VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

AUTOMATICKÝ APLIKAČNÍ SYSTÉM OCHRANNÝCH ROHŮ PALETIZOVANÉHO MATERIÁLU

ROLL ASSEMBLY SYSTEM FOR AUTOMATIC STRAPPING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. Michal Havelka

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

SUPERVISOR

BRNO 2021

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadaní diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	**Bc. Michal Havelka**
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce:	**doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.**
Akademický rok:	2020/21

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 diplomové práce:

Automatický aplikační systém ochranných rohů paletizovaného materiálu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem je sestrojit plně automatické pracoviště, na kterém bude provedena manipulace ochranných papírových rohů a jejich vhodné připevnění na paletizovaný materiál. Rohy slouží jako ochranný prvek zabraňující poškození zboží při transportu. Paletizovaný materiál jsou role technické textilie jednotlivě zabalené v plastovém obalu, naskládané na paletě a navzájem i k paletě zapáskované. Na rohy tohoto celku bude potřeba připevnit ochranné rohy, které zajistí, aby se role u další operace (tj. obalování smršťovací fólií) nepoškodily. Základem je najít vhodný bezpečný a spolehlivý způsob manipulace s ochrannými rohy na vymezeném prostoru balící a paletizační linky. Vybrat spolehlivý způsob uchopení rohů a jejich upevnění na paletu bez jejich poškození. Zadání DP je řešeno ve spolupráci se společností PHATEC, s. r. o. v Litomyšli.

Cíle diplomové práce:

Analýza současného stavu ve sledované oblasti.
Systémový popis řešeného problému.
Konstrukční návrh stroje schopného automatického vkládání papírových rohů na všechny vertikální rohy navrstvených rolích na paletě.
Potřebné výpočty vybraných komponent stroje.
Výkresová dokumentace (vybrané sestavy, díly).
Komentář k přiložené výkresové dokumentaci.
Analýza rizik nového stroje a pracoviště.
Kritické zhodnocení dosažených výsledků DP a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů IV.0. Praha: MM publishing, 2018. MM speciál. ISBN 978-80-906310-8-3.

KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. První vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
ředitel ústavu	děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem automatického aplikačního systému ochranných rohů paletizovaného materiálu. V první části jsou stručně rozebrány současné způsoby a principy v oblasti paletizace. Dále jsou v práci popsány 4 vytvořené varianty pojetí konstrukce aplikačního systému, které jsou podrobeny metodě multikriteriálního hodnocení a tím i vybráno nejvhodnější řešení. Následně se práce věnuje samotnému konstrukčnímu návrhu. Následně jsou provedeny potřebné a kontrolní výpočty. Na závěr je řešena analýza rizik nového pracoviště a přiložena výkresová dokumentace vybraných konstrukčních uzlů. Zadání diplomové práce je řešeno ve spolupráci se společností PHATEC s.r.o. v Litomyšli.

ABSTRACT

The diploma thesis is about the design of an automatic application system of edge protection corners to palletized material. As the first the diploma thesis briefly discusses actual principles and solutions in area of palletization. After that, there are 4 potential solutions described and measured by multicriteria evaluation method where the most suitable solution is being chosen. Then the actual act of designing of the chosen solution is described and also there are solved necessary calculations. In the end there is risk analysis of new workplace and the drawing documentation of selected nodes is attached. The diploma thesis' assignment has been made in cooperation with company PHATEC s.r.o. in Litomyšl.

KLÍČOVÁ SLOVA

paletizační systém, automatizace výroby, konstrukce manipulátoru, dvouosý manipulátor, balení, aplikace lepidla, ochranný roh

KEYWORDS

Palletizing system, production automation, manipulator design, two-axis manipulator, packaging, glue application, edge protection corner

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HAVELKA, Michal. *Automatický aplikační systém ochranných rohů paletizovaného materiálu* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132047. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Radek Knoflíček.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Radku Knoflíčkovi Dr. a celému oddělené konstrukce společnosti PHATEC s.r.o. za vstřícný přístup, cenné rady a připomínky, které mi pomohly k dokončení této diplomové práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Radka Knoflíčka, Dr. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 28 ……

Bc. Havelka Michal

OBSAH

1 ÚVOD 19
1.1 Co je PHATEC s.r.o. 19
1.2 Umístění strojů PHATEC ve výrobním procesu 19
1.2.1 Fasádní perlinky pro zpevnění zateplených fasád domů 19
1.2.2 Interiérový netkaný koberec nebo exteriérový umělý travní koberec 19
1.3 Produktové zaměření 21
1.4 Stroje pro navíjení a formátování 21
1.4.1 Automatické stroje 21
1.4.2 Poloautomatické stroje 21
1.5 Stroje výrobních linek 22
1.5.1 Vstupní stroje 22
1.5.2 Technologické stroje 22
1.5.3 Výstupní stroje 22
2 MOTIVACE 25
3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ 27
3.1 Páskovací stroje 27
3.1.1 Ruční 27
3.1.2 Poloautomatické páskovací stroje 27
3.1.3 Automatické páskovací stroje 27
3.1.4 Průchozí automaty 27
3.1.5 Boční páskování 27
3.1.6 Páskování kartonu 28
3.1.7 Páskování palet 28
3.2 Balící stroje 31
3.2.1 Ruční balení 31
3.2.2 Komorové balící stroje 31
3.2.3 Úhlové balící stroje 31
3.2.4 Smršťovací tunely 31
3.2.5 Vakuové balící stroje 31
3.2.6 Balení palet 31
3.3 Ovíjecí stroje 33
3.3.1 Ruční ovíjení 33
3.3.2 Poloautomatické ovíjecí stroje 33
3.3.3 Automatické ovíjecí stroje 34
3.3.4 Horizontální poloautomatické ovíjecí stroje 34
3.3.5 Horizontální automatické ovíjecí stroje 34
3.3.6 Ovíjecí roboty 34
3.4 Lepící stroje 37
3.4.1 Ruční lepící strojky 37
3.4.2 Poloautomatické lepící stroje 37
3.4.3 Automatické lepící stroje 37
3.4.4 Horizontální lepící stroje 37
3.5 Ochranné prvky v paletizaci 39
3.5.1 Ochrana rohů 39
3.5.2 Podkladové lišty 39
3.6 Aplikace papírových ochranných rohů v paletizačních procesech 39

3.6.1 Manuální aplikace 39
3.6.2 Automatické přikládání 39
3.6.3 Automatické lepení 40
4 SYSTÉMOVÝ POPIS ŘEŠENÉHO PROBLÉMU 42
4.1 Popis systému 43
5 POPIS PROJEKTU SPOLEČNOSTI PHATEC S.R.O. 47
5.1 Pracoviště ruční 47
5.2 Pracoviště s manipulátorem a automatickým páskovacím strojem 47
6 VIZE ŘEŠENÍ 49
6.1 Můj podíl na projektu 49
7 NÁVRH A HODNOCENÍ VARIANT ŘEŠENÍ 51
7.1 Varianta A 51
7.2 Varianta B 52
7.3 Varianta C 53
7.4 Varianta D 54
7.5 Multikriteriální hodnocení 55
7.5.1 Bazická bodovací metoda 56
8 ŘEŠENÍ ZVOLENÉ VARIANTY 59
8.1 Výsuvné rameno 59
8.1.1 Tělo ramene 59
8.1.2 Uchopení rohů 59
8.1.3 Umístění podtlakových savek 61
8.1.4 Rotační hlava 61
8.2 Pojezd manipulátoru 71
8.2.1 Statická část 71
8.2.2 Pohyblivá část 74
8.3 Aplikátor lepidla 79
8.3.1 Tavící jednotka 79
8.3.2 Aplikační stojan 80
8.4 Zásobník ochranných rohů 85
9 VÝPOČTY VYBRANÝCH KOMPONENT 95
9.1 Příčný pojezd 95
9.1.1 Výpočet výkonu pohonu 95
9.1.2 Návrh převodu ozubeným řemenem 97
9.2 Aplikátor lepidla 99
9.2.1 Výpočet výkonu pohonu 99
9.2.2 Návrh převodu ozubeným řemenem 101
9.3 Výsuvné rameno 103
10 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE A KOMENTÁŘ K VÝKRESOVÉ DOKUMENTACI 105
11 ANALÝZA RIZIK NOVÉHO STROJE A PRACOVIŠTĚ 107
11.1 Identifikace relevantních nebezpečí a situacích 107
11.2 Analýza významných nebezpečí během jednotlivých fází života stroje 108
11.3 Přehled jednotlivých závažných identifikovaných rizik 111
11.4 Snížení neakceptovatelných rizik 115
11.5 Závěr 119

12 ZHODNOCENÍ A DOPORUČENÍ PRO PRAXI 121
13 ZÁVĚR 123
14 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 127
15 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK 129
15.1 Seznam použitých symbolů 129
15.2 Seznam tabulek 132
15.3 Seznam obrázků 132
16 SEZNAM PŘÍLOH 137
16.1 Tištěné přílohy 137
16.2 Přílohy na CD 137

1 ÚVOD

Tato kapitola byla vypracována na základě informací získaných [23] a od zaměstnanců společnosti PHATEC.

1.1 Co je PHATEC s.r.o.

Společnost PHATEC byla založena v Litomyšli v roce 2009. Od svého založení se orientovala na stroje a zařízení vlastní konstrukce, určených na výrobu a zpracování textilií. Uživateli strojů jsou výrobci technických textilií a výrobci koberců. Každý stroj je navržen a konstruován podle potřeb zákazníka na základě detailní analýzy potřeb, stávajících technologií klienta a průzkumu dostupných inovačních technologií a postupů.

1.2 Umístění strojů PHATEC ve výrobním procesu

Z pohledu zařazení strojů PHATEC v procesu výroby textilií lze rozdělit výrobkové portfolio do dvou skupin. Výrobní linky pro zpracování a úpravu koberců nebo technických textilií a strojů pro jejich konverzi do rozměrů a formátů vhodných k prodeji.

