



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

Návrh malého pásového dopravníku

Small Conveyor Design

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Dražka

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automatizace a informatiky
Student: **Vojtěch Dražka**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

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:

Návrh malého pásového dopravníku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh malého pásového dopravníku do laboratoře robotiky určeného pro aplikace pick-and-place. K pohonu bude využito krokového motoru. Při realizaci se předpokládá využití 3D tisku.

Cíle bakalářské práce:

- Rešerše principů konstrukce pásových dopravníků.
- Konstrukční návrh dopravníku realizovaný ve zvoleném 3D modeláři.
- Vlastní realizace dopravníku.

Seznam doporučené literatury:

STEHLÍK, Jaroslav. Dopravníky. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-888-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.

ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem, konstrukcí a realizací malého pásového dopravníku do laboratoře Ústavu Automatizace a informatiky na FSI VUT v Brně pro aplikace pick-and-place. Navržený dopravník je určen pro malé pevné objekty a předměty, tedy nebude převážet sypký, ani těžký materiál. Dopravník má šířku pásu 100 mm a délka dopravníku je 700 mm. Práce obsahuje řešeršní část, návrh dopravníku, základní výpočet jeho vlastností a stručnou diskusi k řízení dopravníku. Práce dále obsahuje výkresovou dokumentaci a seznam dílů.

ABSTRACT

The purpose of this bachelor thesis is to design, construct and to make a small belt conveyor for labs of Institute of Automation and Computer Science BUT in Brnp for pick-and-place applications. Designed conveyor is meant for small solid loads and objects, therefore the conveyor will not transport heavy nor bulk materials. Conveyor has width of belt 100 mm and length of whole conveyor is 700 mm. This thesis contains a literature review, design of conveyor, basic calculation of its properties and short proposal for running the conveyor. Thesis also contains drawing documentation and list of components with ordering numbers.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pásový dopravník, krokový motor, válečky, pick-and-place.

KEYWORDS

Belt conveyor, Stepper motor, rollers, pick-and-place.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DRAŽKA, Vojtěch. Návrh malého pásového dopravníku [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/125034>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky. Vedoucí práce Radomil Matoušek.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád velice poděkoval svému vedoucímu práce doc. Ing. Radomilovi Matouškovi, Ph.D., za odborné rady, konzultace a pomoc při výrobě a také ochotným doktorandům. Mé díky patří i celé mojí rodině, neboť nebýt jejího zázemí, nemohl bych dnes tato slova psát. Díky patří i všem mým přátelům, kteří jsou mi v životě oporou.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 22. 6. 2020

.....

Vojtěch Dražka

OBSAH

1	ÚVOD.....	15
2	STRUČNÝ PŘEHLED DOPRAVNÍKŮ	16
2.1	Princip dopravníků	16
2.2	Typy dopravníků.....	16
2.2.1	Pásové dopravníky.....	16
2.2.2	Válečkové dopravníky	17
2.2.3	Šnekové dopravníky	18
2.2.4	Vibrační dopravníky	19
2.2.5	Magnetické dopravníky	20
2.2.6	Lineární dopravníky	21
3	KONSTRUKCE STANDARDNÍHO PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU	22
3.1	Typy konstrukce	22
3.2	Pásky.....	23
3.2.1	Materiál pásů	23
3.2.2	Spojování pásů.....	23
3.3	Pohon	24
3.3.1	Asynchronní motory:.....	24
3.3.2	Stejnoseměrné motory:.....	25
3.3.3	Krokové motory:.....	25
3.4	Bubny.....	26
3.4.1	Hnací buben	26
3.4.2	Elektrobuben.....	26
3.4.3	Vratný buben	27
3.5	Válečky	27
3.6	Napínací ústrojí.....	28
3.7	Nosná konstrukce	29
4	VLASTNÍ ŘEŠENÍ DOPRAVNÍKU	30
4.1	Obecné informace	30
4.2	Možná řešení.....	30
4.2.1	Pohon bubnovým motorem	30
4.2.2	Externí pohon	31
4.3	Návrh a konstrukce dopravníku.....	32
4.3.1	Původní návrh.....	32
4.3.2	Koncepční návrh.....	33
4.4	Konstrukce dopravníku.....	34
4.4.1	Podsestava hnané větve	34
4.4.2	Nosná konstrukce	35
4.4.3	Podsestava s motorem	36
4.4.4	Podsestava hnací větve	37
4.4.5	Ostatní komponenty.....	38
4.5	Sestavení dopravníku.....	40
5	CHARAKTERISTIKY DOPRAVNÍKU	41
5.1	Základní rovnice	41
5.2	Charakteristika motoru	43
5.2.1	Nejvyšší výkon	43

5.3	Varianty převodu.....	44
5.3.1	Převod do pomala.....	44
5.3.2	Převod do rychla	45
5.4	Nosnost dopravníku	45
5.5	Zhodnocení charakteristik.....	48
6	OŽIVENÍ DOPRAVNÍKU	49
7	ZÁVĚR.....	51
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
9	SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	53
10	SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK.....	54
11	SEZNAM PŘÍLOH	57

1 ÚVOD

Přeprava materiálu je nezbytným požadavkem velké části celosvětového průmyslu. Proto je zapotřebí najít ideální způsob, jak materiál přepravovat. Jelikož existuje nemalé množství typů přepravovaných materiálů a také požadavků na to, jak se má daný materiál přepravovat, známe dnes celou řadu různých způsobů, jak k tomuto problému přistupovat. Automobilová, lodní i letecká doprava zajišťují přepravu většího množství materiálu na velké vzdálenosti. Pokud je ale třeba přepravovat materiál v rámci areálu či pracoviště, je jistě vhodné zvážit použití dopravníků

Dopravníky – to je jeden ze způsobů, jak přepravovat nejrůznější typy materiálů na kratší i delší vzdálenosti. Dle typu materiálu a trasy volíme použití příslušných dopravníků. Některé typy dopravníků jsou: pásové dopravníky, válečkové dopravníky, prstové dopravníky, magnetické dopravníky, článkové dopravníky, šnekové dopravníky, vibrační dopravníky aj.

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí malého pásového dopravníku dle zadání zákazníka. První část práce se věnuje přehledu dopravníků, zejména pak z hlediska konstrukce a funkce jednotlivých prvků. Druhá část práce je praktická a obsahuje záznam postupu při výběru komponent, konstrukci a výpočtech. Závěrečná kapitola řeší oživení dopravníku. Tato bakalářská práce zároveň obsahuje seznam komponent spolu s výkresovou dokumentací vyráběných dílů i celé sestavy.

2 STRUČNÝ PŘEHLED DOPRAVNÍKŮ

Zrod dopravníků lze jistě spojovat s vynálezem parního stroje. Některé zdroje uvádějí, že jeden z prvních pásových dopravníků byl použit pro výrobu sušenek pro britské námořnictvo již v roce 1804. [2]

O velký rozmach dopravníků se bezesporu zasloužil **Henry Ford**, který jako první v automobilovém průmyslu zavedl výrobní linku, jejímž srdcem byly právě pásové dopravníky. Henry Ford byl jistě velkým průkopníkem této technologie, stejně jako mnoha dalších vylepšení automobilového průmyslu. Dnes už jsou výrobní linky standardem v průmyslové výrobě a potřeba dopravníků je tak větší než kdy jindy.

2.1 Princip dopravníků

Princip dopravníků je v obecném smyslu slova velice prostý: zajistit převoz materiálu z místa A do místa B. K takovému úkolu musí dopravník splňovat jisté konstrukční předpoklady. Dopravník musí disponovat plochou, která má daný materiál přenášet. U pásových dopravníků je to pás, u šnekových dopravníků šnek, u válečkových dopravníků jsou to válečky, u vibračních dopravníků speciální žlab atd. Dále je nezbytné, aby byl dopravník opatřen pohonem. Tento pohon je v největším množství případů samostatný elektromotor, kterým je opatřen každý dopravník. V dobách, kdy se k pohonu užíval parní stroj, bylo běžné, že jeden parní stroj poháněl více dopravníků. Převod momentu z parního stroje na dopravníky byl pak realizován systémem řemenů a řemenic.

2.2 Typy dopravníků

Jak již bylo zmíněno v úvodu, dnešní možnosti konstrukce dopravníků jsou vskutku široké a jejich členění a detailnímu popisu se věnuje odborná literatura. Představme si proto stručně jen některé typy dopravníků a kde najdou využití:

2.2.1 Pásové dopravníky

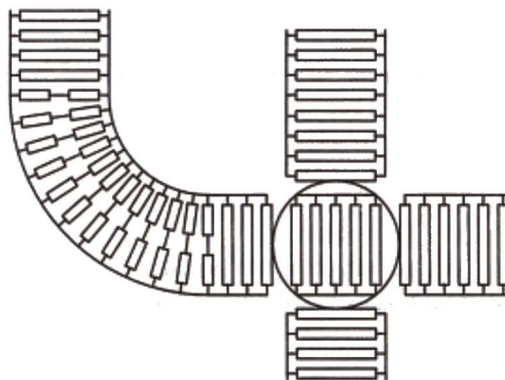
Jak již název napovídá, pásové dopravníky využívají ke transportu materiálu nekonečně dlouhý pás, který je poháněn bubnem a podepřen válečky, nebo rovinnou plochou. Pásové dopravníky jsou vhodné k přepravě sypkého materiálu, ale i k přepravě kusových břemen. [1]

Pásové dopravníky v této kapitole jsou popsány jen velmi krátce, jelikož jejich problematice, aby hlavnímu tématu rešerše, se pečlivě věnuje 3. kapitola této práce.

2.2.2 Válečkové dopravníky

Válečkové dopravníky naleznou využití při přepravě kusových produktů. Často je nalezneme ve skladech firem jako Amazon, Alza, Fedex, PPL a další.

Charakteristickým znakem jsou samozřejmě válečky, po kterých produkty putují. Válečky jsou volně otočné okolo své hlavní osy pomocí ložisek. Pomocí čepů nebo hřídelí jsou pak umístěny v rámech. Válečkové tratě mohou být přímé, obloukové, případně mohou být na otočných podstavcích [1], viz **Obr. 2.2.1**.



Obr. 2.2.1: Schéma válečkové tratě [1]

Válečkové dopravníky lze obecně dělit na dopravníky [1]:

- válečkové gravitační
- válečkové poháněné

Válečkové gravitační tratě využívají vlastní tíhy nákladu (spádově), nebo jsou poháněny jinou vnější silou, většinou ručně.

Válečkové poháněné tratě využívají poháněných válečků. Není nutné pohánět každý váleček, ale alespoň každý druhý. Pohon válečků může být řetězový (**Obr. 2.2.2**), pásový (**Obr. 2.2.3**) nebo řemenný (**Obr. 2.2.4**).



Obr.2.2.2 Řetězový [3]



Obr.2.2.3 Pásový [4]



Obr.2.2.4 Řemenný [4]

Firmy, které se zabývají realizací válečkových dopravníků jsou např.: Haberkorn s.r.o., ALUTEC KK s.r.o., Jungheinrich (ČR) s.r.o. nebo společnost Alváris Profile Systems s.r.o.

2.2.3 Šnekové dopravníky

Šnekové dopravníky se využívají k přepravě sypkých materiálů. Hlavní části dopravníku tvoří šnek, žlab a pohon. [1] Šnek se díky pohonu otáčí ve žlabu. Jelikož je třecí síla mezi žlabem a materiálem větší, než třecí síla mezi šnekem a materiálem, neotáčí se materiál spolu se šnekem a díky tomuto principu může dopravník fungovat. Je také důležité, aby naplnění žlabu bylo jen částečné. Šnekové dopravníky se používají pro malá až střední dopravovaná množství – tj. 50-200 m³/h. [5]

Dopravníky se dají dělit **podle smyslu otáčení** šneku na [1]:

- pravotočivé
- levotočivé

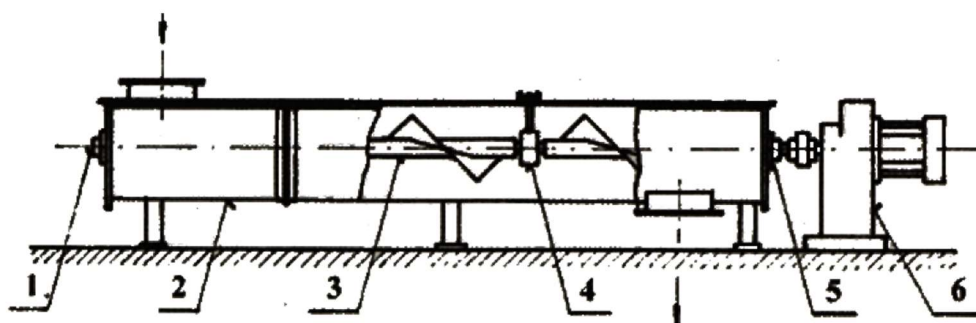
Dále **podle počtu šneků** na [5]:

- jednošnekové
- dvoušnekové.

Dále je možné dělit **podle konstrukce šneku** na šnek [5]:

- plný
- obvodový
- lopatkový, míchací
- bezosý

Jednotlivé části šnekového dopravníku jsou pojmenovány na obrázku **Obr. 2.3.1**



1. Koncové ložisko šnekového hřídele, 2. žlab, 3. šnekový hřídel, 4. závěsné ložisko šnekového hřídele, 5. ložisko pohonu, 6. pohon

Obr. 2.2.5: Schéma šnekového dopravníku [5]

Firmy, které se zabývají realizací šnekových dopravníků jsou např.: JK MONT, s.r.o., TAURUS, s.r.o. anebo společnost m-tec CZ, s.r.o.

2.2.4 Vibrační dopravníky

Jak publikace [1] na straně 39 uvádí: „Vibrační dopravníky jsou mechanické dopravníky využívající k přemísťování sypkých nebo kusových produktů setrvačných sil působících na částice dopravovaného materiálu.“. Setrvačné síly vznikají kmitáním, které vyvolává pohon motoru-celý žlab tak kmitá a tím dochází k oddělení částic od žlabu [5].

