavy dopravníku a výrobních výkresů držáku ložiska, hnací a hnané hřídele.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PALKO, Anton. *Dopravníky a dopravné stroje*. Prešov: Vydavateľstvo Michala Vaška, 2012. ISBN 978-80-7165-871-9.
- [2] GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1988.
- [3] DRAŽAN, František a Karel JERŤÁBEK. *Manipulace s materiálem: vysokoškolská učebnice*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979.
- [4] LÍBAL, Vladimír a kol. *Manipulace s materiálem*. Praha: STNL, 1966.
- [5] PREKOP, Štefan a kol. *Gumárska technológia II*. Trenčín: GC TECH Ing. Peter Gerši v spolupráci s Trenčianskou univerzitou A. Dubčeka, 2003. ISBN 80-88914-85-x.
- [6] MARCÍN, Jiří. *Pneumatiky-výroba, použití, údržba*. Praha: STNL, 1976.
- [7] METAL-PS, spol. s.r.o. *METAL-PS* [online]. 2015 [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: <http://www.metal-ps.com/>
- [8] REKO, *Katalog REKO 2015* [online]. 2015 [cit. 2020-03-11]. Dostupné z: <http://www.reko-sro.cz/>
- [9] Habasit. *Habasit* [online]. 2018 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://www.habasit.com/en/index.htm>
- [10] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 80-86490-74-2.
- [11] *SEW-Eurodrive* [online]. 2020 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z: <https://www.sew-eurodrive.cz/domu.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

b	šířka dopravníku	[mm]
l	délka dopravníku	[mm]
v	dopravní rychlost	[m/min]
d_t	maximální průměr pneumatiky	[mm]
m_p	maximální hmotnost pneumatiky	[kg/m ²]
t_t	maximální teplota pneumatiky	[°C]
r_t	rozestupy mezi pneumatikami	[mm]
t_o	teplota okolí	[°C]
R1	průměr podpěrných válečků	[mm]
U	hnané ozubené kolo	[-]
M	hnací ozubené kolo	[-]
PP	polypropylen	[-]
PE	polyethylen	[-]
d_ε	průměr spojovacích tyčinek	[mm]
F'_N	jmenovitá tažná síla pásu	[N/m]
t_p	pracovní teplota pásu	[°C]
m_b	hmotnost pásu	[kg/m ²]
b_0	šířka pásu	[mm]
ρ	hustota	[g/m ³]
E	modul pružnosti	[N/mm ²]
R_m	pevnost v tahu	[N/mm ²]
t_{max}	bod tavení	[°C]
α	lineární součinitel tepelné roztažnosti	[mm/(m·°C)]
HBR	tvrdost dle Brinella	[N/mm ²]

B	šířka profilů C, I	[mm]
H	výška profilu C, I	[mm]
h	výška kluzné části	[mm]
b_x	šířka vybrání C profilu	[mm]
d	tloušťka C profilu	[mm]
k	tloušťka stěny krajní lišty	[mm]
s	výška stěny krajní lišty	[mm]
F'_E	užitečná tažná síla	[N/m]
l_0	dopravní délka	[m]
μ_G	součinitel tření mezi pásem a lištou	[-]
μ_p	součinitel tření mezi pásem a pneumatikou	[-]
l_a	délka nahromadění	[m]
g	součinitel tíhového zrychlení	[m/s ²]
c_s	provozní součinitel	[-]
F'_{adm}	maximální tažná síla pásu	[N/m]
c_T	teplotní součinitel	[-]
c_v	rychlostní součinitel	[-]
F_w	plné zatížení hřídele	[N/m]
I	modul setrvačnosti	[mm ⁴]
l_b	vzdálenost mezi ložisky	[mm]
f	užitečné prohnutí hřídele	[mm]
f_{max}	maximální povolené prohnutí hřídele	[mm]
d_p	průměr roztečné kružnice ozubeného kola	[mm]
A_1	vzdálenost osy kola od kluzné lišty	[mm]
A_0	největší vzdálenost osy kola k výšce pásu	[mm]