Portfolio výrobních strojů můžeme ukázat na několika výrobcích, se kterými se můžeme setkat:

1.2.1 Fasádní perlinky pro zpevnění zateplených fasád domů

Produkt – skleněná mřížka, natužená, potištěná navinutá na roli šířky 1,1m délky 50 m (obr. 1, obr. 2)

Postup výroby:

(1) Tkaní mřížky na tkalcovském stavu, navíjení na role délky až 6 km – PHATEC vyrábí několik typů navíječek (obr. 3).

(2) Fixace rozměrů mřížky na tužící lince a potisk – PHATEC vyrábí: odvíječky, slepovací stroje, zásobníky, impregnační jednotky, IR předehřev (tedy pomocí infračerveného záření), potisk flexotiskovou technologií, podélné řezání a navíjení.

(3) Převíjení zákaznické roličky a značení - plně automatický stroj vyvinutý firmou PHATEC. Vysokou produktivitou a spolehlivostí při nízkých pořizovacích nákladech nemá stroj na trhu v tomto segmentu konkurenta. Stroj vyrobí jednu 50m roli navinutou na papírové dutince každých 30 sekund.

1.2.2 Interiérový netkaný koberec nebo exteriérový umělý travní koberec

Postup výroby:

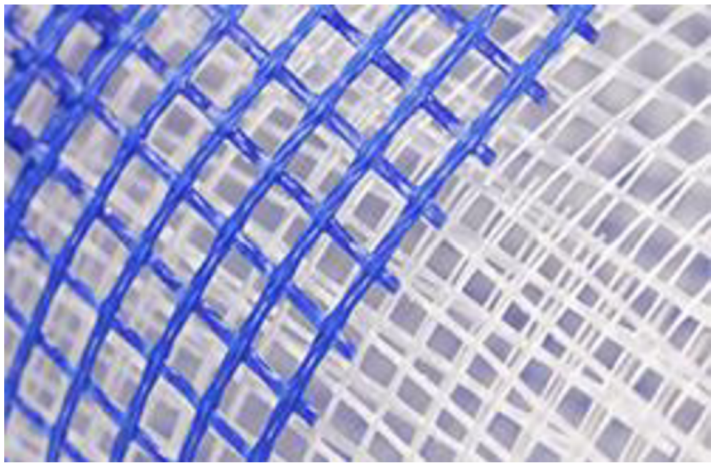
(1) Všívání smyček (Tufting) do primárního materiálu

(2) Linka na potisk nebarvených koberců – PHATEC vyrábí kompletní vstupy a výstupy linek a dodává společně s rakouským partnerem po celém světě. Jsou to odvíječky, zásobníky, J a U-boxy, čistící jednotky, napařovací komory, systémy rovnání okraje (obr. 4), chladičky a navíječky.

(3) Linka na fixaci smyčky (Back Coating Line) v základní tkanině a úprava spodní strany koberců. PHATEC vyrábí kompletní vstupy a výstupy linek (shodné s linkami na potisk) a také hlavní technologické stroje pro nanášení:

- latexových zátěrů – fixace smyčky v koberci
- pěnových vrstev + reliéfní válec - protiskluzové podklady např. u koupelnových předložek
- lepidel pro přilepení podkladového filcu – izolační vlastnosti

Dále zařízení pro perforaci při výrobě umělých travních koberců – vypalování děr pro možnost vsakování dešťové vody.



Obr. 1) Skleněná mřížka (perlinka), detail

Obr. 2) Skleněná mřížka (perlinka), role

Obr. 3) Převíjecí inspekční linka skleněné tkaniny

Obr. 4) Automatický formátovací stroj skleněné mřížky

1.3 Produktové zaměření

- Stroje pro navíjení a formátování
- Stroje výrobních linek

1.4 Stroje pro navíjení a formátování

1.4.1 Automatické stroje

Stroje s vysokou výrobní kapacitou, středové nebo tangenciální pro dutinkové i bezdutinkové navíjení.

Automatické formátovací stroje obsahují automatické podání dutinky, automatické uříznutí materiálu, automatické navedení materiálu na novou dutinku s automatickým ukončením role a aplikací etikety nebo fixační pásky.

1.4.2 Poloautomatické stroje

Stroje s možností inspekce a značení vad materiálu.

Navíjecí stroje jsou standardně středové pro navíjení na dutinky. Stroje mohou být uzpůsobeny k navíjení mez dutinek nebo rozšířeny o navíjecí kontaktní rameno s pohonem, či bez pohonu. Navedení materiálu na navíjecí trn je prováděno ručně.

1.5 Stroje výrobních linek

1.5.1 Vstupní stroje

Stroje a zařízení, která jsou vhodná k řízenému plnění úpravárenských linek. Podle typu výrobku se navrhne optimální technologie pro manipulaci s daným materiálem.

- Odvíjecí stroje
- Technologie napojování materiálů – spojování sešíváním, nebo lepením
- Zásobníky (obr. 5) – pro zajištění kontinuálního provozu (válečkové zásobníky, U-boxy, J-boxy, zásobní stoly nebo dopravníky)
- Rovnání okrajů

1.5.2 Technologické stroje

Stroje a zařízení vhodná pro předúpravu či úpravu materiálu v úpravárenských linkách.

- Čistící zařízení
- Parní úprava
- Rovnání okrajů IR ohřev
- Nanášecí zařízení (obr. 7) – Aplikátory roztoků na bázi vody, PVC nebo lepidel.
- Tisková technologie
- Laminace a emboosing
- Sušící a vytvrzovací zařízení – horkovzdušné nebo IR

1.5.3 Výstupní stroje

Stroje a zařízení vhodná k navíjení zpracovávaného materiálu

- Zásobníky
- Podélné řezání a ořez okrajů
- Zpracování ořezů
- Inspekční plochy – Pro vizuální kontrolu výrobku na konci linky, nebo se systémem značení vad materiálu.
- Navíjecí zařízení (obr. 6)
- Skladače – systém pro řízené skládání materiálu na přepravní vozík nebo paletu.

Obr. 5) Zásobník na koberce

Obr. 6) Navíječka na koberce

Obr. 7) Aplikátory latexu a pěny

2 MOTIVACE

Motivace k sepsání této diplomové práce je souběhem mnoha skutečností. Mám rád tvůrčí práci, při které za sebou jasně vidím hmatatelné výsledky. Při které vidím, jak mi stroj „roste pod rukama“. Zároveň, ze všech konstrukcí, se kterými jsem se zatím měl možnost setkat, jsem nejvíce propadl jednoúčelovým strojům. Ačkoli i v tomto odvětví jsou osvědčené technologické postupy, jak dosáhnout specifických požadavků, mám pocit, že je zde větší možnost seberealizace, rozmanitější možnosti variant, jak dosáhnout cíle a větší důraz na neotřelé, zatím ještě nikým nevyrobené stroje. Když mi tedy byla ve společnosti PHATEC s. r. o. nabídnuta spolupráce na tvorbě nového plně automatického paletizačního centra, s radostí a pokorou jsem ji přijal.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Každý produkt je potřeba po ukončení výrobního procesu transportovat (k odběrateli, na sklad…). Aby byl transport produktů co možná nejefektivnější, probíhá v současné době nejčastěji formou přepravy palet, na kterých jsou produkty vhodně uspořádány. Tvorbu palet připravených k přepravě nazýváme paletizační proces.

Nedílnou součástí paletizačního procesu je aplikace prvků pro ochranu hran palet.

3.1 Páskovací stroje

3.1.1 Ruční

Ruční páskovače (obr. 8) jsou vhodné k občasnému páskování rozměrného zboží, zejména palet. Spoj pásky se provádí buď frikčním svárem (AKU páskovače), nebo za pomoci vázací spony (mechanické páskovače).

3.1.2 Poloautomatické páskovací stroje

Poloautomatické páskovací (obr.9) stroje jsou vhodné do méně až středně náročného provozu, kde četnost páskování nepřesáhne 14 úvazků za minutu. Výhodou těchto strojů oproti automatickým páskovacím strojům je absence obvaděče (práci obvaděče zastává člověk), což umožňuje páskovat předměty neomezených rozměrů.[4]

3.1.3 Automatické páskovací stroje

Automatické páskovací stroje (obr. 10) jsou vhodné do středně náročného a náročného provozu. U těchto strojů není zapotřebí, aby obsluha zaváděla pásku okolo páskovaného předmětu. Stroje jsou konstruovány formou stolu s naváděcím rámem. Po umístění předmětu do pracovního prostoru a následném spuštění (nebo automatické spuštění po sepnutí snímače detekujícího přítomnost předmětu) si stroj sám protáhne pásku naváděcím rámem, pásku utáhne, zavaří a zastřihne. Celý proces trvá okolo dvou sekund.

3.1.4 Průchozí automaty

Průchozí automaty (obr. 11) jsou automatické páskovací stroje, jejichž pracovní plocha je opatřena hnaným pásovým či válečkovým dopravníkem. Průchozí automaty dosahují výkonu až 65 úvazků za minutu.

Tyto stroje jsou ideální pro implementaci do plně automatické balící linky, kde mohou, po nastavení parametrů, pracovat bez lidské obsluhy.

3.1.5 Boční páskování

Boční páskování (obr. 12) je ideální pro produkty, z nichž se mohou uvolňovat drobné části. Boční páskování zamezí vnikání nečistot do mechaniky stroje a nehrozí tak zanesení páskovací hlavy.

Stroje s bočním páskováním jsou vhodné pro vázání dřeva, rostlin, mokrých produktů apod. Tyto typy strojů se hojně používají v potravinářství (páskování masa, ryb, zeleniny…) a ve farmacii (páskování léků, zdravotních pomůcek…) [4]

3.1.6 Páskování kartonu

Stroje pro páskování kartonu (obr. 13) jsou oproti ostatním podobným strojům opatřeny mechanismem pro vytvoření horního přítlaku, který zajistí stlačení předmětu před samotným procesem páskování.

3.1.7 Páskování palet

Stroje pro páskování palet (obr. 14) jsou automatické stroje větších rozměrů. Rozměry palet jsou různé, avšak nejčastěji se pohybují v rámci rozmezí 1x1 až 2x2 metry. Stoje pro páskování palet tedy musí být dostatečně rozměrné, aby jejich pracovní prostor odpovídal minimálně velikosti největší palety, kterou je třeba páskovat. Stroje jsou zpravidla opatřeny automatickým vertikálním posuvem horního příčníku, aby mohl stroj sám pružně reagovat na výšku aktuální páskované palety.