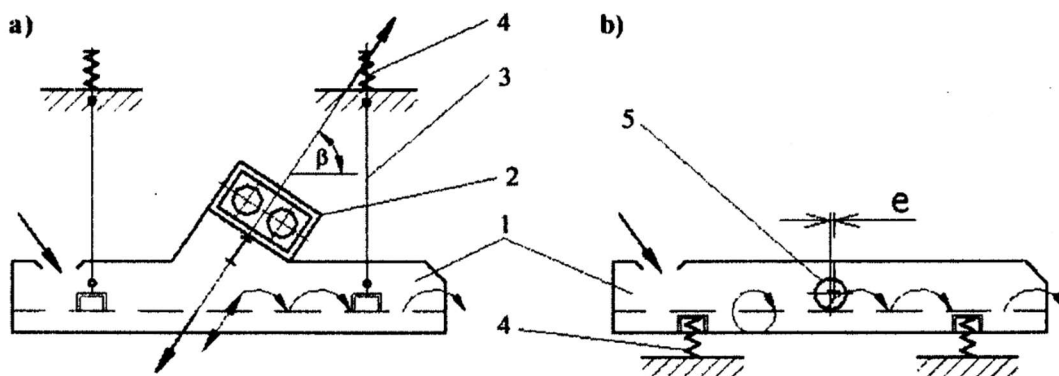
Vibrační dopravníky jsou tvořeny pohonem a žlabem, které jsou pružně uloženy na pevném základu. Žlaby mají obvykle tvar U nebo O (trubka). [1]

Použití vibračních dopravníků je valné v mnoha průmyslových odvětvích. Je vhodné je používat pro přímočarou vodorovnou nebo úpadní dopravu. Často se vibračními dopravníky přepravují sypké materiály, abrazivní hmoty nebo chemicky agresivní materiál. Dále se využívají pro technologické postupy třídění, sušení, ochlazování atd. Na druhé straně je tento druh dopravníku nevhodný k přepravě většího objemu na delší vzdálenosti, na rozdíl od např. pásových dopravníků. Navíc jsou vibrační dopravníky poměrně těžké, nákladné a konstrukčně složitější. Využívají se tedy jen tam, kde je jich nezbytně třeba. [5]

Hlavní části vibračního dopravníku popisuje publikace [5] na straně 65 takto: Hlavní části vibračního dopravníku (**Obr. 2.2.6**) jsou:

- Pohon – zdroj kmitavého pohybu, zpravidla pevně spojený se žlabem
- Dopravní žlab, resp. dopravní trubka
- Pružiny – ocelové nebo pryžové + klouby sloužící k podepření či zavěšení

1 – dopravní žlab, 2 – elektromagnetický nebo elektromechanický budič kmitů, 3 – závěsná táhla s klouby, 4 – podpěrné pružiny, 5 – pohon s výstředníkovým hřídelem



Obr. 2.2.6: Vibrační podavač a) elektromagnetický, závěsný, s přímočarým kmitem, b) výstředníkový, podepřený, s kruhovým kmitem [5]

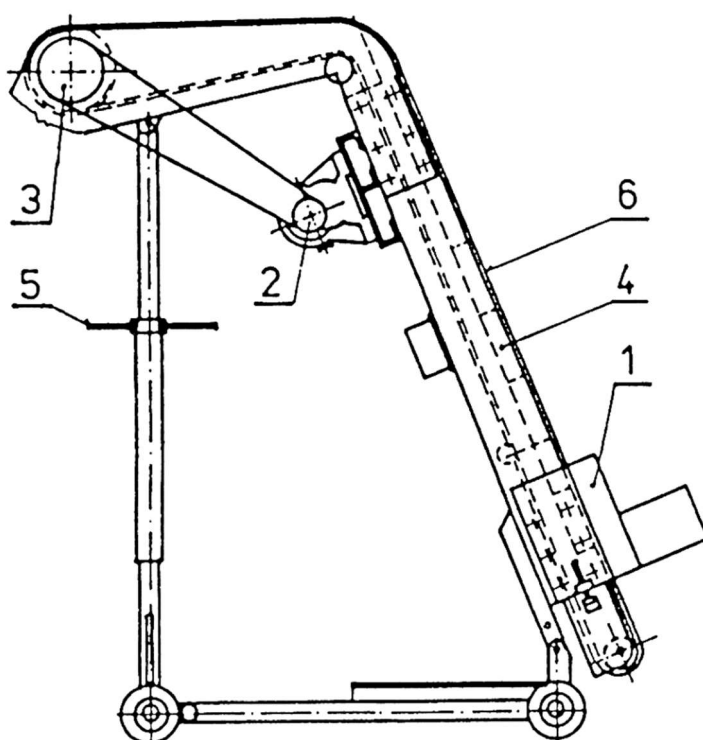
Firmy, které se zabývají realizací vibračních dopravníků jsou např.: m-tec CZ, s.r.o., VIBROS s.r.o., ROX spol. s r.o. nebo společnost EPA.

2.2.5 Magnetické dopravníky

Magnetické dopravníky jsou jistě velice zajímavé z hlediska svého principu. Jak již název napovídá, k přepravě materiálu využívají magnetů. Na první pohled jsou magnetické dopravníky svým tvarem a konstrukcí podobné pásovým dopravníkům, i když žádný pás většinou nemají. Svoji vnitřní konstrukcí jsou principiálně podobné zase řetězovým dopravníkům. Řetězy na obou stranách dopravníku unášejí permanentní magnety, které vytváří na povrchu žlabu rovnoměrné magnetické pole. Toto pole zachycuje feromagnetické součástky menších i větších rozměrů – záleží na velikosti magnetů.

Jak bylo zmíněno, většinou tyto dopravníky nemají žádný pás a materiál se pomocí magnetu smýká po statické nemagnetické desce. V publikaci [1] se ovšem dočteme o dopravníku, který je mimo řetězů s magnety vybaven i pohyblivým PVC pásem, který unáší součástky v magnetickém poli. Popis tohoto dopravníku (**Obr. 2.2.7**) je následující [1]:

1. Násypka
2. Motor
3. Hnací buben
4. Permanentní magnety
5. Nosná konstrukce
6. PVC pás



Obr. 2.2.7: Magnetický pásový dopravník [1]

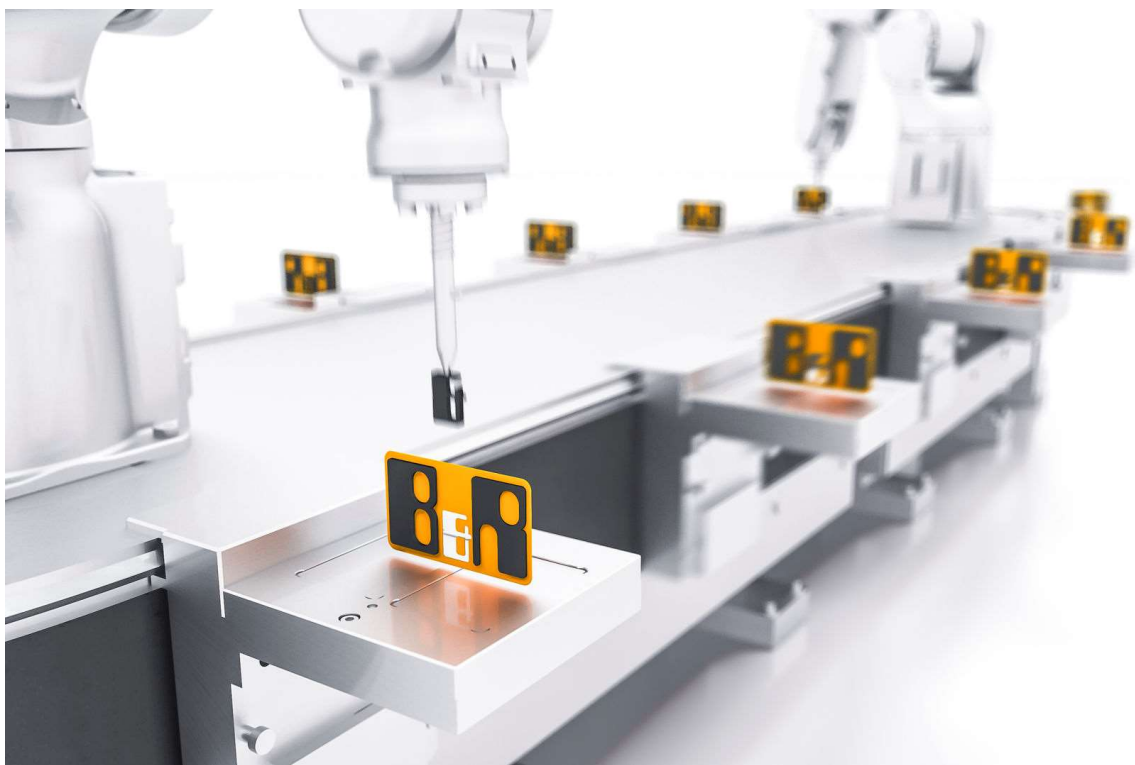
Firmy, které se zabývají realizací magnetických dopravníků jsou např.: SOLLAU s.r.o., WAMAG, spol. s r.o., Techbelt s.r.o. anebo firma BROXTEC s. r. o.

2.2.6 Lineární dopravníky

Lineární elektromotory nejsou dnes již žádnou novinkou. A stejně tak dopravníky, které této technologii využívají, tu jsou s námi už téměř 20 let. Přesto v posledních 5 letech zaznamenalo toto pole dopravníků technologický rozmach. Díky přesnějším a výkonnějším lineárním motorům se tak dnes tyto dopravníky pyšní relativně velkými rychlostmi a velikou přesností při minimální hlučnosti. Další výhodou je také to, že se mohou jednotlivé palety pohybovat nezávisle.

Jednou z firem zabývajících se vývojem a výrobou těchto dopravníků je německá firma ATS Automation Tooling Systems GmbH. Tato firma vyrábí dopravníky pod jménem **SuperTrak**. Jedná se o paletový dopravník, který k pohybu využívá lineárních motorů. Jednotlivé palety mohou být ovládány každá zvlášť a dosahují rychlosti až 2,5m/s při přesnosti kroku $\pm 0,01\text{mm}$. Tyto dopravníky jsou využívány tedy především tam, kde je třeba velká přesnost a rychlost. Využití naleznou i v kombinaci s roboty v CNC centrech. [6]

Na obrázku **Obr. 2.2.8** je pro ilustraci lineární paletový dopravník konkurenční firmy B&R.

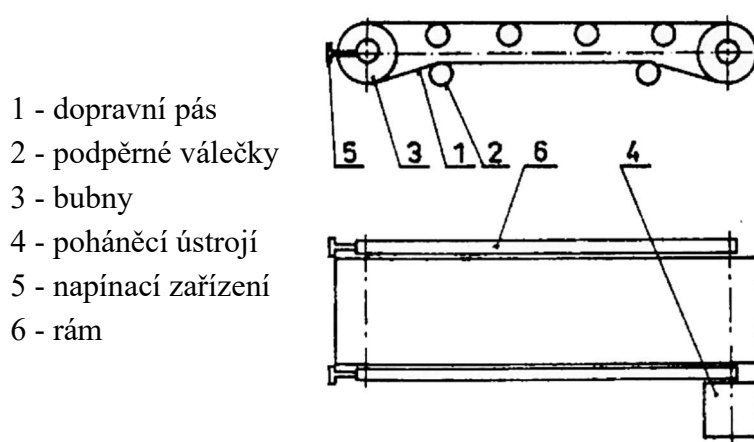


Obr. 2.2.8: Lineární paletový dopravník společnosti B&R

3 KONSTRUKCE STANDARDNÍHO PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

Pásový dopravník je zařízení, které využívá nekonečného pásu, coby unášejícího prvku. Tento pás obíhá mezi hnacím a hnaným bubnem (válcem). Pásový dopravník je určen primárně pro přímočarou vodorovnou a úklonnou dopravu. Přepravuje nejčastěji sypké hmoty, ale i kusový materiál. Výhoda pásových dopravníků oproti jiným dopravníkům je především vysoký dopravní výkon, plynulá doprava a nenáročná konstrukce, snadná montáž a demontáž, nehlučný chod a další. [8]

Schéma pásového dopravníku znázorňuje Obr. 3.1.1.



Obr. 3.1.1: Schéma pásového dopravníku [1]

3.1 Typy konstrukce

Existují různé přístupy, jak rozlišovat a dělit pásové dopravníky. V této práci jsou uvedeny dva přístupy – podle délky trasy a podle tvaru a konstrukce.

Literatura [5] dělí pásové dopravníky **podle délky** na:

- dopravníky pro dálkovou dopravu
- dopravníky pro technologickou dopravu

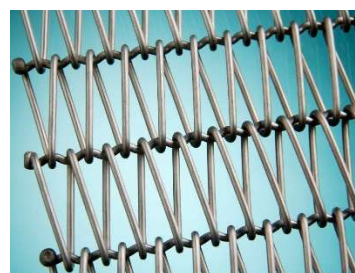
Dále lze dělit dopravníky **podle tvaru** na: [9]

- přímé
- obloukové
- vodorovné
- šikmé
- konvexní
- konkávní
- kombinované

3.2 Pásky

3.2.1 Materiál pásů

Pás je dominantním prvkem pásových dopravníků. Pás obíhá mezi hnacím a hnacím bubnem. Je podepřen deskou, nebo sadou válečků. Tato podpora může tvořit plochou dráhu, nebo také korýtkovou dráhu. Materiál pásů je nejčastěji pryž nebo PVC, která je navíc opatřena textilní, syntetickou nebo kovovou vložkou. Dále může být pás např. z polypropylenu, polyethylenu, tzv. modulární nebo může být zhotoven z drátěného pletiva. [1] Tyto pásy jsou zobrazeny na obrázcích **Obr. 3.2.1**, **Obr. 3.2.2**, a **Obr. 3.2.3**.



Obr.3.2.1 PVC pás [10]

Obr.3.2.2 Modulární pás [11]

Obr.3.2.3 Drátěný pás [12]

3.2.2 Spojování pásů

Spojování modulárních a drátěných pásů je díky mechanickým částem pásu jednodušší. Spojování PVC pásů je složitější a lze k němu přistupovat různými způsoby. Jedna z firem, která se zabývá výrobou pásů pro dopravníky je firma REKO s.r.o. Tato firma provádí spojování pásů dle následujících metod: [13]

a) Spoje na prsty

Nejběžnější způsob spojování. Výhodou je rovnoměrná tloušťka v místě spoje, velká pevnost a zachování pružnosti pásu. (Tab. 3.2.1-obr.1-3)

b) Spoje přeložením

Takto se spojují pásy z termoplastických polyuretanových materiálů bez vložené tkaniny. (Tab. 3.2.1 - obr.4)

c) Klínové broušené spoje

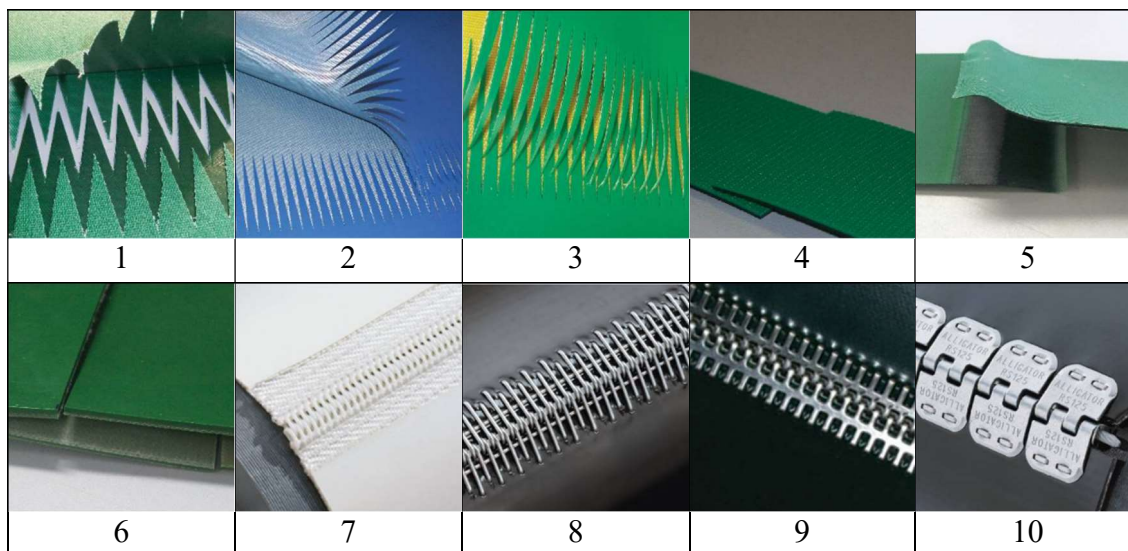
Spoj je broušený do tvaru klínu. Spojení se provádí lepidlem. Používá se ve speciálních případech. (Tab. 3.2.1 - obr.5)

d) Schůdkové spoje

Jedná se o vícevrstvé spojení vytvořené rozdělením jednotlivých vrstev pásu. Spojení se provádí zatavením nebo lepením. (Tab. 3.2.1 - obr.6)

e) Mechanické způsoby spojů

Používá se tam, kde je zapotřebí rychlá a jednoduchá výměna pásu. Používají se kovové sponky (Tab. 3.2.1 - obr. 8-10), nebo plastické spoje. (Tab. 3.2.1 - obr.7)



Tab. 3.2.1: Spojování pásu [13]

Firmy, které se zabývají výrobou pásů pro dopravníky jsou např.: JVM Metal s.r.o., GUMEX, spol. s.r.o., DvB-AF s.r.o., firma Techbelt s.r.o. a další.