B_Z	šířka ozubení	[mm]
B_L	šířka kola ve čtvercovém průřezu	[mm]
Q	velikost díry čtvercového průřezu	[mm]
c_z	rozteč pásu	[mm]
S	tloušťka kluzné lišty a pásu	[mm]
C_L	vzdálenost kluzné lišty od osy kola	[mm]
ST	kluzná lišta	[-]
k_c	kritérium pro centrální kolo	[-]
a	rozteč dvou ozubených kol	[mm]
e	přesazení centrálního ozubeného kola od osy pásu	[mm]
T_M	užitečný kroutící moment	[N·m]
T_{adm}	přípustný kroutící moment	[N·m]
τ_{adm}	maximální přípustné napětí v krutu	[N/mm ²]
d_w	průměr ložiskového čepu	[mm]
P_M	hnací výkon	[W]
n_m	jmenovité otáčky motoru	[1/min]
n_v	výstupní otáčky motoru	[1/min]
i	převodový poměr	[-]
M_k	výstupní kroutící moment motoru	[N·m]
P	výstupní výkon motoru	[W]
f_r	frekvence	[Hz]
U_1	napájení	[V]
I	proud	[A]
m_m	hmotnost motoru	[kg]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Ukázka mezioperační dopravní tratě na osobní pneumatiky [7]</i>	9
<i>Obr. 2: Schéma pásového dopravníku [2]</i>	12
<i>Obr. 3: Vizualizace nosné konstrukce pásového dopravníku [7]</i>	15
<i>Obr. 4: Pryžové pásy pro dopravníky [3]</i>	16
<i>Obr. 5: Hladký pás</i>	17
<i>Obr. 6: Pogumovaný pás</i>	17
<i>Obr. 7: TRT pás</i>	17
<i>Obr. 8: Spojování dopravních pásů [8]</i>	18
<i>Obr. 9: Řešení podpěrného systému</i>	19
<i>Obr. 10: Základní druhy válečkových stolic [2]</i>	20
<i>Obr. 11: Schéma pohonu pásového dopravníku [2]</i>	21
<i>Obr. 12: Napnutí pomocí šroubu [3]</i>	22
<i>Obr. 13: Napnutí pomocí závaží [3]</i>	22
<i>Obr. 14: Pneumatické napínací zařízení [3]</i>	22
<i>Obr. 15: Elektrické napnutí pásu [3]</i>	23
<i>Obr. 16: Elektrohydraulický napínací systém pásu [3]</i>	23
<i>Obr. 17: Měkká pryž se závažím [2]</i>	23
<i>Obr. 18: Rotační čistič [2]</i>	23
<i>Obr. 19: Příklad vodorovné válečkové trati</i>	24
<i>Obr. 20: Příklady válečkových dopravních systémů [1]</i>	25
<i>Obr. 21: Ukázka uložení válečku typ a) [1]</i>	26
<i>Obr. 22: Ukázka uložení válečku typ b) [1]</i>	26
<i>Obr. 23: Ukázka uložení válečku typ c) [1]</i>	27
<i>Obr. 24: Ukázka uložení válečku typ d) [1]</i>	27
<i>Obr. 25: Ukázka uložení válečku typu e) [1]</i>	27
<i>Obr. 26: Vodorovný přímý modul pro lehký průmysl [1]</i>	28
<i>Obr. 27: Rám s podpěrnou konstrukcí pro středně těžký průmysl [1]</i>	28
<i>Obr. 28: Ukázka č.1 obloukového modulu [4]</i>	29
<i>Obr. 29: Ukázka č.2 obloukového modulu [1]</i>	29
<i>Obr. 30: Gravitační trať</i>	30
<i>Obr. 31: Systém zarážek na dopravníku</i>	30
<i>Obr. 32: Poháněné válečky pomocí řetězu</i>	31

<i>Obr. 33: Pneumatika s duší [5]</i>	32
<i>Obr. 34: Bezdušová pneumatika [5]</i>	32
<i>Obr. 35: Řez pláštěm [5]</i>	34
<i>Obr. 36: Ukázka modulárního dopravníku</i>	36
<i>Obr. 37: Schéma modulárního dopravníku [9]</i>	37
<i>Obr. 38: Ukázka zvoleného pásu a jeho rozměry [9]</i>	39
<i>Obr. 39: Dva moduly pásu ve 3D modelu</i>	39
<i>Obr. 40: Nerezový profil tvaru C [9]</i>	41
<i>Obr. 41: Kluzná lišta tvaru I [9]</i>	41
<i>Obr. 42: Krajiní lišta [9]</i>	41
<i>Obr. 43: Schématický rozbor veličin [9]</i>	42
<i>Obr. 44: Provozní součinitel c_s [9]</i>	43
<i>Obr. 45: Graf rychlosti pásu a rychlostního součinitele c_v [9]</i>	44
<i>Obr. 46: Prohnutí hřídele a uložení na 2 ložiscích [9]</i>	46
<i>Obr. 47: Vysvětlivky k ozubenému kolu</i>	47
<i>Obr. 48: Ozubené kolo M25S2040Q6 [9]</i>	47
<i>Obr. 49: Detailní nákres parametrů kola [9]</i>	48
<i>Obr. 50: Vzdálenost C_L od osy kola k liště [9]</i>	48
<i>Obr. 51: Rozměry roztečí ozubených kol [9]</i>	50
<i>Obr. 52: Schéma zajištění ozubeného kola [9]</i>	50
<i>Obr. 53: 3D model elektromotoru v software CATIAV5 [11]</i>	53
<i>Obr. 54: Reálný případ zapojení motoru</i>	53

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Směrné rychlosti pásů pásových dopravníků [3]</i>	13
<i>Tab. 2: Vlastnosti PP [9]</i>	38
<i>Tab. 3: Vlastnosti PE [9]</i>	40
<i>Tab. 4: Vlastnosti nerezové oceli</i>	47
<i>Tab. 5: Parametry elektromotoru [11]</i>	52

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Výkresová dokumentace

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA I – Výkres sestavy dopravníku

PŘÍLOHA II – Výrobní výkres hnací hřídele

PŘÍLOHA III – Výrobní výkres hnané hřídele

PŘÍLOHA IV – Výrobní výkres držáku ložiskového domku