Obr. 8) Ruční páskovací strojek [5]

Obr. 9) Poloautomatický páskovací stroj [4]

Obr. 10) Automatický páskovací stroj [6]

Obr. 11) Průchozí automat [4]

Obr. 12) Stroj pro boční páskování [4]

Obr. 13) Stroj pro páskování kartonu [7]

Obr. 14) Stroj pro páskování palet [24]

3.2 Balící stroje

3.2.1 Ruční balení

Ruční balení je jednoduchý a levný způsob řešení pro občasné balení produktů. K tomuto typu balení se používají impulzní svářecí lišty (obr. 15), které svaří folii pomocí svářecího drátu krytého teflonovou páskou. [4]

3.2.2 Komorové balící stroje

Komorové balící stroje (obr. 16) jsou určeny k balení produktů do teplem smrštitelné folie tvaru polorukávu. Doporučeným obalovým materiálem je PVC nebo polyolefin. [4]

3.2.3 Úhlové balící stroje

Úhlové baličky (obr. 17) slouží k balení produktů do teplem smrštitelné polyolefinové folie. Představují kombinaci úhlové svářečky a smršťovacího tunelu. Vyznačují se dobrou kvalitou zpracování a rychlostí balení. Výhodou je možnost pracovat v automatickém nebo poloautomatickém režimu.

3.2.4 Smršťovací tunely

Smršťovací tunely (obr. 18) slouží ke smrštění folie okolo baleného předmětu. Jsou vhodným doplňkem k úhlovým balícím strojům či balícím automatům.

3.2.5 Vakuové balící stroje

Vakuové balící stroje (obr. 19) se využívají k balení v potravinářských provozech, restauracích, hotelech, řeznictvích apod. Stroje bývají vybaveny přípojkou na inertní plyn, který vytvoří ochrannou atmosféru a prodlouží životnost potravin. [4]

3.2.6 Balení palet

Pro balení palet je v dnešní době používán tzv. Stretch Hood System. Stroje využívající tento princip (obr. 20) roztáhnou nad připravenou paletou zvrásněný rukáv ze smršťovací fólie a přetáhnou s tím celou paletu včetně zboží. Jedná se o velmi rychlý a efektivní princip balení.

Obr. 15) Svářecí lišta pro ruční balení [4]

Obr. 16) Komorový balící stroj [4]

Obr. 17) Úhlový balící stroj [4]

Obr. 18) Vakuový balící stroj [4]

Obr. 19) Smršťovací tunel [9]

Obr. 20) Stroj pro balení palet [26]

3.3 Oviječí stroje

3.3.1 Ruční oviječí

Ruční oviječí je vhodné pro občasné použití. Jedná se o jednoduchý mechanismus složený ze dvou částí (rukojeť či stojan a role smršťovací fólie), které jsou spojeny rotační vazbou (obr. 21).

3.3.2 Poloautomatické oviječí stroje

Tyto stroje tvoří přechodný prvek mezi automatickými oviječími stroji a ručním oviječím (obr. 22). Jsou velmi rozšířeným řešením oviječí. Tyto stroje obsahují otočnou plošinu, na kterou obsluha usadí předmět oviječí a upevní na něj volný konec fólie (většinou uvázáním k paletě). Následně stroj pracuje sám, tedy rotuje otočnou plošinou, a zároveň vhodnou rychlostí posouvá roli se smršťovací fólii ve vertikálním směru tak, aby byly dodrženy požadavky balení, jako například tloušťka překryvu, počet vrstev apod. Po ukončení navíjení se otočná plošina zastaví, hrot propíchne fólii v místě mezi oviječým předmětem a předpínacím válcem a produkt je připraven k odeberu.

3.3.3 Automatické ovíjecí stroje

Automatické ovíjecí stroje (obr. 23) jsou konstruovány pro nasazení do plně automatických balících linek. Jsou schopny pracovat bez obsluhy a vyznačují se robustní konstrukcí a vysokým výkonem (např. 140 palet za hodinu).

3.3.4 Horizontální poloautomatické ovíjecí stroje

Konstrukcí připomínají smršťovací tunely. Jsou určeny k balení dlouhých předmětů či předmětů rozmanitých tvarů. Díky principu práce těchto strojů není délka ovíjených předmětů omezena. Rámy strojů, většinou ve tvaru prstence (obr. 24), obsahují jeden dva či více odvíječů fólie, přičemž na každý odvíječ lze umístit jiný typ fólie. Tím je umožněno komplexnější balení předmětů, či balení předmětů o různých požadavcích na balný materiál.

Posuv předmětu vykonává obsluha.

3.3.5 Horizontální automatické ovíjecí stroje

Horizontální automatické ovíjecí stroje (obr. 25) se od poloautomatických liší tím, že disponují funkcí automatického posunu.

3.3.6 Ovíjecí roboty

Ovíjecí roboty (obr. 26) jsou mobilní stroje určené k ovíjení zboží smršťovací fólií, schopné automatického cyklu. Ovíjení je uskutečněno objížděním robota okolo baleného předmětu. Stoje bývají opatřeny pamětí na specifické režimy a předměty balení, nebo je možné nastavit parametry přímo na ovládacím panelu.

Výhodou těchto strojů je jejich mobilita, kde nemusíme dopravit předmět balení k balícímu stroji, ale stroj k předmětu. Nevýhodou můžou být vyšší nároky na prostor v okolí baleného předmětu.

Obr. 21) Zařízení pro ruční ovíjení [9]

Obr. 22) Poloautomatický oviječí stroj [9]

Obr. 23) Automatický oviječí stroj [9]

Obr. 24) Horizontální poloautomatický ovíjecí stroj [4]

Obr. 25) Horizontální automatický ovíjecí stroj [4]

Obr. 26) Ovíjecí robot [9]

3.4 Lepící stroje

Lepící stroje slouží k zalepení chlopní kartonu pomocí lepící pásky.

3.4.1 Ruční lepící strojky

Ruční lepící strojky jsou vhodné pro občasné lepení. Existují dva základní typy, a to strojky s rukojetí (obr 27), nebo strojky stolní (obr. 28).

3.4.2 Poloautomatické lepící stroje

Poloautomatické lepící stroje (obr.29) jsou vhodné do středně náročného provozu.

Slovo „poloautomatické“ u těchto strojů charakterizuje nutnost manuálního nastavení stroje na daný rozměr kartonů a jeho vložení na posuvné válce. Stoj následně pracuje sám. Pomocí hnaných pásů posouvá kartonem přes lepící hlavy stoje, kde dojde k zalepení chlopní a odříznutí pásky. [4]

3.4.3 Automatické lepící stroje

Automatické lepící stroje (obr. 30) mají všechny vlastnosti poloautomatických lepících stojů, avšak již disponují schopností automatického nastavení stroje na rozměr kartonu. Jsou vhodné k implementaci do plně automatických linek.

3.4.4 Horizontální lepící stroje

Horizontální lepící stroje (obr. 31) jsou určeny k lepení předmětů neomezené délky. Vyznačují se způsobem aplikace pásky, kde nelepí předmět v axiálním směru, nýbrž okolo lepeného předmětu. Stoje bývají poloautomatické ve smyslu nutnosti obsluhy k manipulaci s předmětem.

Obr. 27) Ruční strojek pro ruční lepení [4]

Obr. 28) Stolní strojek pro ruční lepení [4]

Obr. 29) Poloautomatický lepící stroj [4]

Obr. 30) Automatický lepící stroj [4]

Obr. 31) Horizontální lepící stroj [4]

3.5 Ochranné prvky v paletizaci

3.5.1 Ochrana rohů

U produktů citlivých na poškození je zajištění ochrany rohů nepostradatelnou součástí paletizačního procesu. Nejrozšířenější variantou je ochrana pomocí papírových rohů, které avšak nejsou vždy optimální variantou. Pro předměty vyžadující speciální ochranu existují také rohy z tvrdých plastů či rohy pěnové. Mimo klasických L tvarů ochranných rohů se můžeme setkat s kruhovými rohy, které jsou určeny pro ochranu válcových předmětů, kde není žádoucí jakýkoli ohyb na koncích předmětů, jako například u jednotlivých rolí papíru.

Délky rohů tvaru L se liší nejen v závislosti na velikosti předmětu ochrany (palety), ale také na požadovaném použití. Rohy malých délek (10 cm) se používají zejména při páskování, kde chrání předmět před poškozením páskou (např. velkou utahovací silou nebo pohybem při transportu palety). Ochranné rohy velkých délek (po celé délce hrany předmětu) mají více účelů. Chrání zboží při transportu, kde může dojít k nárazům nebo tření mezi jednotlivými paletami. Dále slouží jako stabilizační prvek, který brání obsahu palety ve vzájemném pohybu. Poslední hlavní důvod aplikace dlouhých ochranných rohů je udání tvaru paletě, jejíž náklad není ve tvaru vhodné pro zabalení do smršťovací fólie. Zároveň je těmito rohy náklad chráněn proti nežádoucímu stlačení smršťovací fólií.

3.5.2 Podkladové lišty

U předmětů balení, které jsou náchylné na poškození fixační páskou, a u kterých může dojít k nerovnoměrnému silovému zatížení od fixační pásky, se používají podkladové lišty. Lišty jsou většinou ve formě dřevěných latí, které se před páskováním umístí na horní plochu páskovaného zboží. Po zapáskování tlačí fixační páska na podkladovou lištu a lišta rovnoměrně působí celou styčnou plochou na páskované zboží.

3.6 Aplikace papírových ochranných rohů v paletizačních procesech

3.6.1 Manuální aplikace

Jedná se o nejjednodušší a nejpoužívanější způsob aplikace ochranných rohů. Obsluha ochranný roh k paletě přilepí nebo přiloží. Následně se paleta většinou na poloautomatickém oviječím stroji zabalí smršťovací fólií.