3.3 Pohon

Pohon je neodmyslitelnou součástí každého dopravníku, neboť zajišťuje pohyb pásu. Ovšem jaký pohon zvolit je už otázka aplikace, požadavků na rychlost a přesnost a také cenu. V zásadě je na volbě konstruktéra, jaký pohon vybere a jak jej připojí k hnacímu bubnu.

V praxi se nejčastěji přistupuje k použití **asynchronních elektromotorů** s kotvou nakrátko (pro menší výkony) nebo s kotvou kroužkovou. Dále je možné použít poháněcí jednotky (motor s převodovkou) sdružené a uložené v poháněcím bubnu – tzv. elektrobubny (viz kapitola 3.3).[1] Pro malé dopravníky je pak vhodné zvážit použití DC/BLDC motoru (stejnosměrný/bezkartáčový stejnosměrný motor), případně krokového motoru.

3.3.1 Asynchronní motory:

Výhoda asynchronního motoru je v tom, že je konstrukčně jednoduchý, bezúdržbový a ne příliš drahý a není třeba proud ze sítě převádět na stejnosměrný. Vhodné jsou tedy pro větší i menší dopravníky, které jsou často a dlouho v provozu.

Nevýhodou těchto motorů je většinou jejich velikost, a proto se nehodí pro použití na malých dopravnících. Dále je jejich řízení poměrně odborná záležitost.

Řízení asynchronních motorů je několik způsobů: [17]

- **Přímé spouštění plným napětím:** Nejjednodušší způsob spouštění AC motoru s kotvou nakrátko. Aby nebyl záběrný proud příliš velký, spouští se takto motory do 3 kW.
- **Spouštění sníženým napětím:** Snížením svorkového napětí dojde ke snížení záběrného proudu. Tímto ovšem dojde i ke snížení záběrného momentu. Metoda se využívá při jemném rozběhu s malým zatížením.
- **Spouštění změnou kmitočtu:** Nejmodernější a způsob spouštění a řízení otáček asynchronního motoru. K rozběhu je třeba mít frekvenční měnič připojený ke zdroji napětí.

Spouštění změnou kmitočtu pomocí frekvenčního měniče je v našem případě nejschůdnější způsob, jak spolehlivě startovat i řídit asynchronní motor našeho dopravníku.

Firmy, které se zabývají výrobou asynchronních motorů jsou např.: VYBO Electric a.s., ATAS elektromotory Náchod a.s. anebo firma Siemens.

3.3.2 Stejnosměrné motory:

Výhodou těchto motorů je jejich jednoduchý princip konstrukce a snadná regulace otáček pomocí změny napětí. Dále umožňují snadnou reverzi chodu pomocí změny směru napětí, čímž lze motor i brzdit. Jejich řízení je levnější než řízení asynchronních motorů.

Nevýhodou je nutnost převodu střídavého napětí na stejnosměrné.

Řízení stejnosměrných motorů: [17]

Spouštění asynchronních motorů se provádí pomocí tzv. spouštěčů, které eliminují proudový náraz, který je ještě větší než u asynchronních motorů. Řízení otáček stejnosměrných motorů se v praxi provádí změnou napájecího napětí. Brzdění lze provést pomocí protiproudu (změna směru napětí) nebo dynamicky pomocí připojením k brzdým rezistorům.

3.3.3 Krokové motory:

V našem případě je vhodné zvážit použití krokového motoru, který je svými vlastnostmi vhodným kandidátem pro naši aplikaci. Krokové motory se vyznačují velikou přesností a vyšším kroutícím momentem při nízkých otáčkách.

Výhody krokových motorů jsou: velká přesnost, velký moment při nižších otáčkách, snadné řízení, nízká cena, vysoká spolehlivost.

Nevýhody krokových motorů jsou: Při vyšších otáčkách motor ztrácí točivý moment, poměrně malé výkony.

Řízení krokových motorů:

Ke spouštění a řízení krokových motorů se v praxi používají tzv. drivery, neboli řidiče. Ty zajišťují napájení motoru a zároveň komunikaci mezi logickým okruhem (jakým může být např. arduino nebo klasické PC) a motorem.

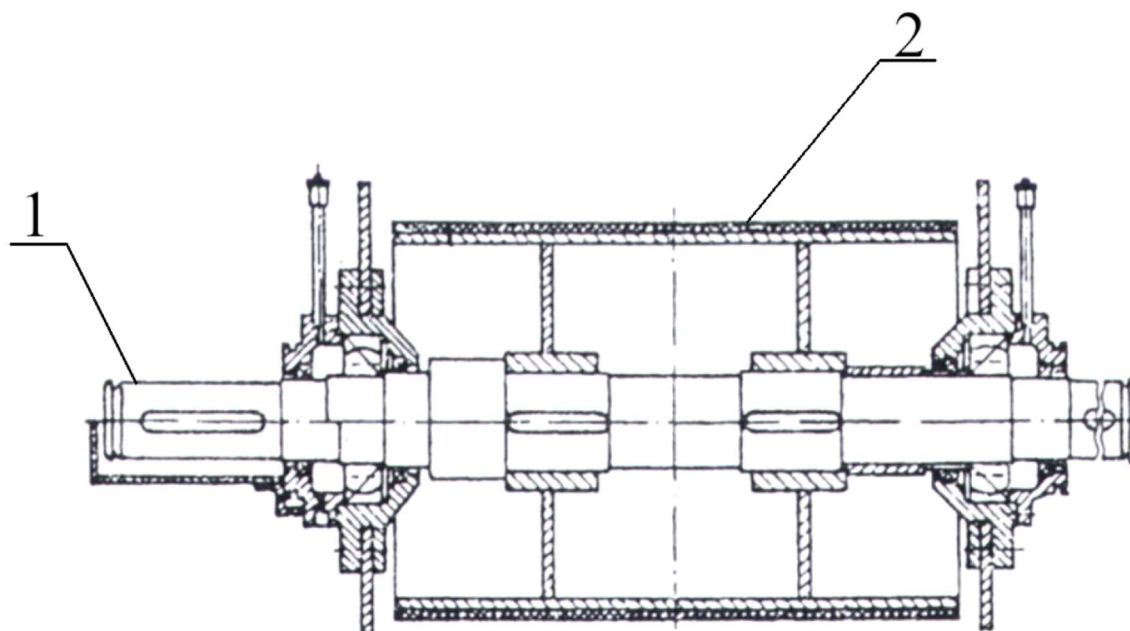
3.4 Bubny

Buben je většinou svařovaná, nebo odlévaná konstrukce. Aby pás z bubnu nesjížděl, tvar se doporučuje soudkovitý nebo lichoběžníkový. [1], [2]

3.4.1 Hnací buben

Hnací buben se stará o to, aby byl hnací moment převeden z pohonného ústrojí na pás. Využívá se tření mezi bubnem a pásem. Pokud je třeba přenášet vyšší výkon, je zapotřebí zvýšit koeficient tření mezi bubnem a pásem. Toho lze dosáhnout pogumováním bubnu, případně buben opatřit vzorkem. Hnací buben se obvykle umísťuje na přepadové straně (vysypné straně dopravníku). Plášť hnacího bubnu je pevně spojen s hřídelí, na kterou je napojen elektromotor s převodovkou. Druhá strana hřídele je uložena v ložisku, které je uchyceno v nosné konstrukci. [1], [2], [8]

Schéma hnacího bubnu je znázorněno na **Obr. 3.4.1**: [8]



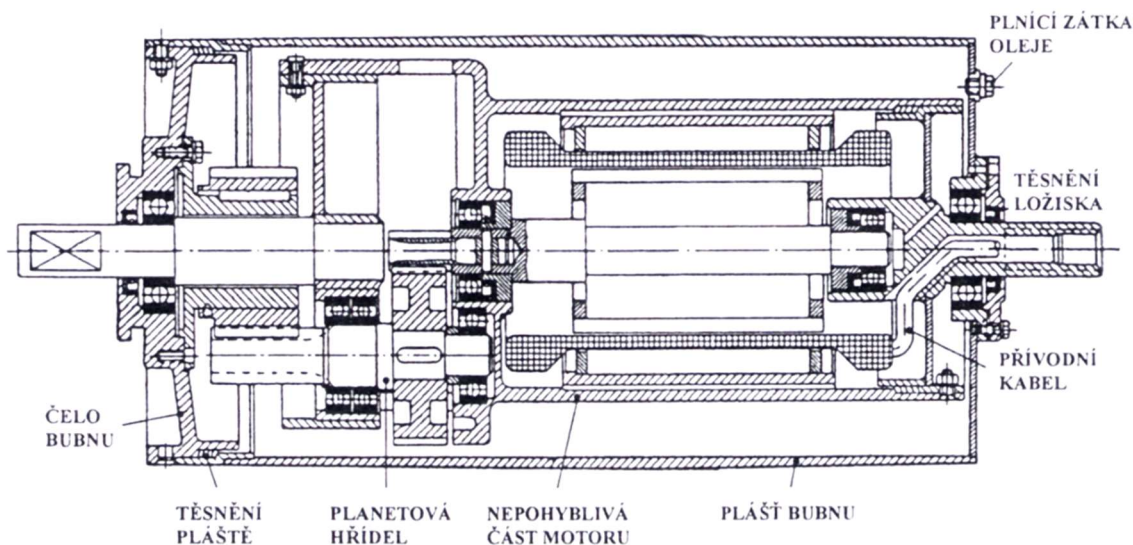
Obr. 3.4.1: Schéma hnacího bubnu (upraveno) 1 - hnací hřídel, 2 – plášť bubnu

Firmy, které se zabývají výrobou hnacích bubnů jsou např.: GTK, spol s r.o., AMG - Karel Pícha, s.r.o, DvB-AF s.r.o. a firma BLUME TZ CZ s.r.o

3.4.2 Elektrobuben

Elektrobubny mají motor a převodovku ukrytou uvnitř bubnu. To zajišťuje čistý design pohonného ústrojí. Tyto elektrobubny se nejčastěji používají pro menší výkony (do 10kW) a taky u dopravníků, kde se klade požadavek na co nemějšší šířku konstrukce dopravníku. [8]

Na následujícím obrázku **Obr. 3.4.2** se nachází řez elektrobubnem:



Obr. 3.4.2: Řez elektrobubnem [8]

Firmy, které se zabývají výrobou elektrobubnů jsou např.: Interroll CZ, s.r.o., ATC Drašar s.r.o., VVV MOST spol. s r.o. a další.

3.4.3 Vratný buben

Vratný buben je výraz nadřazený hnanému bubnu, kterým vratný buben je. Vratný buben mění směr pohybu pásu a to většinou o 180°. Vratný buben je uležen v nosné konstrukci na valivých ložiscích. Tato stanice musí být vybavena čističem pásu, je-li ho zapotřebí. U kratších pásů se vratného bubnu využívá zároveň k napínání pásu pomocí stavěcích šroubů, které slouží také k vystředění bubnu. [5]

3.5 Válečky

Válečky jsou neméně důležitou součástí dopravníku a mají veliký vliv na vlastnosti dopravníku. Válečky podpírají a vedou horní a dolní část pásu. Je vyžadována vysoká spolehlivost, životnost a minimální odpor proti otáčení. [5], [8]

Z hlediska konstrukce rozdělujeme válečky na dva typy: [8]

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

Firmy, které se zabývají výrobou nosných válečků jsou např.: BLUME TZ CZ s.r.o., Interroll CZ, s.r.o., GUMEX, spol. s r.o., firma JVM Metal s.r.o. a další.

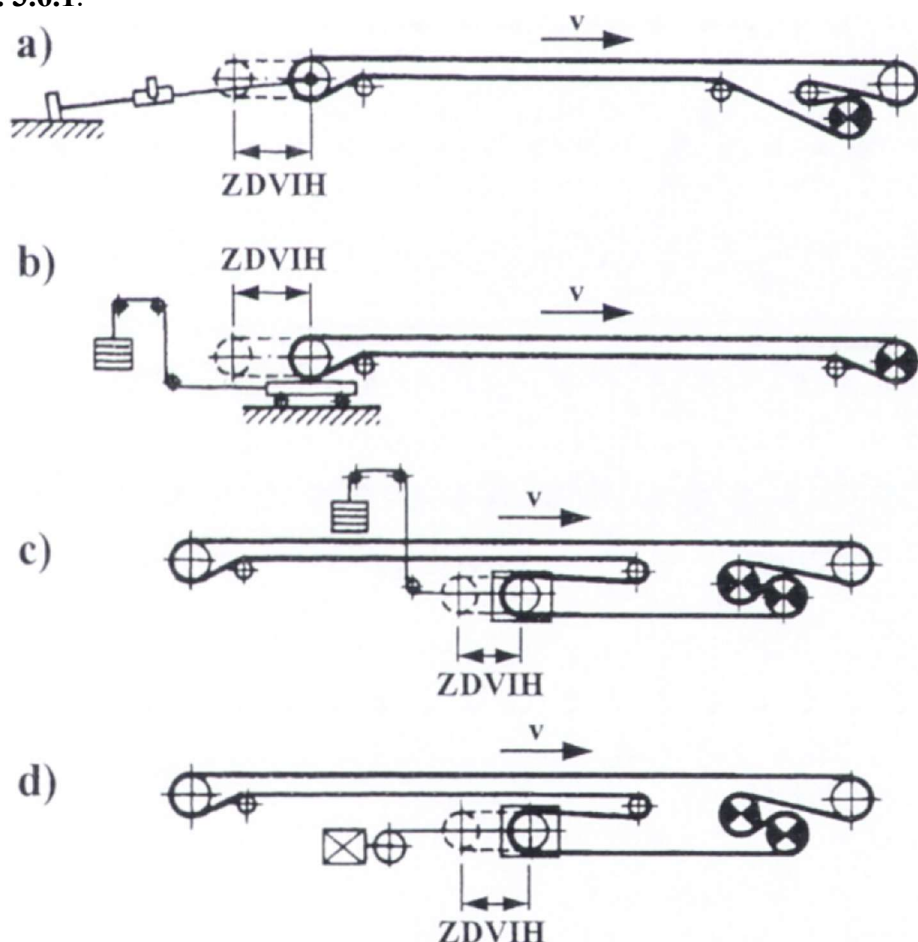
3.6 Napínací ústrojí

Napínací ústrojí zajišťuje správné napnutí dopravního pásu, které je nezbytné ke správnému přenosu z hnacího bubnu na dopravní pás a zamezení nadměrného průhybu pásu. [5], [8]

Literatura [8] dělí napínací ústrojí na:

- Tuhé (pomocí šroubu nebo kladkostroje)
- Konstantní napínací sílu – závaží
- Napínací silou regulovanou ručně nebo automaticky

Tuhé napínací ústrojí se používá u krátkých dopravníků (do 50m), které po napnutí nemění polohu vratného bubnu. Napínání závažím nám dává konstantní sílu a umísťuje se tam, kde je nejmenší síla v pásu (potřeba nejmenší závaží). Regulace napínání může být elektrohydraulická, pneumatická, nebo elektrická. Regulované napínací stanice se využívají hlavně u dlouhých dopravníků. Díky správnému napnutí se dosahuje co největší možné životnosti dopravního pásu. [8] Tato napínací ústrojí znázorňuje schéma na **Obr. 3.6.1**.