Ruční lepení rohů je výhodnější, má-li obsluha v době ovíjení práci na jiném pracovišti. Touto metodou mohou být palety předpřipraveny po libovolnou dobu. Nevýhodou je nutnost nanášení lepidla, což je časově náročnější než pouhé přiložení. Je třeba také zohlednit, zda je vůbec kontakt lepidla s produktem možný a neinvazivní.

U ručního přiložení rohů odpadá nutnost aplikace lepidla. To s sebou nese skutečnost, že obsluha musí přiložený roh držet na svém místě do doby, než jej oviječí stroj pomalu přitiskne k paletě smršťovací fólií. Obsluha tak musí být u ovíjení po celou první otáčku ovíjení, aby aplikovala všechny čtyři ochranné rohy.

3.6.2 Automatické přikládání

Jedná se o nejproduktivnější (ale také finančně nejnáročnější) řešení (obr. 32) aplikace ochranných rohů a je určena výhradně do extrémně náročného provozu. Proces je realizován následovně:

Paleta je dopravena do pracovního prostoru automatického rotačního oviječího stroje. Čtyři robotická ramena (nebo jiné typy manipulátorů) rozmístěná okolo oviječího stroje přiloží ochranné rohy hrany palety a následně se spustí ovíjení. Ve chvíli, kdy jsou ochranné rohy uchyceny na paletě, robotická ramena je pustí a uchopí si další rohy ze zásobníku. Po dokončení ovinutí je paleta odvezena a pracoviště je připraveno pro nový cyklus.

Výhodou tohoto způsobu je velmi vysoká produktivita a schopnost pracovat bez lepidla. Nevýhodou je vysoká cena (je zapotřebí čtyř manipulátorů). Další nevýhodou je velmi nízká tolerance rozměru palety, což je způsobeno absencí senzorů zjišťujících přesné polohy hran palet.

Obr. 32) Systém pro vkládání rohů v pracovním prostoru oviječího stroje [21]

3.6.3 Automatické lepení

Stroje na automatické lepení ochranných rohů (obr. 33) jako takové nedosahují takové produktivity jako stroje pro automatické přikládání. Velmi podobná produktivita linek s automatickým lepením je však zajištěna skutečností, že stroje pro lepení ochranných rohů pracují zcela samostatně, nezávisle na oviječím stroji, a navíc v pracovním kroku před ovíjením. To znamená, že pracovní časy oviječího stroje a stroje pro lepení ochranných rohů se překrývají (každé pracoviště v jeden čas pracuje na jiné paletě). Proces ve většině realizacích probíhá takto:

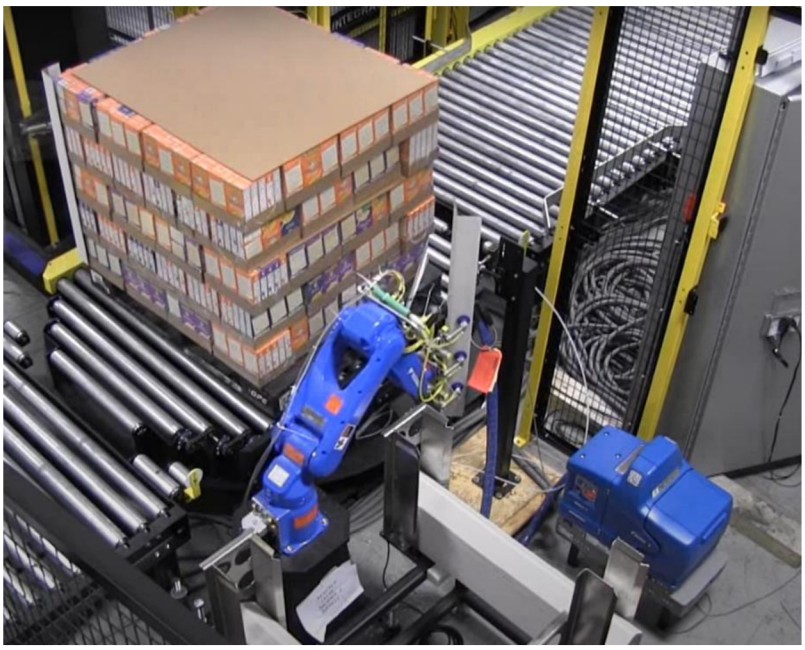
Paleta je dopravena na otočný dopravník. Robotické rameno uchopí ochranný roh v zásobníku a přitiskne roh nejdříve k jedné straně palety, poté k sousední straně. Ze zaznamenaných souřadnic algoritmus vypočte přesnou polohu hrany palety. Následně přejede k aplikátoru lepidla, kde dojde k nanesení lepidla na vnitřní stěny ochranného rohu. Nyní již rameno může přitisknout ochranný roh přesně na hranu palety. Po uvolnění ramene od rohu

může manipulátor uchopit nový roh ze zásobníku a zároveň se dopravník otočí s paletou o 90°. Tento cyklus je poté třikrát zopakován a paleta je dopravníkem odvezena pryč z pracoviště.

Nevýhodou tohoto řešení je nutnost aplikátoru lepidla. Je potřeba také zohlednit, zda je vůbec přípustné, aby zboží přišlo do kontaktu s lepidlem.

Výhodou jsou nižší náklady na pořízení, vysoká variabilita a vysoká tolerance ve velikosti palet (z důvodu výpočtu přesných souřadnic aktuální polohy hrany palety).

Jedná se o skvělou volbu v případech, kdy není problém vytvořit samostatné pracoviště pro aplikaci rohů.



Obr. 33) Lepení rohů robotickým ramenem [20]

4 SYSTÉMOVÝ POPIS ŘEŠENÉHO PROBLÉMU

Podklady, na základě kterých byla tato kapitola vytvořena byly poskytnuty vedoucím práce.

Při řešení této práce jsem využíval principy systémového přístupu. Důvodem je široká škála podmínek a kritérií, které bylo nutné splnit, abych dosáhl požadovaného výsledku.

Uplatňovat systémový přístup je důležité zejména u řešení komplexních problémů, které zasahují do mnoha rozlišných oborů a je jedinou cestou, jak dospět k dlouhodobým řešením, předejít opakujícím se problémům a minimalizovat neočekávané výsledky. [14]

Tato práce se zabývá návrhem automatizačního zařízení, a stává se tak problémem, při kterém je nutno řešit současně řadu prolínajících se dílčích problémů a to:

1) Problém znalosti potřeb trhu a vývoje požadavků zákazníků

V kapitole 3.6 jsem uvedl, jakými způsoby je v současné době řešeno uspokojení trhu na problematiku této práce. Tato již fungující řešení mi udala směr myšlení, jakým jsem se dále ubíral. Obecné požadavky kladeny na automatizaci jsou: zvýšení produktivity závodů, zvýšení kvality produktů a snížení výrobních nákladů. Těmto hlavním požadavkům podléhá i tato práce.

Problém vývoje požadavků zákazníků byl v případě této práce zprostředkováván společností PHATEC. V případě, že došlo ze strany zákazníka ke změnám požadavků, zákazník nekonzultoval tyto změny se mnou, nýbrž s manažerem projekce. Ten mi pak předal informace týkající se pouze mého projektu.

2) Technické problémy technologického procesu, který se automatizuje

Zajištění požadovaného tvaru a rozměru palety a baleného zboží. Tvarová přesnost, rozměry papírového rohu a vhodnost povrchu pro manipulaci papírového rohu tlakovými savkami. Vhodnost lepidla pro aplikaci na dané povrchy. Návrh systému, aby odpovídal kapacitním požadavkům nadřazené balící linky.

3) Technické problémy návrhu mechanických, hydraulických, pneumatických a elektronických automatizačních prostředků využívaných pro automatizaci

V prostoru vyhrazeném pro ukotvení stroje je k dispozici rozvod stlačeného vzduchu, proto není problém použít v projektu pneumatických prostředků. U použití pneumatických pohonů je zapotřebí uvažovat potřebnou sílu pohonu, jeho velikost a možnost bezpečné funkce. Návrh pneumatických pohonů je řešen v kapitole ….

4) Problémy technického a programového vybavení použitých počítačů

Aplikační systém byl navržen v úzké spolupráci s programátorem a elektroprojektantem společnosti PHATEC. Problém programového vybavení systému není zahrnut v této práci.

5) Sociální a psychologické problémy dopadu automatizace

Navržené zařízení značně šetří těžkou lidskou práci, zvyšuje bezpečnost provozu a tím má kladný vliv na obsluhu zařízení. Pracovníci původně vykonávající práci nahrazenou navrženým zařízením budou po implementaci zařízení do provozu přeloženi na pracoviště s menší fyzickou zátěží. Sociální a psychologické problémy dopadu automatizace řeší objednatel a provozovatel zařízení.

6) Ekonomické aspekty automatizace

Z ekonomického pohledu je navržený systém výkonnější, spolehlivější a do značné míry eliminuje lidský faktor.

7) Organizační problémy při zavádění a využívání automatizace

Vhledem k vyššímu výkonu je zapotřebí lepší logistiky zajišťující vstupy a výstupy systému.

8) Personální problémy spojené s výcvikem a výukou obsluhy automatizace

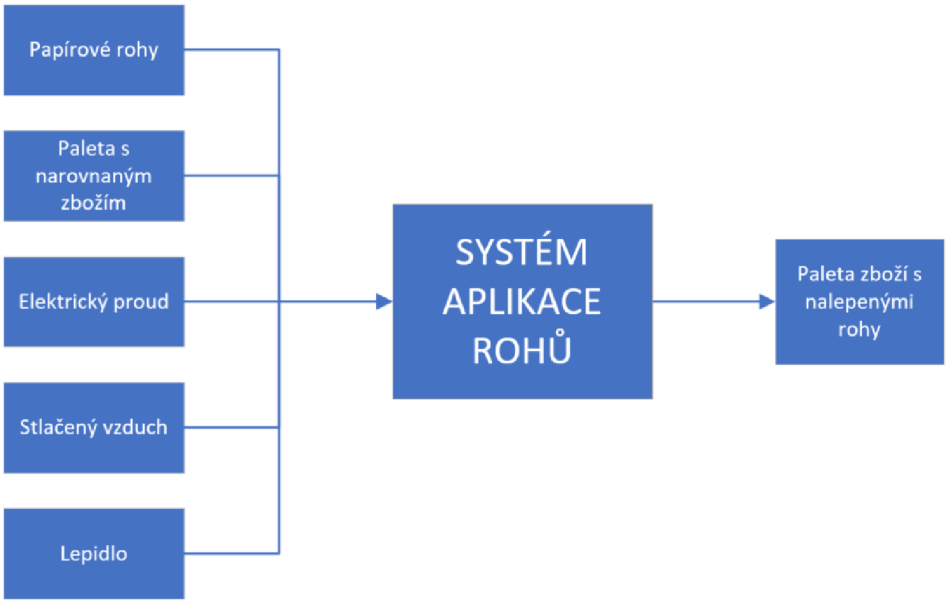
Ačkoli je pro obsluhu zařízení zapotřebí menšího počtu pracovníků, klade systém vyšší nároky na jejich kvalifikaci. Je třeba také zajistit pracovníky údržby s vyšší kvalifikací.

9) Stavební úpravy stávajících prostorů nebo výstavba nových prostorů souvisejících s automatizací

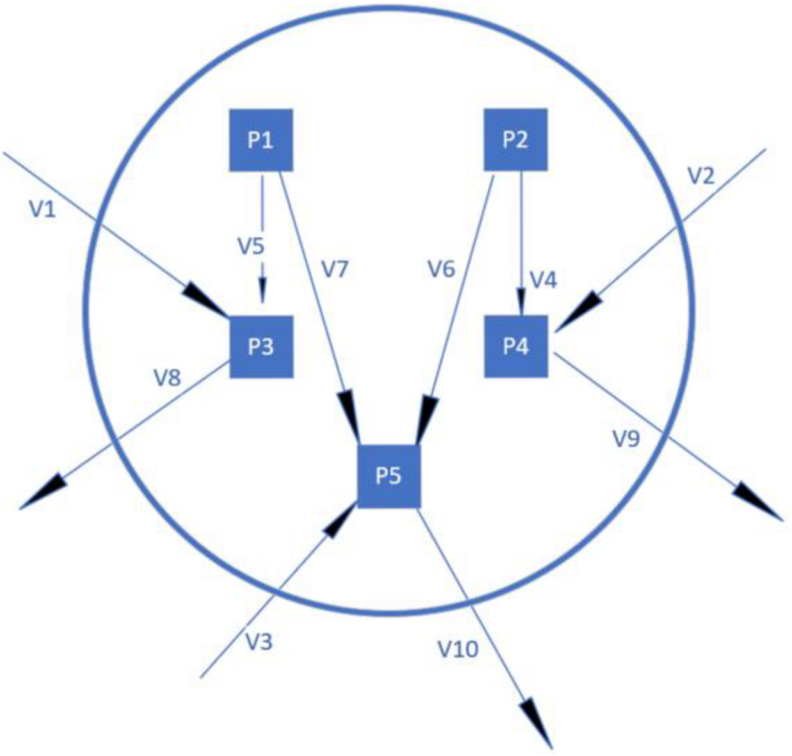
Díky automatickému navazování dílčích procesů paletizace se podařilo soustředit balení, značení a paletizaci výrobků do jednoho technologického cyklu. Tím bylo dosaženo snížení prostorových nároků na celý proces.

4.1 Popis systému

Obvykle nezkoumáme izolované systémy, ale tzv. relativně uzavřené systémy, které mají styk se svým okolí, takže musíme definovat vstupní a výstupní prvky systému (obr. 34), které zajišťují styk s okolním prostředím a vstupní a výstupní vazby s okolním prostředím (obr. 35).



Obr. 34) Vstupy a výstupy systému



Obr. 35) Procesy a vazby systému

Procesy:

P1 - Pohyb osy Y

P2 - Pohyb osy X

P3 - Uchopení rohu

P4 - Aplikace lepidla

P5 - Aplikace rohu

Vstupní vazby:

V1 - Roh v zásobníku rohů

V2 - Lepidlo v aplikační trysce

V3 - Paleta zboží na otočném dopravníku

Vnitřní vazby:

V4 - Detekce papírového rohu v pracovním prostředí aplikátoru lepidla

V5 - Detekce papírového rohu v manipulátoru – snímač podtlaku

V6 - Detekce hrany palety v ose X

V7 - Detekce hrany palety v ose Y

Výstupní vazby:

V8 - Nedostatek rohů v zásobníku

V9 - Nedostatek lepidla tavné jednotce

V10 - Paleta zboží s nalepenými rohy

Na systém nepohlížíme staticky, tedy pouze z hlediska struktury systému, ale zajímá nás chování systému - jak systém mění svoje stavy na základě podnětů z okolí a jak působí na své okolí.

Při systémovém přístupu uplatňujeme takové principy jako jsou:

1) Princip abstrakce (odhlížíme od nepodstatných jevů a vlastností a všímáme si především podstatných vlastností systému)

Tato práce je založena na návrhu aplikačního systému na míru zákazníkovi. Jedná se tedy o výrobu na zakázku nikoli o výrobu hromadnou. Díky této skutečnosti je možné uplatňovat princip abstrakce v průběhu celého návrhu. Důkladně se zde zabývám podstatnými vlastnostmi systému, tedy prvky nezbytnými pro správný chod systému. Naopak méně se zabývám optimalizací z hlediska výrobních nákladů. Každý stroj v mnou navrženém systému bude vyroben pouze jednou, tudíž z finančního hlediska je vhodnější provézt hrubý výpočet nároků na jednotlivé komponenty a předimenzovat je, než se snažit optimalizovat náklady na výrobu jako takové složitými a zdlouhavými výpočty. Náklady na samotnou optimalizaci by pak převýšily částku, o kterou by byly náklady touto optimalizací sníženy.

2) Princip postupu od jednoduchých vlastností systému ke složitějším projevům chování a k prohlubování struktury systému

Tento princip byl uplatňován v průběhu návrhu celého systému. Kapitola 7 se zabývá pouze jednoduchým pojetím způsobu funkce systému. Je zde řešeno rozmístění strojů a jejich pohyby. Podrobný popis komponent a funkcí stroje jsou popsány až v kapitole 8. Při provádění praktické části této práce (návrhu systému) jsem také postupoval podle výše zmíněného principu. Kapitolu 8 jsem však z důvodu přehlednosti a pro lepší porozumění rozčlenil do čtyř částí nikoli podle principu 2), ale podle principu 6). Toto rozčlenění do čtyř částí sice není v souladu s výše zmíněným principem, avšak zpracování těchto částí již v souladu je.

3) Princip systematického zkoumání systému, který opíráme o propracované metody zkoumání systému podložené teoretickými znalostmi o systémech, a kdy systém i naše poznatky o něm se snažíme jednoznačně popsat

Při návrhu jsem pro dílčí procesy v maximální možné míře využil standardních a ověřených technických řešení a principů společnosti PHATEC. Například pro obyčejný přímočarý pohyb jsem použil kuličkové lineární vedení, pohonu a převodového prvku mezi nimi (řemen či ozubený hřeben).

4) Princip týmové práce, kdy se snažíme složit tým z různých specialistů, kteří mohou přispět ke zkoumání systému z různých hledisek své odbornosti

Při návrhu systému jsem spolupracoval s manažerem projekce, kterému jsem byl povinen předkládat řešení jednotlivých uzlů ke schválení. Dále jsem byl ve spolupráci s elektroprojektantem a programátorem. Těm jsem předkládal návrhy motorů a snímačů, které byly brány v úvahu při finální volbě těchto komponent.

5) Princip postupu zkoumání shora dolů, kdy postupujeme od nejvyšší rozlišovací úrovně struktury i chování systému k detailnější struktuře systému

Tato práce je psána v souladu s tímto principem. U jednotlivých uzlů je řešen nejdříve rám a jiné základní prvky. Až poté jsou řešeny podrobnější prvky jako pohony a převodové prvky. Nakonec jsou řešeny snímače, způsob jejich vybavení a tvrdé dorazy.

6) Princip rozdělení systému na jednodušší prvky, které jsou pro nás snadněji popsatelné a pochopitelné.

V souladu s tímto principem byla kapitola 8 pro lepší přehlednost a srozumitelnost rozdělena do celků podle směru pohybu (směr osy X, osy Y, osy Z a nepohyblivá část).

5 POPIS PROJEKTU SPOLEČNOSTI PHATEC S.R.O.

Provozovatel technologie výroby technických textilií se rozhodl navýšit výrobu podstřešních fólií a izolačních membrán, a zároveň částečně změnit způsob jejich balení a paletizace pomocí automatizace. Důvodem investice je jak zvýšení poptávky po vyráběném zboží, tak i nedostatečný počet kvalifikovaných pracovníků v provozu. Společnost PHATEC provedla analýzu dosavadního stavu a navrhla novou výrobní linku a nový způsob balení a paletizace automatickým způsobem. Vzhledem k zaměření této práce se budu věnovat pouze částí projektu zabývající se balením a paletizací.

Původní proces balení a paletizace probíhal na dvou pracovištích.

5.1 Pracoviště ruční

Na ručním pracovišti je vyrobená navinutá role ručně naložena na dopravníkový pás baličky. Následně obsluha zabalí roli do fólie, plastovými zátkami uzavře čela rolí, nalepí na čela rolí etikety a role ručně uloží na paletu tak, aby tvořily jednu vrstvu. Role v této vrstvě pak pracovníci zajistí vůči vzájemnému pohybu lepící páskou a následně celou vrstvu připevní ručním páskovacím strojkem k paletě. Každou další vrstvu je třeba opět zafixovat lepící páskou pro zabránění vzájemného pohybu rolí. Po dosažení požadovaného počtu vrstev položí obsluha na poslední vrstvu podkladové latě a celou paletu ročně zapáskuje.

Zapáskovanou paletu je třeba převézt paletovým vozíkem do pracovního prostoru poloautomatického ovíjecího stroje. Tam pracovník ručně připevní smršťovací fólii k paletě a spustí ovíjecí stroj. Při snížené rychlosti obsluha vkládá ochranné rohy. Před dosažením horního okraje zboží obsluha zastaví ovíjení a ručně vloží, nebo přilepí informační leták výrobku, identifikační etiketu palety a horní krycí fólii palety. Pracovník spustí dovinutí palety směrem nahoru a kompletně směrem dolů. Poté odtrne či odřízne smršťovací fólii od ovíjecího stroje. Nyní je paleta dokončena a připravena k uskladnění nebo expedici.