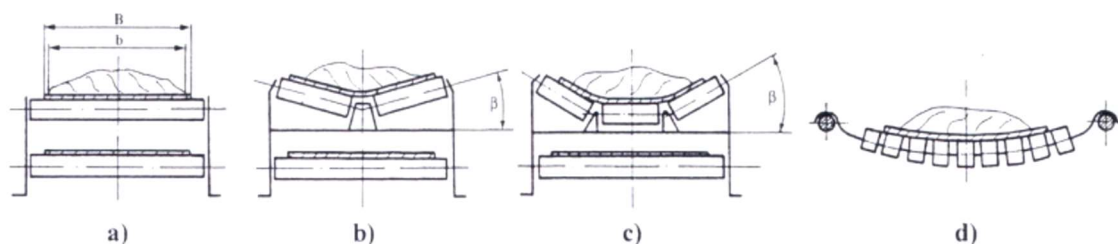
Obr. 3.6.1: Základní schéma napínací stanice [8]

- a) Napínání šroubem, b) Napínání závažím na vratné stanici, c) Napínání závažím na poháněcí stanici, d) Automatické napínání

3.7 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce pásového dopravníku je konstrukce, která drží ostatní komponenty dopravníku. Tvoří trať dopravníku a skládá se ze stojanů, podélných nosníků a válečků. Stojany a podélné nosníky jsou nejčastěji ocelové díly z profilů tvaru U, L anebo trubek. Spojování jednotlivých prvků konstrukce se liší dle druhu dopravníku. Nejčastěji se užívá šroubových spojů. Válečky nebo válečkové stolice podepírají horní a dolní větev dopravníkového pásu. [5], [8]

Základní typy válečkových stolic znázorňuje **Obr. 3.7.1**:



Obr. 3.7.1: Základní typy válečkových stolic

a) Plochá, b) korýtková dvouválečková, c) korýtková tříválečková, d) bantamová

Firmy, které se zabývají výrobou pásových dopravníků jsou např.: Haberkorn s.r.o., GUMEX, spol. s r.o., BETZ s.r.o., DAS spol. s.r.o. a další.

4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ DOPRAVNÍKU

4.1 Obecné informace

Dopravník je určený do laboratoří robotiky, kde se předpokládá použití pro aplikaci pick-and-place (vezmi a polož). Při ohledu zatížení se předpokládá spojitě zatížení do jednoho kg. Počítá se tedy s tím, že dopravník nebude přenášet těžká břemena a nemusí dosahovat vysokých rychlostí.

V průmyslové praxi jsou na dopravník kladeny tyto požadavky:

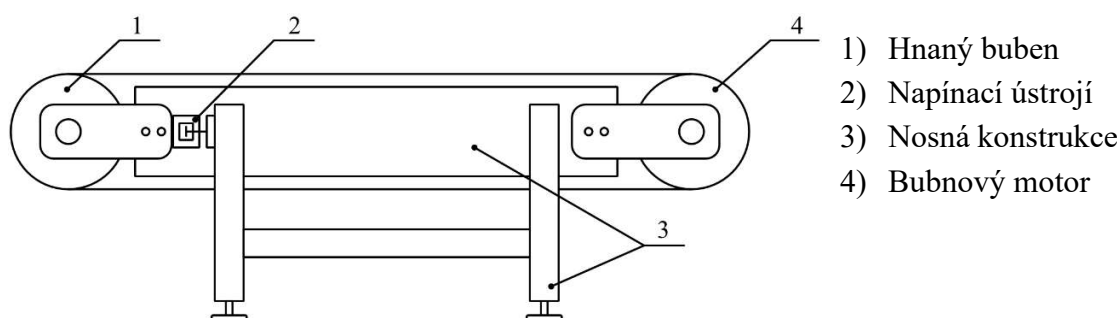
- Co nejnižší náklady
- Kompaktní rozměry
- Pěkný design
- Spolehlivost
- Vyměnitelné díly
- Možnost pro další úpravy a vylepšení
- Chod v obou směrech

4.2 Možná řešení

Ke konstrukci takového dopravníku lze přistupovat různými způsoby. Důležité bude najít nejlepší poměr ceny vůči efektivnosti. Nejprve bude třeba stanovit, jak bude dopravník poháněn. Zde se nám nabízí několik komerčně dostupných řešení:

4.2.1 Pohon bubnovým motorem

Pohon bubnovým motorem má tu nespornou výhodu, že motor je ukryt v hnacím bubnu, takže je dopravník užší a design čistší. Jeho nevýhodou je pořizovací cena. Po konzultaci s různými dodavateli (Interroll, Rollcontech) se pořizovací cena jednoho malého bubnového motoru pohybuje v řádu 25 000 - 50 000 CZK v závislosti na parametrech a vlastnostech bubnu, motoru i převodovky. Schéma takového dopravníku znázorňuje Obr. 4.2.1.



Obr. 4.2.1: Schéma dopravníku s bubnovým motorem

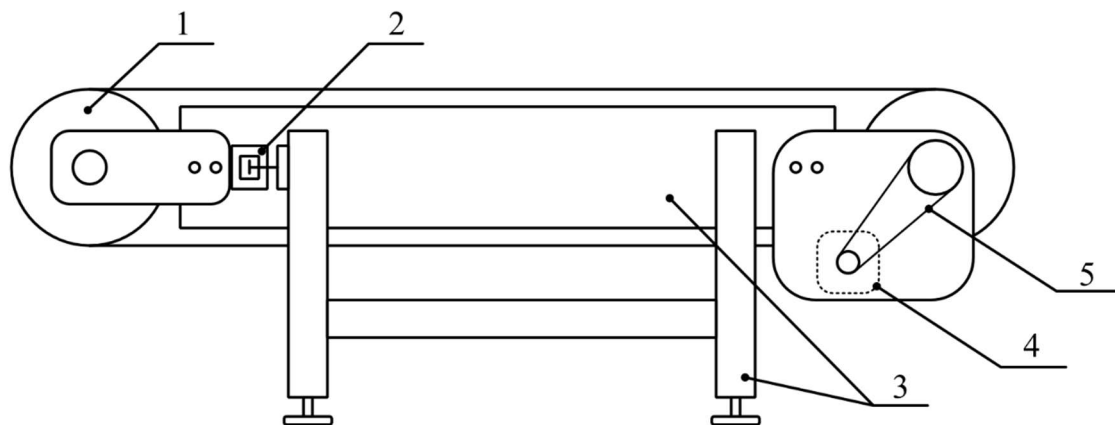
4.2.2 Externí pohon

Klasičtější variantou pohonu dopravníku je pohon motorem, který je umístěn mimo buben. Tímto pohonem může být teoreticky cokoli, co generuje moment. Dříve byly dopravníky poháněny parním strojem, dnes samozřejmě existují vhodnější metody. Z běžných způsobů pohonu dopravníku se tak nabízí pohon AC/ DC motorem, jehož točivý moment může být přenášeny buď převodovkou, řetězem, nebo řemenem. Již méně běžně užívané jsou krokové motory, ovšem i ty lze samozřejmě použít.

Nejčastěji se používají **asynchronní motory** (AC), jelikož poskytují dobrý točivý moment při různých otáčkách. Také není třeba měnit střídavý proud na stejnosměrný. Tyto motory se ale využívají u větších dopravníků, které se mají pohybovat konstantní rychlostí. Jejich cena se pohybuje okolo 10 000 – 20 000 CZK v závislosti na výkonu a dodavateli.

Pro naše účely stojí za zvážení použití **krokového motoru**. Výhoda těchto motorů spočívá nejen v jejich relativně nízké ceně (cca 1 000 - 5 000 CZK v závislosti na výkonu), ale také v přesnosti a vysokému krouticímu momentu při nízkých otáčkách. Dále krokový motor nepotřebuje brzdu, jelikož díky svému principu konstrukce je schopný držet svoji pozici. Dále mají krokové motory poměrně velkou životnost, jelikož jediné namáhané součásti jsou hřídel a ložiska. Neméně důležitá výhoda je také fakt, že se krokové motory dobře ovládají.

Schéma dopravníku s externím pohonem je znázorněno na **Obr. 4.2.2**.



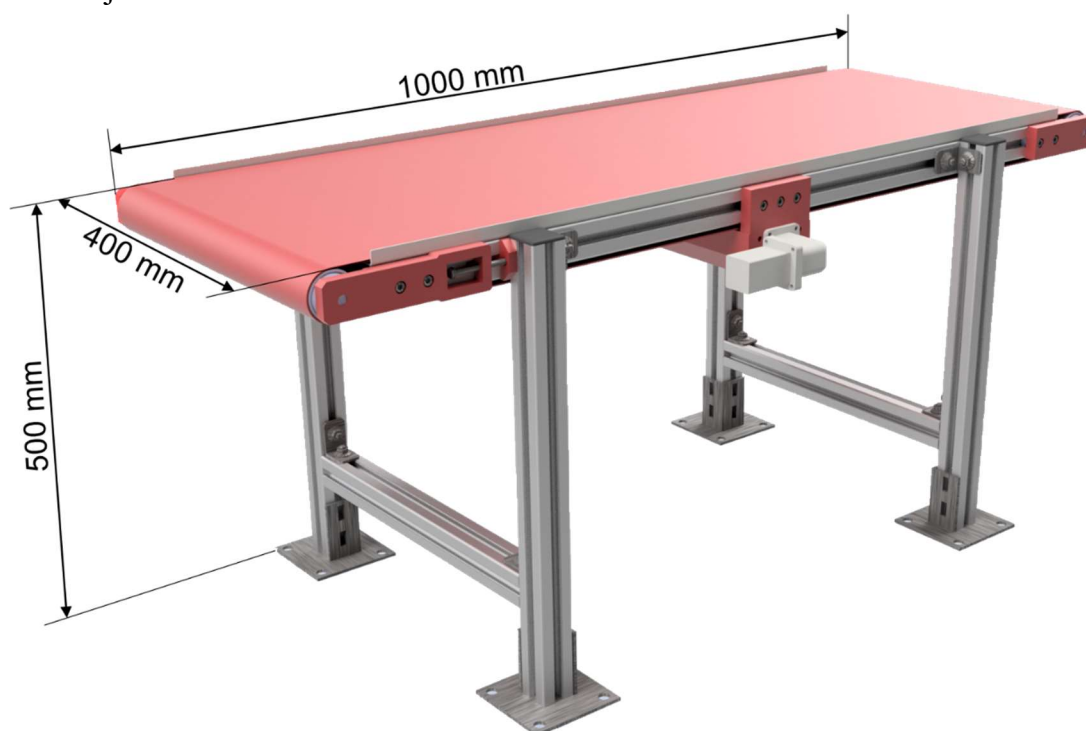
Obr. 4.2.2: Schéma dopravníku s externím pohonem

- 1) Hnaný buben
- 2) Napínací ústrojí
- 3) Nosná konstrukce
- 4) Externí motor
- 5) Převod kroutícího momentu

4.3 Návrh a konstrukce dopravníku

4.3.1 Původní návrh

Na základě zadání jsem navrhl první verzi pásového dopravníku, který je poháněn **krokovým motorem** přes převodovku. Motor je umístěn uprostřed, jelikož se bude dopravník pohybovat v obou směrech. Nosná konstrukce je zhotovena z tlakových hliníkových profilů a stojí na podlaze. K upevnění k podlaze je možné použít šrouby. Bočnice, které upevňují válečky, stejně jako napínací mechanismus, byly namyšlené jako 3D tištěné z ABS plastu. Jako podpora a zároveň usměrňování pásu slouží plech tvaru U, připevněný na nosné konstrukci. První návrh pásového dopravníku zobrazuje **Obr. 4.3.1**.



Obr. 4.3.1: První návrh pásového dopravníku

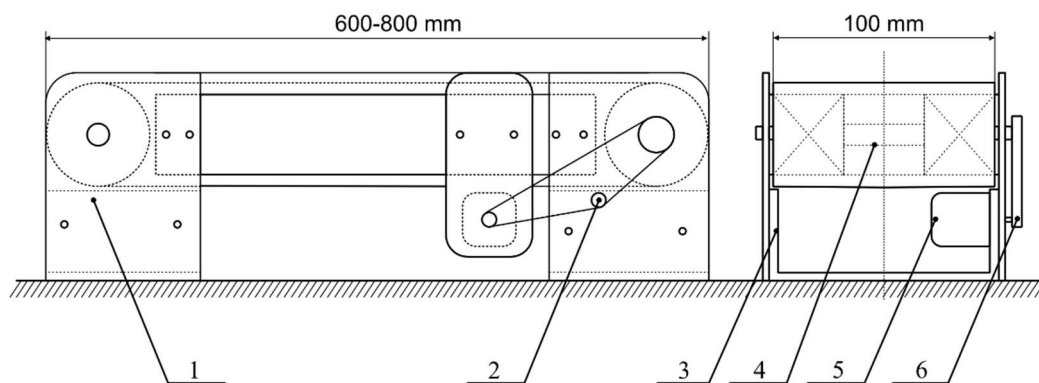
První verze návrhu byla konzultována, přičemž byly upřesněny tyto parametry pro finální verzi:

1. Dopravník **nebude mít pohon uprostřed**, ale na jednom z konců dopravníku. Důvodem je čistší design a úspora materiálu. Jelikož dopravník nebude přenášet těžká břemena, není z funkčního hlediska nezbytné, aby byl motor uprostřed.
2. Dopravník **musí být užší**, šířka pásu bude 100 mm.
3. **Délka** dopravníku bude mezi 600-800 mm

4. Zvážit variantu s bubnovým motorem. Varianta **byla zavrhnuta** z důvodu vysoké pořizovací ceny. Dopravník se osadí **krokovým motorem**, převod bude realizovaný přes **ozubený řemen**.
5. Nosná konstrukce bude **upevněna na stole**, který je opatřen otvory pro uchycení se čtvercovými roztečemi 50x50 mm. To také znamená, že výška dopravníku musí být co nejmenší.
6. Kluzný plech tvaru U **bude nahrazen** dvěma profily tvaru L pro úsporu nákladů.
7. K výrobě bočnic (a dalších dílů) **bude využito 3D tisku**.
8. Dopravník může být opatřen **enkodérem**, který nám podá zpětnou vazbu ohledně chodu dopravníku.
9. Hnaný i hnací váleček **budou vyráběny** (na trhu není dostupná žádná vhodná varianta).