5.2 Pracoviště s manipulátorem a automatickým páskovacím strojem

Na tomto poloautomatickém pracovišti je vyrobená navinutá role ručně naložena na dopravníkový pás balícího stroje. Stroj automaticky zabalí roli do fólie a zataví čela. Manipulátor skládá role do horizontální vrstvy na dopravník. Po zhotovení projede vrstva horizontálním ovíjejícím strojem. Následně je vrstva manipulátorem uložena na paletu a zapáskována. Na tuto spodní vrstvu jsou dále skládány další vrstvy tak, aby byly posazeny co nejstabilněji, což znamená v přesazené poloze (středy rolí sousedních vrstev jsou vůči sobě v horizontální směru posunuty o velikost poloměru rolí). Po navršení požadovaného počtu vrstev položí obsluha na horní vrstvu podkladové latě a následně je paleta automaticky zapáskována. Pracovník převeze zapáskovanou paletu paletovým vozíkem do pracovního prostoru ovíjecího stroje, kde k paletě připevní smršťovací fólii a provede její částečné ovinutí. Obsluha vkládá ochranné rohy při snížené rychlosti otáčení palety a následně spustí běžnou rychlost ovíjení. Před dosažením horního okraje zboží obsluha stroj zastaví a ručně vloží nebo přilepí informační leták výrobku, identifikační etiketu palety a horní krycí fólii palety. Obsluha spustí dovinutí palety směrem nahoru a kompletně směrem dolů. Nakonec pracovník odtrhne

nebo odřízne smršťovací fólii od oviječího stroje. Paleta je nyní dokončena a připravena k uskladnění nebo k expedici.

Z výše uvedeného popisu je zřejmé, že ruční pracoviště je personálně i časově velmi náročné. Způsob balení, jeho kvalita, následné páskování a ukládání na paletu je silně ovlivněno kvalitou lidské práce. Díky nízké výkonnosti ručního pracoviště nemohou stávající výrobní stroje naplnit svůj potenciál, a proto si jej provozovatel přeje vyměnit za plně automatickou paletizační linku.

Nově navržené paletizační centrum bude určeno ke zpracování jak rolí ze stávajících výrobních strojů balených a paletizovaných na ručním pracovišti, tak i rolí vyprodukovaných z nové výrobní linky.

6 VIZE ŘEŠENÍ

Nové balící paletizační centrum bude určeno k paletizaci dvou druhů zboží současně.

Postup práce nového paletizačního centra bude následující:

Z výstupu výrobních linek je role přepravena dopravníkovým systémem do balícího stroje, kde bude role zabalena do fólie. Čela se automaticky zataví a následně je na ně nalepena etiketa. Dopravník roli přesune do kompletačního úseku, kde se pomocí naklápěcích ramen vytvoří horizontální vrstva. Ta je převezena do horizontálního ovíjecího stroje a po ovinutí jsou na vrstvu položeny proklady. Manipulátorem jsou pak vrstva i proklady přemístěny na paletu, kde jsou k ní ihned zapáskovány. Po naskládání celé palety je potřeba, aby obsluha na paletu položila podkladové latě do míst, kde dojde k zapáskování. Paleta přejede do páskovacího stroje, kde je zapáskována. Poté je přesunuta k aplikaci ochranných rohů a následně k aplikaci informačního letáků. Přejede do pracovního prostoru ovíjecího stoje, kde dojde k ovinutí s automatickým vložením krycí fólie (shora palety). Nakonec je na paletu automaticky přilepen identifikační štítek (etiketa tištěna podle druhu zboží) a paleta vyjede na výstupní dopravník, kde je paleta připravena k uskladnění nebo expedici.

Požadavky na automatickou paletizaci týkající se mého podílu na projektu:

- Dokázat zpracovat jednu paletu během 8 minut
- Předmětem paletizace budou role
  - Průměrů 120–140 mm
  - Délek 1000–1500 mm a 3000 mm
  - Vah 4-40 kg
- Velikosti palet budou
  - 800 x 1200 mm
  - 1000 x 1200 mm
  - 1200 x 1200 mm
  - 1100 x 1500 mm
  - 2000 x 1100 mm
  - Všechny palety musí být možné obsloužit s opačnými rozměry (mimo palety 2000 x 1100 mm)
- Ochranné rohy jsou o rozměrech 100 x 100 x 1100 mm
- Zásobník ochranných rohů na 50 palet

6.1 Můj podíl na projektu

Mým úkolem v tomto projektu bylo do 30. 1. 2021 navrhnout a zkonstruovat automatický systém aplikace ochranných rohů a vytvořit k němu kompletní výrobní dokumentaci. Prováděl jsem konzultační činnosti a občasné návštěvy společnosti PHATEC při kompletaci stroje.

Při návrhu jsem úzce spolupracoval s vedoucím projekce Ing. Janem Motyčkou a programátorem PLC Ing. Janem Bisem. Při plnění zadaného úkolu jsem konstrukci stroje prováděl v souladu s firemními standardy.

7 NÁVRH A HODNOCENÍ VARIANT ŘEŠENÍ

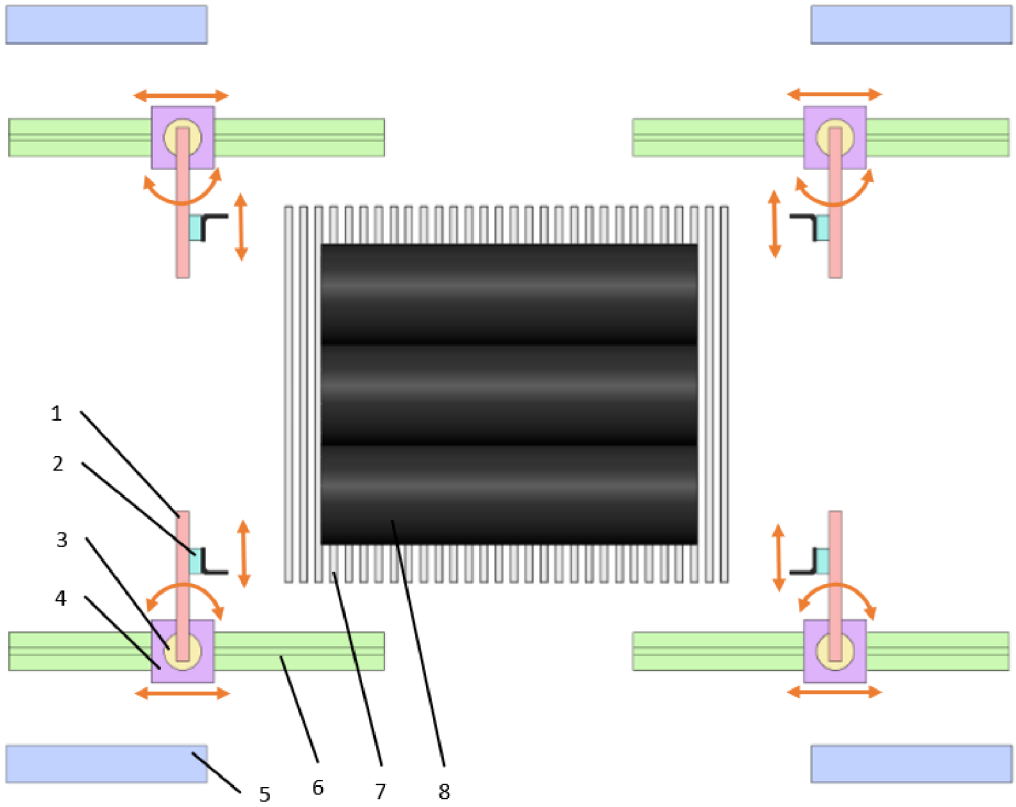
Konstruktér je obvykle nucen zvažovat u několika variant navržených řešení kromě technické i ekonomickou optimalizaci. Variantní řešení, pokud o nich uvažuje, vybírá ze stavového prostoru Kvalita, Cena, Čas. Ideálně pak optimalizuje na základě technických a ekonomických řešení přijatelných pro výrobní firmu, a zároveň se přihlíží k ke kritériím zákazníka. Efektivní řešení by mělo vyhovovat jak výrobní firmě, tak zákazníkovi. [1]

Při návrhu variant jsem vycházel z poznatků získaných vlastním průzkumem již vyvinutých strojů z oblasti aplikace ochranných rohů.

7.1 Varianta A

Varianta přiložení ochranných rohů pomocí čtyř identických na míru zkonstruovaných manipulátorů (obr. 36). Jakmile paleta dorazí do pracovního prostoru ovíjecího stroje, čtyři manipulátory přiloží ochranné rohy na hrany palety, dokud ovíjecí stroj neprovede alespoň dvě otáčky.

Pro každý manipulátor je zapotřebí jednoho zásobníku na ochranné rohy o kapacitě 50 kusů. Stoj má čtyři stupně volnosti, tři získané třemi posuvnými vazbami a jeden získaný vazbou rotační. Pro dosažení rohu v zásobníku je použita posuvná vazba v rameni. Pohyb manipulátoru mezi zásobníkem a ovíjecím strojem je zajištěn dvěma lineárními vedeními a otáčivým ramenem. Přiložení ochranného rohu k hraně palety je opět dosaženo posuvnou vazbou. Výhodou tohoto řešení je jeho výkonnost a schopnost pracovat bez použití lepidla. Nevýhodou je komplikovanost řešení manipulátoru a vysoká cena vyplývající z počtu nutných strojů.