4.3.2 Konceptní návrh

Konečný návrh se bude podobat schématu na **Obr.4.2.2** (varianta s externím pohonem). S přihlédnutím k jednotlivým bodům 1-9 v minulé kapitole jsem zhotovil schéma, které je vyobrazeno na **Obr. 4.3.2.**:



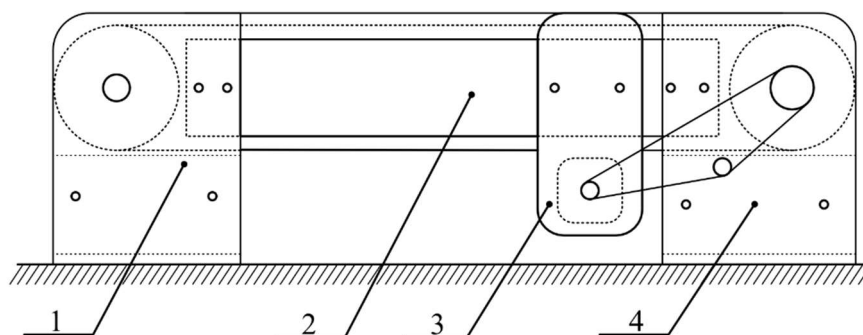
Obr. 4.3.2: Finální schéma pásového dopravníku

- 1) Bočnice
- 2) Enkodér
- 3) Nosný U profil
- 4) Konstrukce z hliníkových profilů
- 5) Krokový motor
- 6) Řemenice a řemen

Tento návrh slouží jako předloha pro konstrukci dopravníku. Konstrukce dopravníku bude probíhat opačně, než by bylo obvyklé – tzn. dopravník zkonstruuji a poté výpočty ověřím, jaké zatížení je dopravník schopný unést a jaké jsou vlastnosti dopravníku. Tento postup volím jednak proto, že jsem **omezen výrobními kapacitami** a komerčně dostupnými komponenty, ale také proto, jelikož **nebyly zadány** žádné vstupní hodnoty (jako výkon, hmotnostní tok, rychlost atd.), které by měl dopravník splňovat.

4.4 Konstrukce dopravníku

V této kapitole se budu věnovat konstrukci jednotlivých prvků pásového dopravníku. Pro snazší dělení prvků jsem dopravník rozdělil na následující podsestavy, dle schématu na **Obr. 4.4.1**:



Obr. 4.4.1: Schéma rozdělení podsestav

- 1) Podsestava hnané větve
- 2) Nosná konstrukce
- 3) Podsestava s motorem
- 4) Podsestava hnací větve

4.4.1 Podsestava hnané větve

Podsestava 1) a 4) jsou si svojí konstrukcí dosti podobné. Zásadně se liší jen v provedení válečku. Bočnice jsou tištěné z ABS plastu tloušťky 9 mm. Jelikož mají bočnice jen průchozí díry pro šrouby a hřídel, bude přesnost tisku dostatečná. Obě bočnice drží profil U, který se upevní ke stolu. Tento profil zároveň definuje šířku dopravníku. Na dně tohoto profilu jsou rozjeté drážky pro flexibilnější upevnění, jelikož tato větev bude natahovat pás. Bočnice jsou s U profilem spojeny každá pomocí dvou šroubů a matek M8, které zajistí dostatečně pevný spoj. Celá sestava je pak přes další šrouby M8 a čtvercové matky připevněna k 2) nosné konstrukci. Váleček (**Obr.4.4.2**) je zhotoven z bežešvé hliníkové trubky. Do ní jsou nalisována 2 ložiska a hřídel spolu s plastovou vložkou. Celá sestava je pak na **Obr. 4.4.3**.



Obr. 4.4.2: Hnaný váleček



Obr. 4.4.3: Podsestava hnané větve

4.4.2 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce je jedna ze stěžejních prvků každého dopravníku, jelikož podepírá pás s břemenem, ale také drží pohromadě celý dopravník. Z těchto důvodů musí být konstrukce dostatečně tuhá. Ke konstrukci základní nosné kostry je využito hliníkových profilů 30x30 mm. Tyto profily jsou velice rozšířené pro konstrukci nosných rámců nejen díky vynikajícímu poměru hmotnosti ku tuhosti, ale i díky příznivé ceně a dostupnosti. Navíc jsou tyto profily opatřeny bočními drážkami, které umožňují snadné upevnění mezi sebou i upevnění komponent na profil. Základní kostra je vyobrazena na **Obr. 4.4.4**.



Obr. 4.4.4: Kostra nosné konstrukce

Tato konstrukce je dále opatřena dvěma hliníkovými profily tvaru L, které jsou upevněny zápusťnými šrouby normy DIN 7991. Výsledná podoba nosné konstrukce je zachycena na **Obr. 4.4.5**.



Obr. 4.4.5: Nosná konstrukce

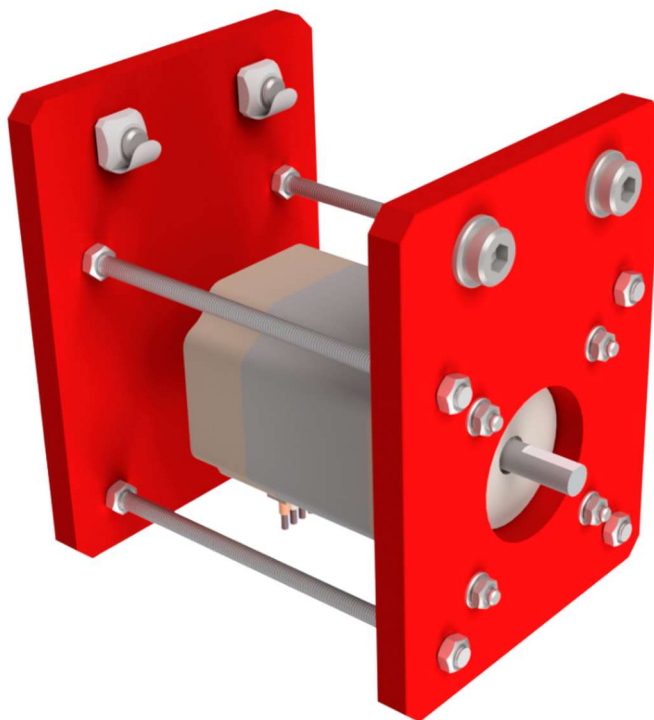
4.4.3 Podsestava s motorem

Tato podsestava je svým principem a účelem velice prostá – upevňuje motor k nosné konstrukci. O to se opět postará tištěná bočnice. Tato bočnice je opatřena průchozími otvory pro uchycení motorů s přírubou standardu NEMA 23. Zároveň je sestava opatřena podpůrnou bočnicí, která zajistí vyšší tuhost sestavy při provozu. Obě bočnice jsou propojeny pomocí závitových tyčí. Pohon byl zvolen na základě přání zákazníka. Jedná se o motor **57HS22** s kroutícím momentem 2,2Nm. Motor je vyobrazený na obrázku **Obr. 4.4.6** [14].



Obr. 4.4.6: Vybraný krokový motor

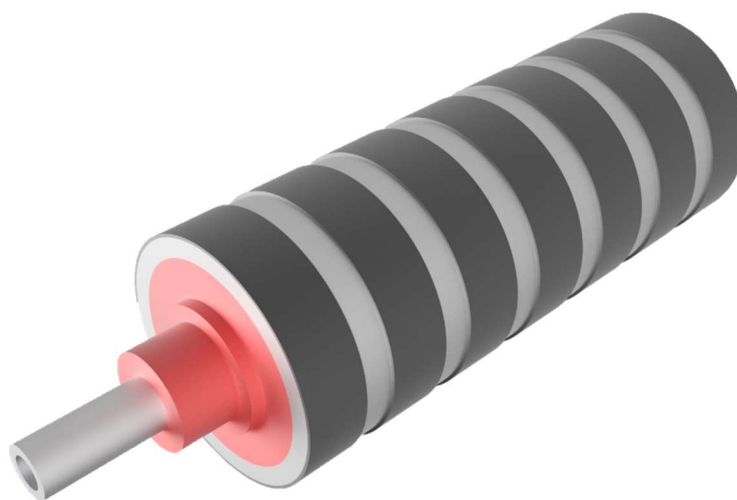
K uchycení celé sestavy k nosné konstrukci je opět využito šroubů M8. Pro upevnění motoru k bočnici je využito čtyř šroubů velikosti M4. Tato sestava je zobrazena na **Obr. 4.4.7**.



Obr. 4.4.7: Podsestava s motorem

4.4.4 Podsestava hnací větve

Jak jsem již zmiňoval, jsou sestavy hnané a hnací větve dosti podobné. Největší rozdíl je v konstrukci a upevnění **hnacího válečku**. Ten je opět zkonstruován z hliníkové trubky. Tato trubka je pomocí speciálně navrženého a následně tištěného komponentu pevně svázána s rotací hnací hřídele. Celý válec je pak zasazen do ložisek, která jsou uložena v bočnicích. Díry v bočnicích pro ložiska budou vytištěny pro velikost ložiska. Jelikož je jisté, že tiskárna provede otvor o něco menší, máme zaručený lisovaný spoj, a proto nebude třeba ložisko pojistit proti rotaci. To nám poskytne čistší design a snazší konstrukci i montáž. Na závěr na válec nalepíme nastříhané pruhy gumy, abychom dosáhli vyššího tření mezi válcem a pásem. Hnací váleček je vyobrazen na **Obr. 4.4.8**.



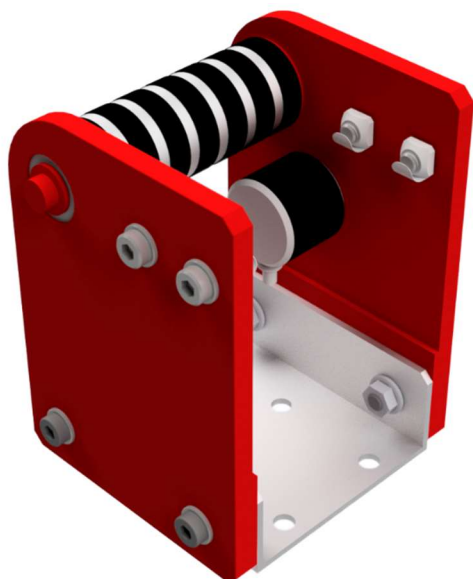
Obr. 4.4.8: Hnací váleček

Dále je sestava opatřena enkodérem, která je upevněn v bočnicích pomocí tří šroubů velikosti M3. Jedná se o rotační enkodér s označením **S3806**, který je zobrazen na **Obr. 4.4.9** [14].



Obr. 4.4.9: Enkodér

Celá sestava je vyobrazena na obrázku **Obr. 4.4.10** a **Obr. 4.4.11**.



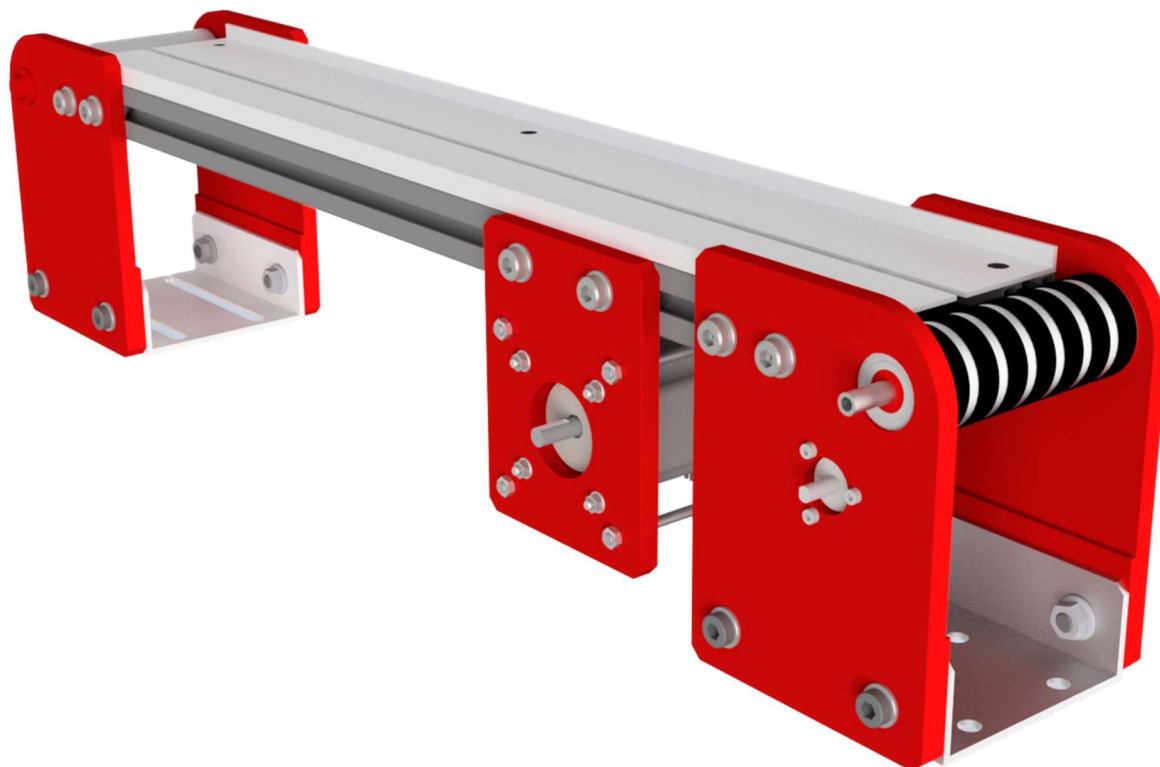
Obr. 4.4.10: Hnací větev zleva



Obr. 4.4.10: Hnací větev zprava

4.4.5 Ostatní komponenty

Podsestavy 1) - 4) nyní můžeme sestavit dohromady. Vznikne nám tak sestava, kterou zachycuje **Obr. 4.4.12**. Tuto sestavu už zbývá jen osadit zbývajících komponenty, aby byl dopravník kompletní.



Obr. 4.4.12: Sestava bez zbývajících komponent

Pás:

Požadavek na šířku pásu je 100 mm. Tento pás si sami vyrobíme, jelikož rozměr 100 mm není tradiční rozměr a byla by nutná dražší výroba na zakázku. Pás vyrobíme z koženky.

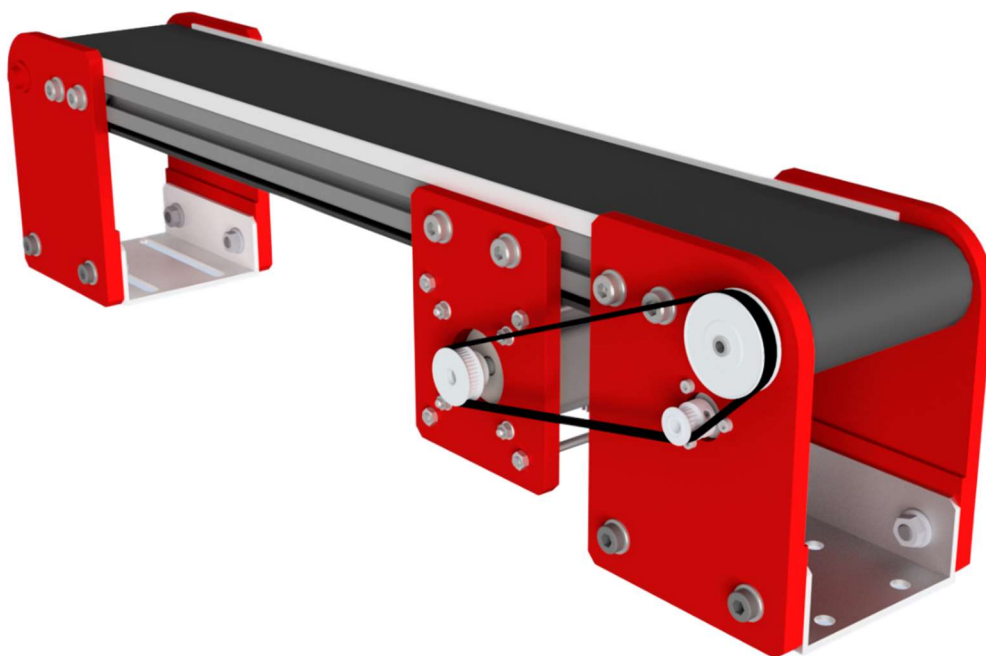
Řemen a řemenice:

Bylo třeba najít řemenice, kterými můžeme osadit hřídel motoru o průměru 8 mm a zároveň enkodér, jehož hřídel má průměr 6 mm. Po pečlivém výběru jsem přistoupil k řemenu a řemenicím typu GT2. Jsou dostupné a levné. Navíc jsou v dostání v provedení se 20, 32, 40 a 60 zuby, což nám dává možnost změny převodu vyměněním kol. Na enkodéru bude permanentně připevněna řemenice s 20 zuby, řemenice na hřídeli motoru i válce bude možné navolit dle více zmíněného počtu zubů. Všechny řemenice jsou znázorněny na **Obr. 4.4.13**.



Obr. 4.4.13: Řemenice

Nyní už nezbývá nic jiného než dopravník zkompletovat. Výsledná sestava je zobrazena na **Obr. 4.4.14**.



Obr. 4.4.14: Výsledná sestava

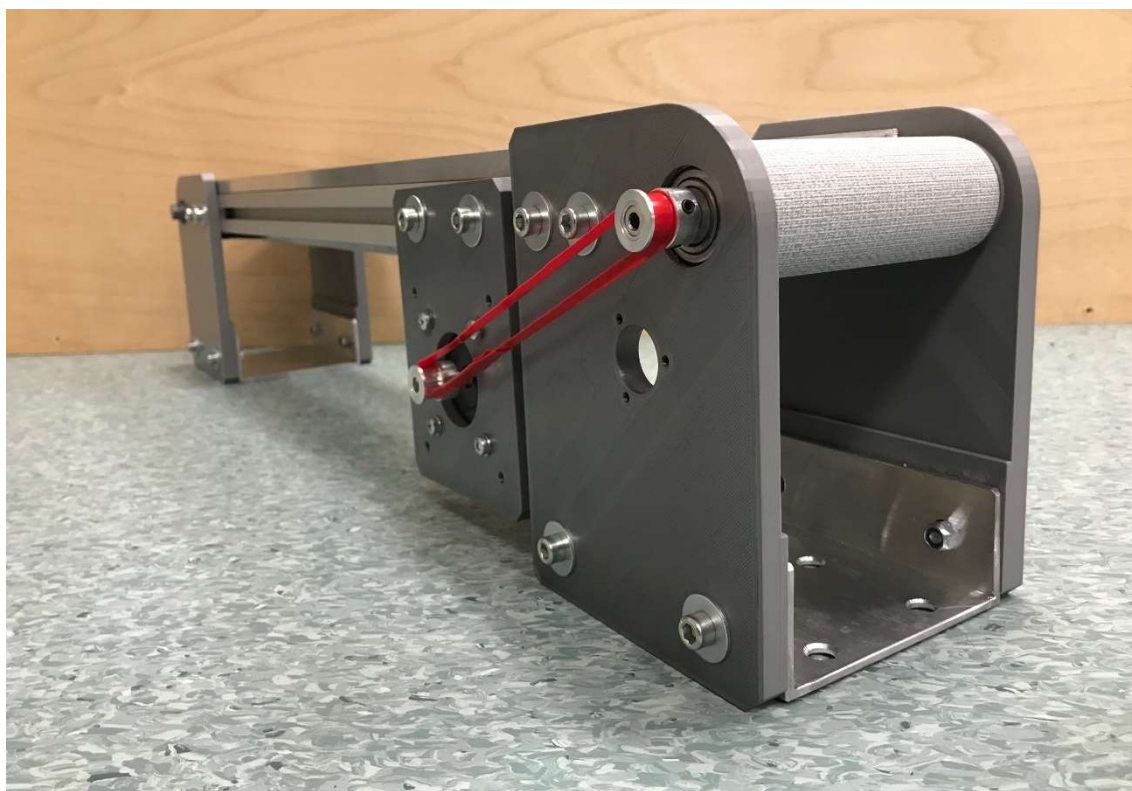
Seznam všech komponent k dopravníku, spolu s množstvím a objednávacími kódy obsahuje PŘÍLOHA I. Výkresovou dokumentaci obsahuje PŘÍLOHA II.

4.5 Sestavení dopravníku

A zde jsou fotky sestaveného dopravníku, které můžete vidět na **Obr. 4.5.1** a **Obr. 4.5.2**. Dopravník byl vyroben a sestaven v dílnách VUT FSI s asistencí vedoucího práce doc. Matouška.



Obr. 4.5.1: Sestavený pásový dopravník



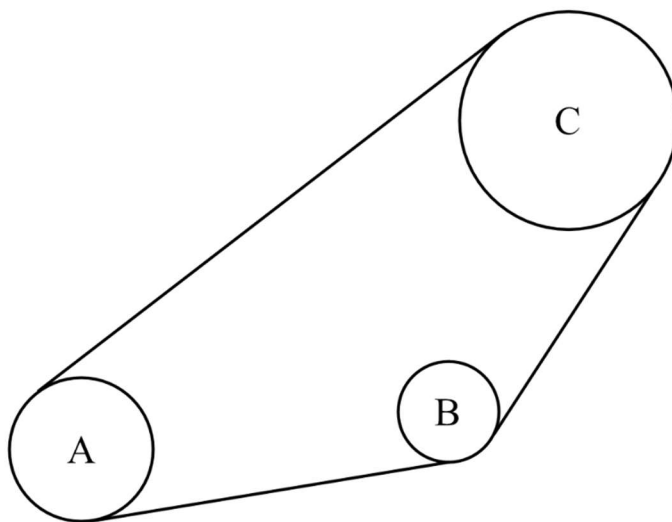
Obr. 4.5.2: Sestavený pásový dopravník

Jednotlivé díly se podařily vyrobit, a tak nebyl problém dopravník sestavit. Dopravník funguje tak, jak má. Jediné, co dopravníku zachází je enkodér. Ten je možné dokoupit kdykoli později a k dopravníku připojit. Realizace dopravníku se tímto zdařila.

5 CHARAKTERISTIKY DOPRAVNÍKU

Nyní, když je dopravník zkonstruovaný, zbývá zjistit, jakých rychlostí a přesnosti je pás dopravníku schopný dosáhnout a jaké je maximální doporučené zatížení při převodu do pomalá a do rychla.

5.1 Základní rovnice



Obr. 5.1.1: Schéma převodu

Dle **Obr. 5.1.1** je řemenice „A“ hnací řemenicí motoru, řemenice „B“ je řemenice enkodéru a řemenice „C“ je řemenice hnacího válce. Jelikož řemenice „B“ nepřenáší žádný výkon (třecí odpor a moment setrvačnosti enkodéru zanedbáme), lze celý převod zjednodušit na převod „A-C“.

Definujeme počet zubů řemenice „A“ jako „a“ a počet zubů řemenice „C“ jako „c“.

Poté víme, že **převodový poměr „i“** převodu „A-C“ je roven:

$$i = \frac{c}{a} [-] \quad (1)$$

Výstupní moment „T“ na řemenici „C“ spočteme dle následujícího vztahu:

$$T = M_0 \cdot i [Nm] \quad (2)$$

kde M_0 je kroutící moment motoru.

Výstupní otáčky „n“ na řemenici „C“ určuje vztah:

$$n = \frac{n_0}{i} \left[\frac{ot}{min} \right] \quad (3)$$

kde n_0 jsou otáčky motoru.

Výstupní úhlový posuv řemenice během jednoho kroku motoru:

$$\varphi = \frac{\varphi_0}{i} \text{ [rad]} \quad (4)$$

kde φ_0 je **základní úhel** motoru (úhel, o který se motor otočí při jednom kroku).

Převod úhlového posuvu na obvodový:

$$s = \varphi \cdot r \text{ [m]} \quad (5)$$

kde s je obvodový posuv a r je poloměr válce.

Spojením rovnic [4] a [5] získáváme dráhu, kterou pás urazí při učinění jednoho kroku. Tuto dráhu lze považovat za přesnost, se kterou se dopravník pohybuje.

Výstupní přesnost pohybu pásu potom zjistíme rovnicí:

$$s = \varphi \cdot r = \frac{\varphi_0}{i} \cdot r \text{ [m]} \quad (6)$$

Výstupní obvodová rychlost pásu:

Nejprve musíme převést otáčky na úhlovou rychlost:

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \cdot n \text{ [rad/s]} \quad (7)$$

Nyní použijeme vztah pro přepočet úhlové rychlosti na obvodovou:

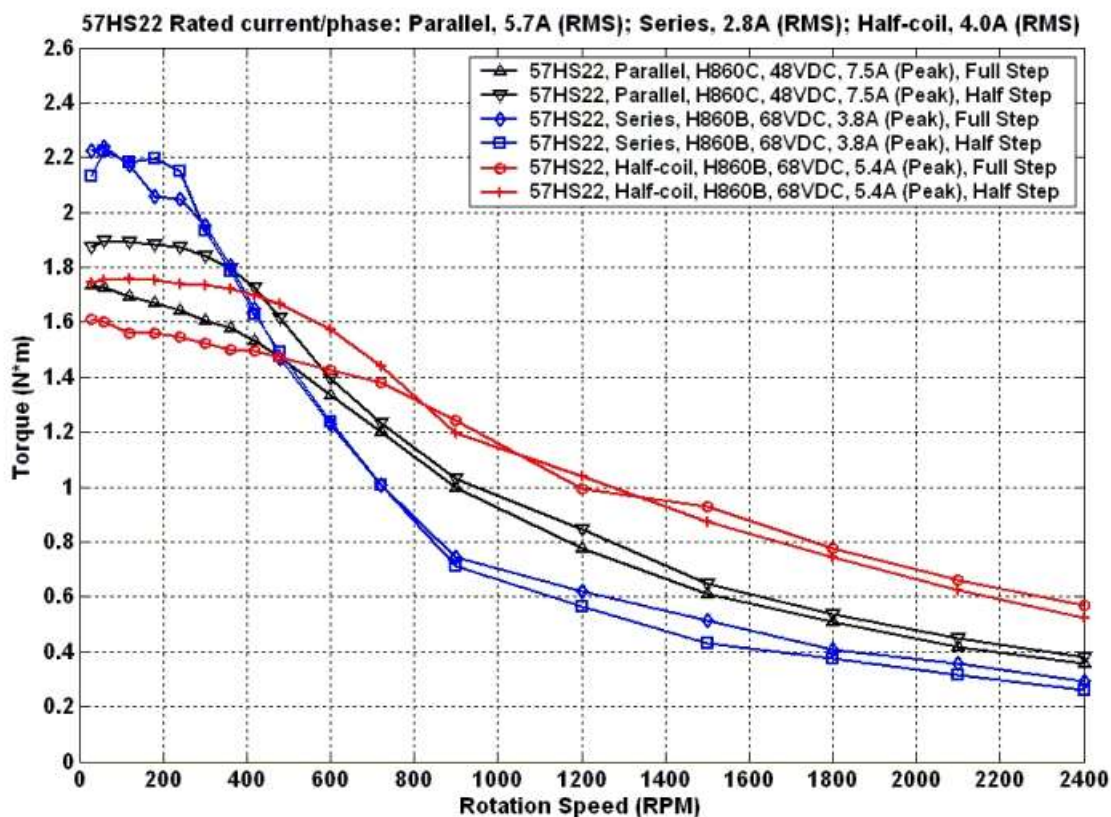
$$v = \omega \cdot r \text{ [m/s]} \quad (8)$$

Spojením rovnic [3], [7] a [8] dostáváme **finální rovnici rychlosti pásu:**

$$v = \omega \cdot r = \frac{2\pi}{60} \cdot n \cdot r = \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{n_0}{i} \cdot r \text{ [m/s]} \quad (9)$$

5.2 Charakteristika motoru

Jelikož je námi vybraný motor s označením 57HS22 krokový motor, má krouticí moment závislý na otáčkách. To je patrné z následujícího grafu **Graf. 5.2.1** [14]:



Graf. 5.2.1: Závislost momentu na otáčkách motoru

Z grafu lze vyčíst, že největší moment 2,2 Nm je motor schopen vyvinout do cca 200 rpm. Budeme-li následovat modrou křivku, vidíme, že motor je schopen dosáhnout až 2400 rpm s momentem cca 0,25 Nm. Tento moment můžeme mírně zvýšit volbou jiného zapojení. **Základní úhel** motoru je 1,8° [14].

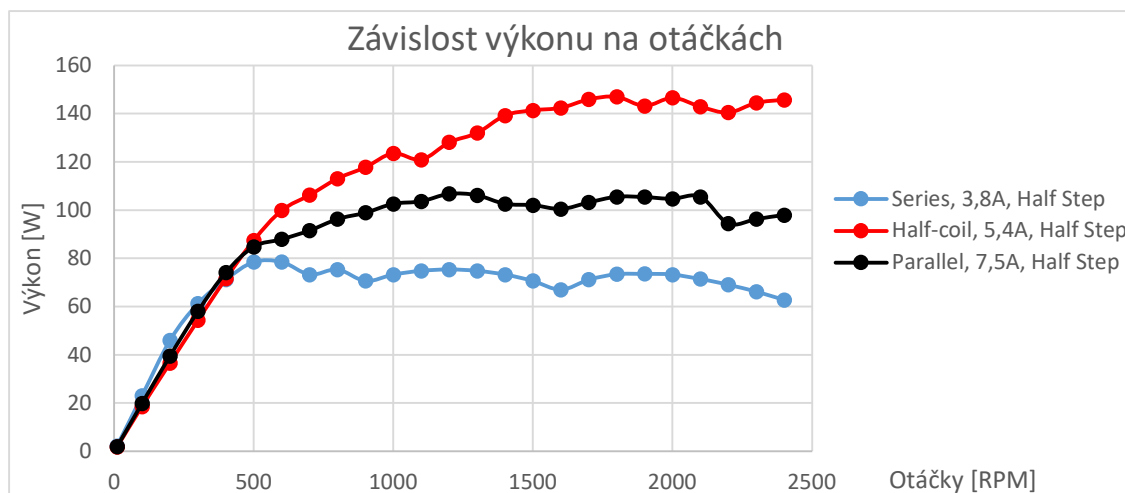
5.2.1 Nejvyšší výkon

Jelikož je závislost momentu na otáčkách nelineární, bude i výkon v závislosti na otáčkách nelineární, jak vychází z následující rovnice pro výkon:

$$P = M \cdot \omega [W] \quad (10)$$

Kde P je výkon, M je krouticí moment a ω je úhlová rychlost.