Obr. 36) Nákres varianty A

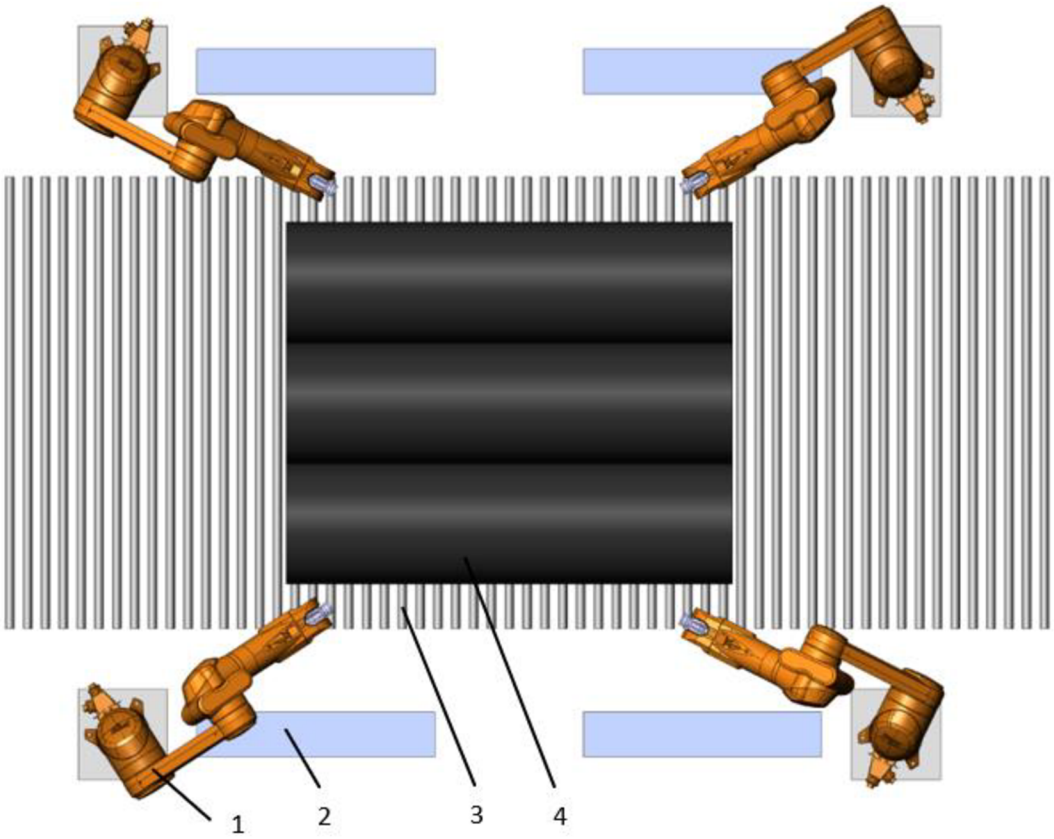
1. Otočné rameno
2. Posuvný prvek mezi úchopem papírového rohu a otočným ramenem
3. Rotační prvek zajišťující rotaci otočného ramene
4. Příčný pojezd
5. Vertikální zásobník o kapacitě 50 papírových rohů
6. Válečkový dopravník
7. Zboží na paletě

7.2 Varianta B

Varianta přiložení ochranných rohů pomocí čtyř zakoupených robotických ramen (obr. 37). Jakmile paleta dorazí do pracovního prostoru ovíjecího stroje, čtyři robotická ramena přiloží ochranné rohy na hrany palety, dokud ovíjecí stroj neprovede alespoň dvě otáčky.

Pro každého robota je zapotřebí jednoho zásobníku na ochranné rohy o kapacitě 50 kusů. Je zapotřebí robotických ramen o pěti stupních volnosti pro manipulaci s ochranným rohem.

Výhodou tohoto řešení je jeho výkonnost a schopnost pracovat bez použití lepidla. Nevýhodou je vysoká cena robotických ramen. Oproti variantě A je jeho realizace značně jednodušší, vzhledem ke skutečnosti, že většina zařízení je zakoupena. Nevýhoda oproti variantě A vychází ze samotné konstrukce robotického ramene, které má velký operační prostor a při nedbalosti může dojít ke kolizi s ovíjecím strojem.



Obr. 37) Nákres varianty B

1. Robotické rameno

2. Horizontální zásobník o kapacitě 50 papírových rohů
3. Válečkový dopravník
4. Zboží na paletě

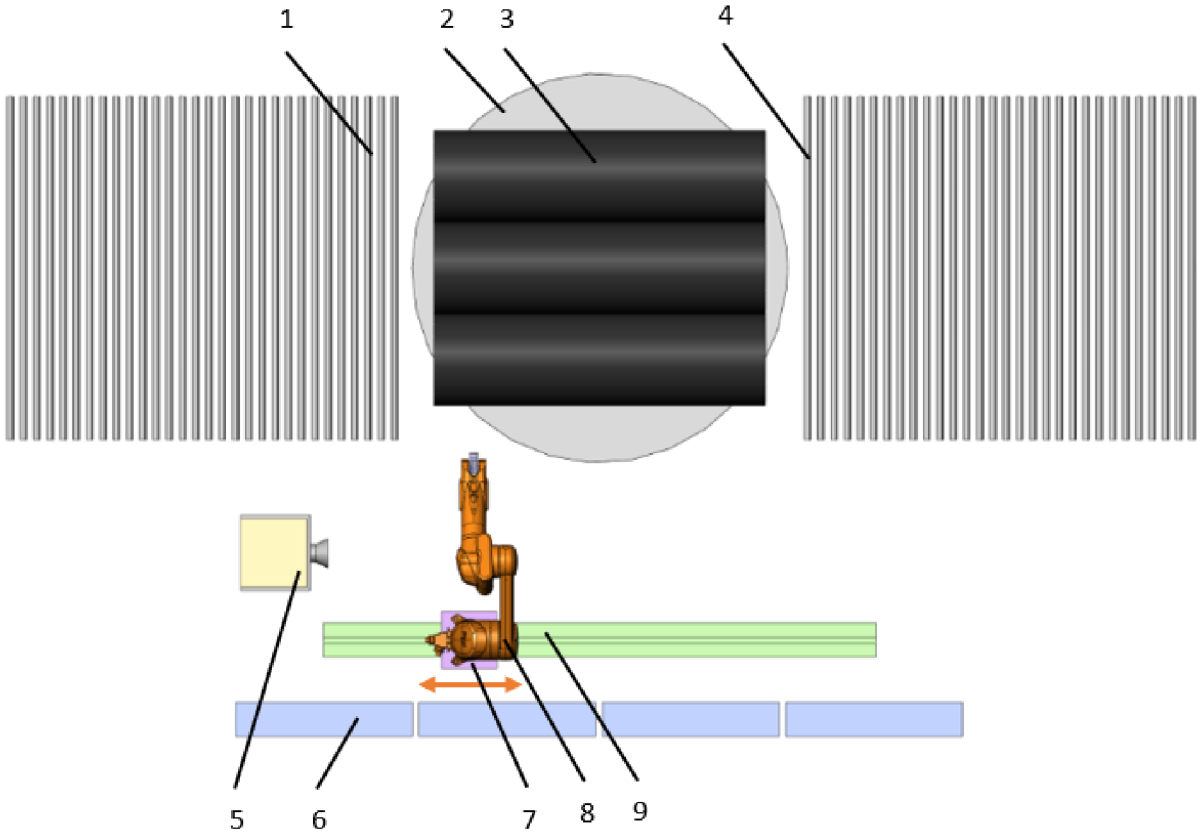
7.3 Varianta C

Varianta lepení ochranných rohů zakoupeným robotickým ramenem (obr. 38). Pro toto řešení je vyčleněno nové pracoviště, to znamená, že celý proces aplikace rohů se bude uskutečňovat samostatně, a až poté bude paleta dopravena do pracovního prostoru ovíjecího stroje.

Paleta zboží přijede na rotační dopravník. Zakoupené robotické rameno je vybaveno posuvnou vazbou, která zajišťuje pohyb robotu mezi zásobníkem, aplikátorem lepidla a otočným dopravníkem. Robot uchopí ochranný roh, vytáhne jej ze zásobníku a přejede k aplikátoru lepidla, kde dojde k nastříkání tekutého lepidla nanášecí tryskou. Následně robot přejede k paletě a přitlačí ochranný roh na hranu palety. Zatímco se robot přesouvá k zásobníku, otočný dopravník otočí paletu o 90° a celý proces se opakuje do zhotovení palety.

Výhodou tohoto řešení je nezávislost zařízení na ovíjecím stroji, z čehož vyplývá, že každé z těchto pracovišť může obsluhovat jinou paletu v témže časovém úseku, čímž vzniká vysoká časová úspora. Ačkoli celkový zástavbový prostor nového pracoviště bude větší, z hlediska uspořádání jednotlivých strojů linky bude mnohem praktičtější. Z pořizovacího hlediska je výhodou koupě již hotového robotu včetně posuvné vazby. Tato varianta navíc užívá jen jednoho robotu, což značně snižuje pořizovací náklady.

Nevýhodou varianty je nutnost údržby nanášecí trysky a nutnost doplňování granulovaného lepidla. Další nevýhodou je vysoká cena robotu vybaveného posuvnou vazbou.