Pokud přepíšeme data z grafu v Obr. 6.2.1 do vlastního tabulkového procesoru (jako je např. MS Excel) a graf se bude shodovat s originálem, můžeme vytvořit i graf závislosti výkonu na otáčkách dle rovnice [10]. Tuto situaci zachycuje **Graf. 5.3.1**.



Graf. 5.3.1: Závislost výkonu na otáčkách

Graf nám indikuje, že nejvyššího možného výkonu (cca 145 W) motor dosahuje v unipolárním zapojení při otáčkách zhruba 2000 rpm. Tato hodnota je ovšem jen teoretická a vlivem přepisu dat může být použita jen orientačně. Pro přesnější hodnoty by bylo nutné výkon změřit přímo.

5.3 Varianty převodu

Převod vždy volíme na základě výkonu motoru a hmotnosti břemena, které je třeba přenést. V této podkapitole vypočítáme charakteristické hodnoty podle rovnic z kapitoly 6.1 pro převody dopomala a převod dorychla.

5.3.1 Převod do pomala

Převod dopomala realizujeme tak, že řemenice „A“ bude mít počet zubů $a = 20$ a řemenice „C“ bude mít počet zubů $c = 60$. Za nominální hodnoty dosadíme $M_0 = 2,2 \text{ Nm}$, $n_0 = 200 \text{ rpm}$ a $\varphi_0 = 1,8^\circ = \frac{\pi}{100} \text{ rad}$, abychom dostali převod s co největším momentem. Rameno válce r je 17,5mm

Převodový poměr podle rovnice [1]:

$$i = \frac{c}{a} = \frac{60}{20} = 3$$

Výstupní moment podle rovnice [2]:

$$T = M_0 \cdot i = 2,2 \cdot 3 = 6,6 \text{ Nm}$$

Výstupní otáčky podle rovnice [3]:

$$n = \frac{n_0}{i} = \frac{200}{3} = 66,67 \text{ rpm}$$

Výstupní přesnost podle rovnice [6]:

$$s = \varphi \cdot r = \frac{\varphi_0}{i} \cdot r = \frac{\pi}{100 \cdot 3} \cdot 17,5 = 0,183 \text{ mm}$$

Výstupní obvodová rychlost pásu podle rovnice [9]:

$$v = \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{n_0}{i} \cdot r = \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{200}{3} \cdot \frac{17,5}{1000} = 0,122 \text{ m/s}$$

5.3.2 Převod do rychla

Převod dorychla realizujeme tak, že řemenice „A“ bude mít počet zubů $a = 60$ a řemenice „C“ bude mít počet zubů $c = 20$. Za nominální hodnoty dosadíme $M_0 = 0,25 \text{ Nm}$, $n_0 = 2400 \text{ rpm}$ a $\varphi_0 = 1,8^\circ = \frac{\pi}{100} \text{ rad}$, abychom dostali převod s co největšími otáčkami. Rameno válce r je 17,5mm

Převodový poměr podle rovnice [1]:

$$i = \frac{c}{a} = \frac{20}{60} = \frac{1}{3}$$

Výstupní moment podle rovnice [2]:

$$T = M_0 \cdot i = \frac{0,25}{3} = \frac{1}{12} = 0,083 \text{ Nm}$$

Výstupní otáčky podle rovnice [3]:

$$n = \frac{n_0}{i} = 2400 \cdot 3 = 7200 \text{ rpm}$$

Výstupní přesnost podle rovnice [6]:

$$s = \varphi \cdot r = \frac{\varphi_0}{i} \cdot r = \frac{\pi \cdot 3}{100} \cdot 17,5 = 1,65 \text{ mm}$$

Výstupní obvodová rychlost pásu podle rovnice [9]:

$$v = \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{n_0}{i} \cdot r = \frac{2\pi}{60} \cdot 2400 \cdot 3 \cdot \frac{17,5}{1000} = 13,19 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{cca } 47,5 \text{ km/h}$$

Tato rychlost je teoretická a dopravník této rychlosti, vlivem ztrát, nedosáhne. Přesto je třeba dbát zvýšené bezpečnosti při provozu motoru na nejvyšší otáčky, zvláště při převodu dorychla. Nutno je také počítat s možností, že dojde k poškození některé ze součástí, vlivem vysokých otáček a výměna dílu nebo oprava může být nezbytná.

5.4 Nosnost dopravníku

Jelikož známe charakteristiky motoru, lze odhadnout, kdy dojde k jeho přetížení, respektive přetížení dopravníku. Pokud dopravník přetížíme, motor nebude mít dostatečný výkon na jeho rozběh. Tím pádem motor vši svojí silou natahuje řemen, který může prasknout. Sílu působící na řemen při rozběhu v přetížení vyjadřuje rovnice [11]:

$$F = \frac{M}{R} \text{ [N]} \quad (11)$$

kde M je maximální moment motoru a R je poloměr řemenice.

Je-li poloměr řemenice s 20 zuby $R_{20} \approx 6,2 \text{ mm}$ a poloměr řemenice s 60 zuby $R_{60} \approx 18,5 \text{ mm}$ a moment $M = 2,2 \text{ Nm}$, pak síla v pásu F_P při převodu dopomala je dle rovnice [11]:

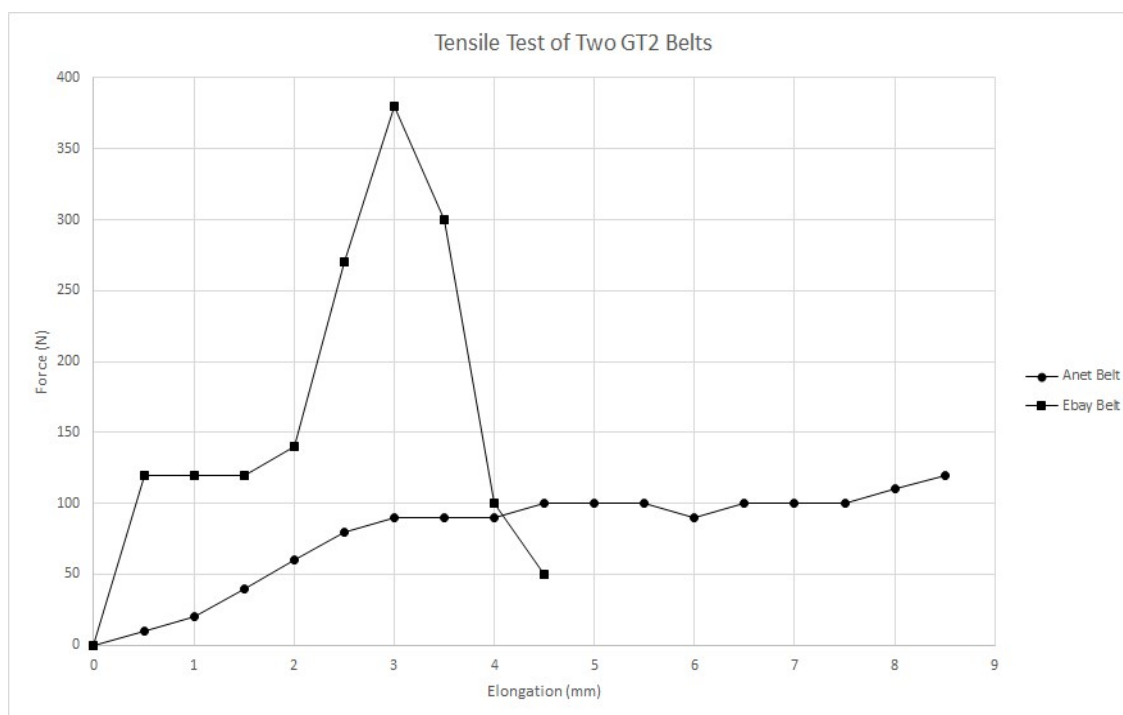
$$F_P = \frac{M}{R_{20}} = \frac{2,2}{0,0062} = 354 \text{ N}$$

a síla v pásu F_R při převodu dorychla spočteme dle rovnice [11]:

$$F_R = \frac{M}{R_{20}} = \frac{2,2}{0,0185} = 119 \text{ N}$$

Síla $F_P > F_R$, dále budeme pracovat jen se silou F_P , která je z hlediska bezpečnosti významnější.

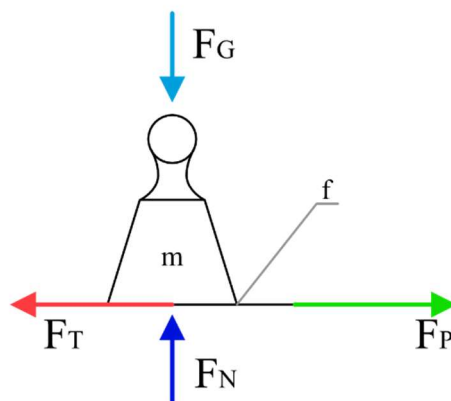
Bohužel neexistuje ověřený test meze pevnosti v tahu pro neoprenový pás se sklolaminátovými vlákny. Na sociální síti Reddit [15] jsem však zjistil, že v komunitě 3d modelářů jeden z uživatelů provedl destruktivní test meze pevnosti v tahu dvou pásů. Jeden z pásů byl originální pás dodaný k tiskárně Anet, druhý byl pás typu GT2 šířky 6 mm se sklolaminátovými vlákny – námi použitý řemen. Pokud bychom si chtěli být jistí, bylo by třeba uskutečnit vlastní test a zjistit, jaké síle v tahu pás podlehně. Ovšem jako orientační hodnotu použijme tento test. Graf meze pevnosti na **Obr. 5.4.1** [15]:



Obr. 5.4.1: Graf meze pevnosti dvou pásů

Graf indikuje, že pás podlehl napětí při síle cca 375 N. Z toho můžeme vyvodit, že dojde-li k přetížení dopravníku v převodu dopomala, nový pás se pravděpodobně nepřetrhne. Pokud bychom ale dopravník přetěžovali opakovaně, pás jistě podlehně únavovému namáhání a přetrhne se.

Jak těžké musí být břemeno, aby došlo k zastavení dopravníku? Situaci si můžeme zjednodušit dle následujícího schématu na **Obr. 5.4.2**:



Obr. 5.4.2: Schéma rozložení sil při přetížení

Naše hledaná hodnota je hmotnost břemene m . F_G je tíhová síla břemene, F_N je normálová síla od kluzného plechu, F_P je tažná síla pásu a F_T je odporová třecí síla. Znak f je koeficient tření mezi kluznou deskou a PVC pásem. Ze znalosti principu silové rovnováhy víme, že $F_N = F_G$ a že $F_T = F_P$

Firma Ripra s.r.o. na svých stránkách uvádí, že koeficient tření mezi kovem a PVC je $f=0,6$ [16].

Víme, že rovnice pro tíhovou sílu má tvar:

$$F_G = g \cdot m \Rightarrow m = \frac{F_G}{g} \quad (12)$$

kde g je tíhové zrychlení země.

Dále je také známo, že se třecí síla F_T vypočítá podle následujícího vztahu:

$$F_T = f \cdot F_N \Rightarrow F_N = \frac{F_T}{f} = \frac{F_P}{f} \quad (13)$$

Odtud vyvodíme vztah pro hledané m :

$$m = \frac{F_G}{g} = \frac{F_N}{g} = \frac{F_P}{f \cdot g} = \frac{354}{0,6 \cdot 9,81} = 60,14 \text{ kg} = m_{max}$$

Dopravník tedy bude přetížený v případě, že hmotnost břemene přesáhne 60,14 kg. Pokud použijeme vztah pro bezpečnost a vztáhneme jej na hmotnost, pak hmotnostní bezpečnost k je rovna:

$$k = \frac{m_{max}}{m_d} \quad (14)$$

kde m_d je doporučená hmotnost břemene a $m_{max} = 60,14 \text{ kg}$ je maximální dovolené zatížení. Volím bezpečnost $k = 6 \Rightarrow m_d = \frac{m_{max}}{k} = \frac{60,14}{6} \approx 10 \text{ kg}$

Maximální doporučená hmotnost břemene je **$m_d = 10 \text{ kg}$** .

5.5 Zhodnocení charakteristik

Navržený dopravník má následující klíčové vlastnosti:

- Maximální možný výkon 145 W při otáčkách 2000 rpm
- Maximální náklad 10 kg (kusová břemena).
- Maximální možný výstupní moment: 6,6 Nm
- Maximální teoretická výstupní rychlost pásu: 13,2 m/s
- Minimální možný posuv pásu (přesnost): 0,183 mm

Z těchto charakteristik můžeme usoudit, že dopravník je uzpůsobený k aplikaci pick-and-place, neboť jeho servomotor zajišťuje dostatečnou přesnost i akceleraci. Pokud bude třeba pohánět pás vyššími rychlostmi, lze vhodnou změnou převodu dosáhnout vyšších rychlostí pásu při nízkých otáčkách.

Při použití slabšího motoru typu **57HS09** s kroutícím momentem 1,3Nm v převodu 1:1 bude výstupní rychlost pásu **$v=1,6$ m/s** při běžných otáčkách **$n=800$ ot/min**. Rychlost pásu lze měnit změnou otáček motoru, případně změnou převodového poměru výměnou řemenic. Při použití tohoto motoru se doporučuje zatížení dopravníku do 2 kg pro kusové břemena.

6 OŽIVENÍ DOPRAVNÍKU

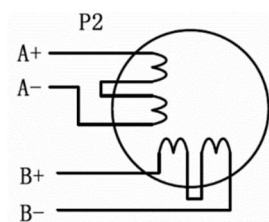
Nyní, když máme dopravník zkonstruovaný, zbývá ho už jen oživit. Naším pohonem je krokový motor. Jelikož budeme chtít generovat co největší moment při nižších otáčkách, abychom dosáhli co největšího zrychlení, zvolíme dle grafu 5.3.1 bipolární sériové zapojení.

Jako řidič použijeme driver s označením **M542**. Tento driver má špičkový proud 4.2 A, a to znamená, že je tento driver schopný náš motor v sériovém zapojení bez problémů napájet. Pokud bychom chtěli zapojení měnit, bylo by třeba koupit silnější driver. Tento driver zobrazuje **Obr. 6.1.1**.



Obr. 6.1.1: Vybraný driver (řidič)

[14] V přidaném manuálu nalezneme schéma sériového zapojení pro zapojení motoru s 8 vodiči. Schéma připojení motoru k driveru je na **Obr.6.1.2**. Motor dle tohoto schématu napojíme k driveru do přiléhajících konektorů označených ve schématu.



Obr. 6.1.2: Schéma připojení motoru k driveru

Nyní je třeba připojit zdroj napětí. Výrobce driveru v manuálu uvádí, že lze využít zdroje stejnosměrného napětí v rozmezí 20-45 V. Zde je na zákazníkovi, aby zvážil, jaký zdroj má k dispozici, případně jaký bude pro aplikaci vhodnější. S vyšším zdrojem bude motor schopný vyšších otáček. S nižším zdrojem bude limitována hlučnost a driver se nebude tolik zahřívat-vhodné pro chod při malých otáčkách.

Nyní musíme vymyslet, jakým způsobem budeme posílat signál do driveru. Jak jsem psal v kapitole 3.3, lze využít zařízení Arduino UNO. To bude pro náš účel vhodné díky kompaktním rozměrům a nízké ceně. Obrázek arduina je na **Obr. 6.1.3** [18].

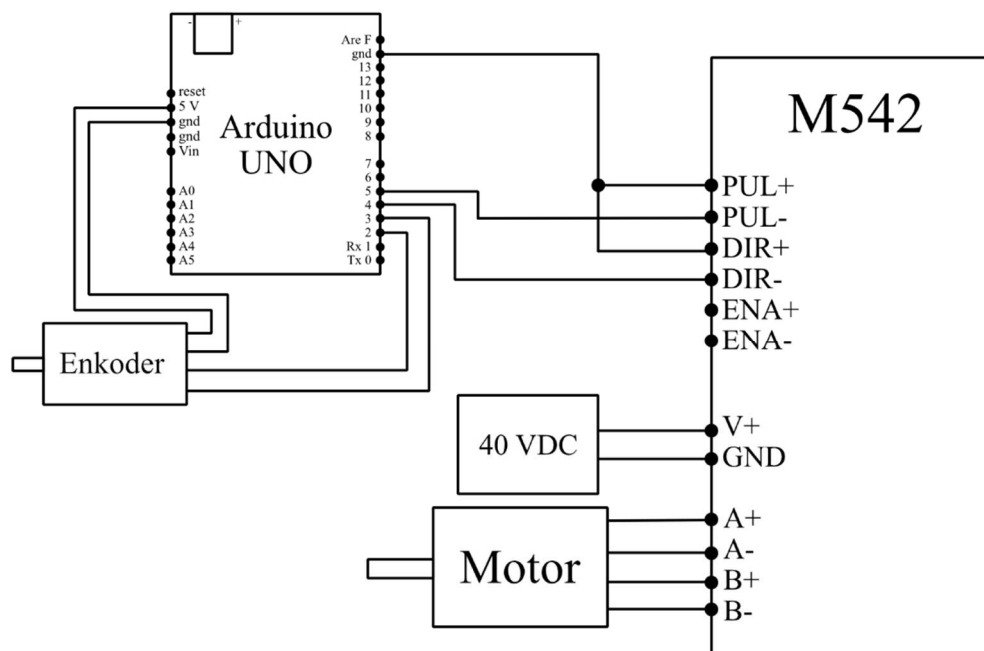


Obr. 6.1.3: Arudion UNO

Dále bude třeba k okruhu připojit rotační inkrementální enkodér. Ten jsme vybrali po konzultaci se zákazníkem. Jedná se o enkodér s označením S3806 [14]. Námí zvolený enkodér je na obrázku **Obr. 4.4.9: Enkodér**

Nyní, když máme všechny komponenty představené a pohromadě, zbývá je jen vzájemně propojit.

Schéma zapojení je na obrázku **Obr. 6.1.4**.



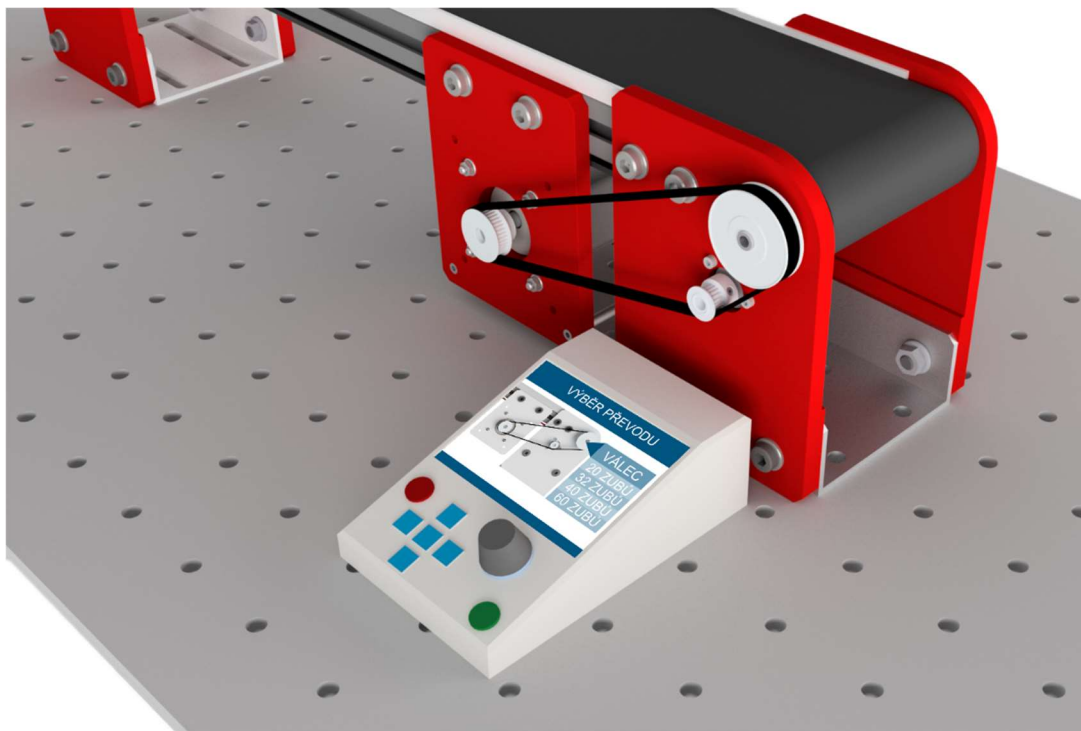
Obr. 6.1.4: Schéma propojení komponent

7 ZÁVĚR

Tato práce se věnovala realizaci krátkého pásového dopravníku pro aplikaci pick-and-place. Dopravník se podařilo zkonstruovat a realizovat dle zadání a svými vlastnostmi je ideální pro předurčenou aplikaci. Bakalářská práce obsahuje nezbytnou rešeršní část, dále praktickou část, která zachycuje průběh konstrukce dopravníku a v další kapitole jsou design dopravníku a jeho vlastnosti podloženy výpočtovou zprávou. Závěrečná kapitola obsahuje diskusi postupu, jak dopravník oživit.

Obsahem této závěrečné práce je také seznam komponent s objednávacími kódy a výkresová dokumentace k výrobě dílů i montáži celého dopravníku.

Dopravník jako takový je hotový a připravený k použití. Nicméně na každém projektu je vždy co zlepšovat a tento dopravník není výjimkou. Diskutovali jsme například s vedoucím práce docentem Matouškem, že by mohl být dopravník opatřen optickým senzorem, který by umožňoval ustavit dopravník do domovské pozice. Dalším podnětem k realizaci či závěrečné práci by mohl být ovládací pult s obrazovkou, kterým by bylo možné dopravník přímo řídit i programovat. Malá vize tohoto ovladače je zobrazena na **Obr. 7.1.1**.



Obr. 7.1.1: Vize ovládacího pultu

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] STEHLÍK, Jaroslav. *Dopravníky*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-888-4.
- [2] Product Handling Concepts. *The History Of Conveyors* [online]. 2014 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://www.phcfirst.com/words-in-motion/2014/6/30/the-history-of-conveyors>
- [3] JVM Metal s.r.o. Dopravníkové válečky [online]. 2020 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://jvmmetal.cz/dopravnikove-valecky/>
- [4] ASKMT. ERA Válečkové dopravníky [online]. 2020 [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://askmt.com/stranka-era-valeckove-dopravniky-205>
- [5] POLÁK, Jaromír. *Dopravní a manipulační zařízení II*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0493-X.
- [6] ATS Automation Tooling Systems GmbH, *SuperTrak* [online]. 2020 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.atsmunich.de/en/benefits/supertrak/>
- [7] B&R Industrial Automation GmbH., *Tiskové zprávy* [online]. 2016 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.br-automation.com/cs/o-nas/tiskove-zpravy/next-generation-industrial-transport-technology-26-04-2016/>
- [8] FRIES, Jiří. *Pásové dopravníky, bubny a jejich výpočet*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 80-7083-888-4
- [9] GAŠPARÍK, Miroslav a Milan GAFF. *Manipulační a dopravní technika I*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2016, 112 s. ISBN 978-80-213-2619-4.
- [10] JVM Metal s.r.o. *Dopravníkové pásy* [online]. 2020 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://jvmmetal.cz/dopravnikove-pasy/>
- [11] Ammeraal Beltech s.r.o. *Modulární pásy* [online]. 2020 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://www.ammeraalbeltech.com/cs-cz/produkty/modular-belts/straight-running/25.4-mm-1.00-in/uni-lpb/>
- [12] ROLLCONTECH s.r.o. *Drátěné pásy* [online]. 2020 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://rollcontech.cz/dratene-pasy/>
- [13] REKO s.r.o. Katalog Reko s.r.o. [online]. 2020 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://www.reko-sro.cz/ke-stazeni.htm>
- [14] CNC shop s.r.o. Katalog produktů [online]. 2020 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <http://cncshop.cz/>
- [15] Anonim, Graf meze pevnosti v tahu. Reddit. [online]. 2020 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: https://www.reddit.com/r/3Dprinting/comments/61j9et/i_tested_some_gt2_belts_to_failur_e_on_a_tensile/.
- [16] RIPRA S.R.O., Součinitele tření. [online]. 2020 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <http://www.ripra.cz/index.php>
- [17] HAMMER, M. *Elektrotechnika a elektronika*. Elektrotechnika a elektronika. skripta. Brno: CERM, s.r. o Brno, 2006. p. 1-134. ISBN: 80-214-3334-5.
- [18] Alza.cz a.s Katalog, Počítače a Software. [online]. 2020 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/>

9 SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

i	$[-]$	Převodový poměr
a	$[-]$	Počet zubů řemenice A
c	$[-]$	Počet zubů řemenice C
T	$[Nm]$	Výstupní moment
n	$\left[\frac{ot}{min}\right]$	Výstupní otáčky
φ	$[rad]$	Úhlový posuv
s	$[m]$	Obvodový posuv
ω	$[rad/s]$	Úhlová rychlost
v	$[m/s]$	Obvodová rychlost
P	$[W]$	Výkon
F	$[N]$	Síla v pásu
F_P	$[N]$	Síla v pásu v převodu dopomala
F_R	$[N]$	Síla v pásu v převodu dorychla
F_G	$[N]$	Tíhová síla břemena
F_N	$[N]$	Normálová síla od podložky
F_T	$[N]$	Třecí síla
f	$[-]$	Koeficient tření
m	$[kg]$	Hmotnost tělesa
m_{max}	$[kg]$	Hmotnost, kdy dojde k přetížení
m_d	$[kg]$	Doporučená maximální hmotnost
k	$[-]$	Bezpečnost

10 SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK

Obr. 2.2.1:	Schéma válečkové tratě
Obr. 2.2.2:	Řetězový
Obr. 2.2.3:	Pásový
Obr. 2.2.4:	Řemenný
Obr. 2.2.5:	Schéma šnekového dopravníku
Obr. 2.2.6:	Vibrační podavač
Obr. 2.2.7:	Magnetický pásový dopravník
Obr. 2.2.8:	Lineární paletový dopravník společnosti B&R
Obr. 3.1.1:	Schéma pásového dopravníku
Obr. 3.2.1:	PVC pás
Obr. 3.2.2:	Modulární pás
Obr. 3.2.3:	Drátěný pás
Obr. 3.4.1:	Schéma hnacího bubnu
Obr. 3.4.2:	Řez elektrobubnem
Obr. 3.6.1:	Základní schéma napínací stanice
Obr. 3.7.1:	Základní typy válečkových stolic
Obr. 4.2.1:	Schéma dopravníku s bubnovým motorem
Obr. 4.2.2:	Schéma dopravníku s externím pohonem
Obr. 4.3.1:	První návrh pásového dopravníku
Obr. 4.3.2:	Finální schéma pásového dopravníku
Obr. 4.4.1:	Schéma rozdělení podsestav
Obr. 4.4.2:	Hnaný váleček
Obr. 4.4.3:	Podsestava hnané větve
Obr. 4.4.4:	Kostra nosné konstrukce
Obr. 4.4.5:	Nosná konstrukce
Obr. 4.4.6:	Vybraný krokový motor
Obr. 4.4.7:	Podsestava s motorem
Obr. 4.4.8:	Hnací váleček
Obr. 4.4.9:	Enkodér
Obr. 4.4.10:	Hnací větev zleva
Obr. 4.4.10:	Hnací větev zprava
Obr. 4.4.12:	Sestava bez zbývajících komponent
Obr. 4.4.13:	Řemenice
Obr. 4.4.14:	Výsledná sestava
Obr. 4.5.1:	Sestavený pásový dopravník
Obr. 4.5.2:	Sestavený pásový dopravník
Obr. 5.1.1:	Schéma převodu
Obr. 5.4.1:	Graf meze pevnosti dvou pásů
Obr. 5.4.2:	Schéma rozložení sil při přetížení
Obr. 6.1.1:	Vybraný driver (řidič)

Obr. 6.1.2:	Schéma připojení motoru k driveru
Obr. 6.1.3:	Arudion UNO
Obr. 6.1.4:	Schéma propojení komponent
Obr. 7.1.1:	Vize ovládacího pultu
Tab. 3.2.1:	Spojování pásu
Graf. 5.2.1:	Závislost momentu na otáčkách motoru
Graf. 5.3.1:	Závislost výkonu na otáčkách

11 SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA I

Seznam komponent dopravníku

- 1) Seznam komponent.pdf

PŘÍLOHA II

Výkresová dokumentace

	Č. výkresu	Název
1)	PD_000_000.pdf	Hlavní sestava
2)	PD_001_000.pdf	Podsestava motor
3)	PD_001_001.pdf	Držák motoru
4)	PD_001_002.pdf	Držák protikus
5)	PD_002_000.pdf	Hnaná podsestava
6)	PD_002_001.pdf	Zadní bočnice levá
7)	PD_002_002.pdf	U podstava zadní
8)	PD_002_003.pdf	Hřídel hnaná
9)	PD_002_004.pdf	Gravitační válec
10)	PD_002_005.pdf	Špunt hnaný
11)	PD_002_006.pdf	Krytka
12)	PD_002_007.pdf	Distanční trubka
13)	PD_002_008.pdf	Distance
14)	PD_002_009.pdf	Zadní bočnice pravá
15)	PD_002_010.pdf	Bezešvá trubka
16)	PD_003_000.pdf	Pohonná sestava
17)	PD_003_001.pdf	Pravá přední bočnice
18)	PD_003_002.pdf	Levá přední bočnice
19)	PD_003_003.pdf	U podstava přední
20)	PD_003_004.pdf	Hřídel hnaná
21)	PD_003_005.pdf	Hliníková trubka hnaná
22)	PD_003_006.pdf	Poháněný válec
23)	PD_003_007.pdf	Špunt hnací
24)	PD_004_000.pdf	Konstrukce
25)	PD_004_001.pdf	Bočnice

PŘÍLOHA III

CAD model dopravníku

- 1) PD_000_000.stp