Obr. 38) Nákres varianty C

1. Výstupní dopravník
2. Otočný dopravník
3. Zboží na paletě
4. Vstupní dopravník
5. Statická tryska pro nanášení tavného lepidla
6. Horizontální zásobních o kapacitě 50 papírových rohů

7.4 Varianta D

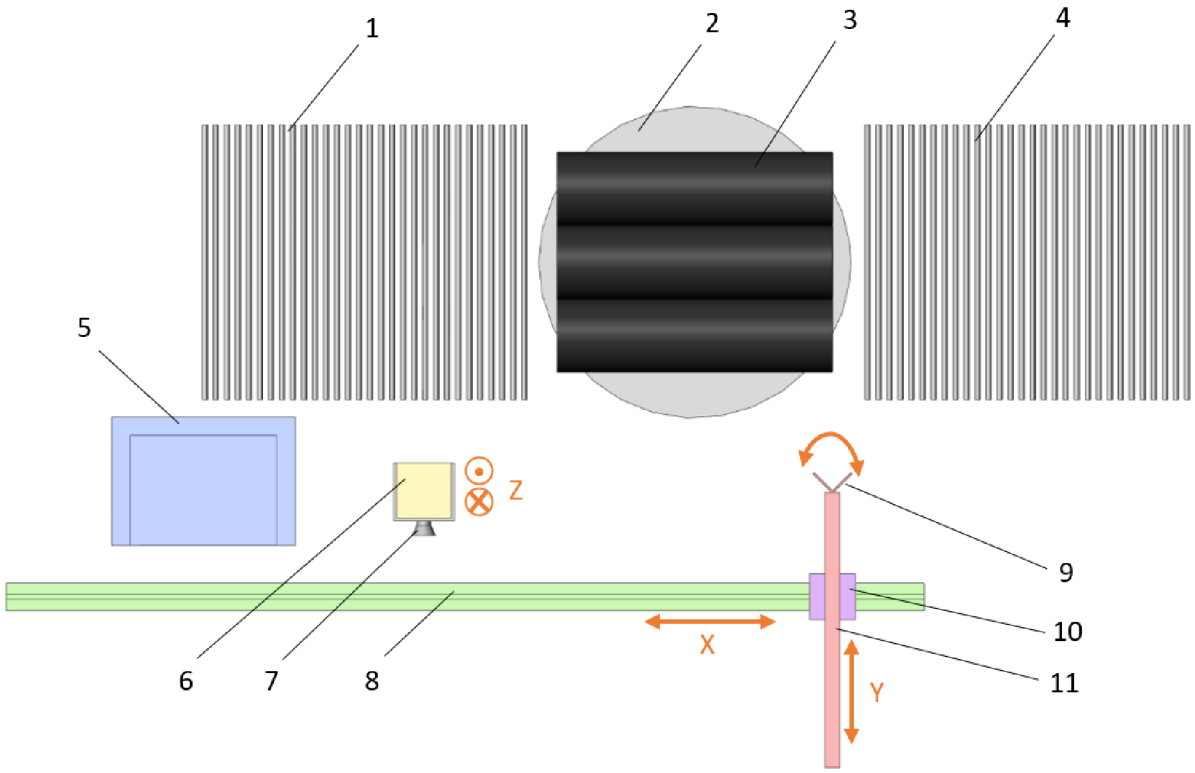
Varianta lepení ochranných rohů pomocí na míru zkonstruovaného manipulátoru (obr. 39). Pro toto řešení je vyčleněno nové pracoviště, to znamená, že celý proces aplikace rohů se bude uskutečňovat samostatně, a až poté bude paleta dopravena do pracovního prostoru ovíjecího stroje.

Paleta zboží přijede na rotační dopravník. Manipulátor má tři stupně volnosti. Dva získané posuvnými vazbami a jeden vazbou rotační. Jedna posuvná vazba zajišťuje pohyb robotu mezi zásobníkem, aplikátorem lepidla a otočným dopravníkem. Druhá posuvná vazba zajišťuje vysouvání a zasouvání ramene při vyjímání ochranného rohu ze zásobníku, aplikaci lepidla a při přitisknutí rohu na roh palety.

Po vyjmutí ochranného rohu ze zásobníku přejede manipulátor k aplikátoru lepidla. Nanášecí tryska aplikátoru lepidla je umístěna na vertikálním lineárním vedení a po spuštění nanese roztavené lepidlo na vnitřní stranu ochranného rohu. Následně robot přejede k paletě, natočí roh do patřičné polohy (+90°nebo -90°) a přitlačí ochranný roh na hranu palety. Zatímco se manipulátor přesouvá k zásobníku, otočný dopravník otočí paletu o 90° a celý proces se opakuje do zhotovení palety.

Výhodou této varianty je nezávislost zařízení na ovíjecím stroji, z čehož vyplývá, že každé z těchto pracovišť může obsluhovat jinou paletu v témže časovém úseku, čímž vzniká vysoká časová úspora. Ačkoli celkový zástavbový prostor nového pracoviště bude větší, z hlediska uspořádání jednotlivých strojů linky bude mnohem praktičtější. Velmi nízká cena tohoto řešení plyne ze skutečnosti, že je zapotřebí pouze jednoho manipulátoru, a zároveň odhadovaná cena za vývoj a výroba manipulátoru je podstatně nižší než cena nového robotického ramene doplněného posuvnou vazbou.

Nevýhodou varianty je nutnost údržby nanášecí trysky a nutnost doplňování granulovaného lepidla.



Obr. 39) Nákres varianty D

1. Výstupní dopravník
2. Otočný dopravník
3. Zboží na paletě
4. Vstupní dopravník
5. Vertikální zásobník o kapacitě 200 papírových rohů
6. Stojan aplikátoru lepidla
7. Pohyblivá tryska pro nanášení tavného lepidla (pohyb v ose Z)
8. Rám, po kterém se pohybuje vozík (J)
9. Natáčecí hlava
10. Vozík příčného pojezdu (pohyb v ose X)
11. Výsuvné rameno (pohyb v ose Y)

7.5 Multikriteriální hodnocení

Podklady pro následující kapitolu byly získány od vedoucího práce.

Pro určení optimální varianty použijeme metodu multikriteriálního hodnocení. Pomocí této metody souhrnně vyjádříme technickoekonomickou úroveň jednotlivých variant, a poté určíme pořadí jejich výhodnosti. Z důvodu přímé nesčitatelnosti hodnot parametrů musíme použít takový způsob agregace hodnot, aby bylo možné vyjádřit technicko-ekonomickou úroveň jedinou hodnotou.

Nejužívanější metody multikriteriálního hodnocení jsou:

- Bazická bodovací metoda
- Metoda pořadí
- Metoda PATTERN

7.5.1 Bazická bodovací metoda

Protože se obvykle předkládané varianty posuzují na základě většího počtu různých kritérií, patří tato metoda mezi metody multikriteriálního hodnocení. Hodnocená hlediska jsou vyčíslitelná, a to významně zjednodušuje proces hodnocení. Použitím bazické bodovací metody se porovnává hodnocená varianta se vzorovým řešením – vzorovým etalonem – bází.

Stručnou podstatu metody a postup při aplikaci lze uvést v následujících bodech:

- Reprezentativní výběr parametrů (vlastností). Je třeba vyloučit vzájemně závislé parametry. Jejich počet by měl bát omezen na podstatné a spolehlivě zjistitelné.
- Stanovení bodovací stupnice, která hodnotí buď kvalitativní, nebo kvantitativní hodnoty parametrů.
- Určení významnosti (váhy) parametrů.
- Provedení samotného hodnocení.

Technická hodnota τ:

A. Při identifikaci varianty se hodí celá řada faktorů, parametrů a vlastností, které označíme jako T_1, T_2, …, T_n,, tj.: T (1,……, n)

   kde: n = maximální počet faktorů, parametrů, vlastností

B. Hodnotu každého faktoru, parametru a technické vlastnosti vyjádříme pomocí třídníku t_1, t_2,…, t_j; se stanovenou (zvolenou) stupnicí, tj.: t (1,….., j)

   kde: t_j = maximální hodnota faktoru, parametru, vlastnosti s kvantifikací a se slovním hodnocením.

   $t_1 = 0$ = nevyhovující (0%, min.)

   $t_2 = 1$ = velmi slabé

   $t_3 = 2$ =vyhovující

   $t_4 = 3$ = dobré

   $t_5 = 4$ = velmi dobré

   $t_6 = 5$ = výborné (100%, max.)

C. Hodnocený faktor, parametr, vlastnost lze vyjádřit i procentuálně:

$$p_\tau = \frac{100}{t_j} \ [\%] \tag{1}$$

D. Relativní technická hodnota n-tého faktoru, parametru, vlastnosti je pak:

$$T_n * t_j \tag{2}$$

E. Význam (váhu) jednotlivých faktorů, parametrů, vlastností pak dle důležitosti rozlišujeme koeficienty g_n (≤ 1), tedy:

$$0 \leq g_n \leq 1 \tag{3}$$

F. Technický stav hodnocené varianty dle různých hledisek, pak:

$$(\tau_1, \tau_2, \ldots\ldots, \tau_j, \ldots \tau_n) = (g_1 * t_1, g_2 * t_2, \ldots\ldots g_j * t_j, \ldots\ldots g_n * t_n) \tag{4}$$

G. Konečná technická hodnota varianty je pak vyjádřena:

$$\tau = \frac{\sum_{j=1}^{n}(g_j * t_j)}{\sum_{j=1}^{n} g_j * t_{max}} = \frac{g_1 * t_1 + g_2 * t_2 + \ldots\ldots + g_n * t_n}{(g_1 + g_2 + .. + g_n) * t_j} \leq 1 \tag{5}$$

kde:

g_j = koeficient rozlišující významnost hodnocených faktorů, parametrů, vlastností

t_j = hodnota i-tého faktoru, parametru, vlastnosti

n = počet hodnocených faktorů, parametrů, vlastností

Posuzované vlastnosti

T1) Cena stroje

T2) Provozní náklady

T3) Náročnost údržby

T4) Prostorová náročnost

T5) Náročnost softwarového nastavení

T6) Jednoduchost konstrukce

Tab 1) Tabulka multikriteriálního hodnocení variant A a B

n	VLASTNOST	**Varianta A**				**Varianta B**			
	OZN.	t_j	g_n	p_τ	T_n	t_j	g_n	p_τ	T_n
1	T1	3	1	33,3	3,0	1	1	100	1,0
2	T2	2	0,4	150	0,8	2	0,4	50	0,8
3	T3	4	0,4	25	1,6	4	0,4	25	1,6
4	T4	2	0,4	50	0,8	1	0,4	100	0,4
5	T5	4	0,3	25	1,2	2	0,3	50	0,6
6	T6	3	0,2	33,3	0,6	5	0,2	20	1,0

Tab 2) Tabulka multikriteriálního hodnocení variant C a D

n	VLASTNOST	**Varianta C**				**Varianta D**			
	OZN.	t_j	g_n	p_τ	T_n	t_j	g_n	p_τ	T_n
1	T1	4	1	25	4,0	5	1	20	5,0
2	T2	3	0,4	33,3	1,2	3	0,4	33,3	1,2
3	T3	2	0,4	50	0,8	2	0,4	50	0,8
4	T4	5	0,4	20	2,0	3	0,4	33,3	1,2
5	T5	2	0,3	50	0,6	4	0,3	25	1,2
6	T6	4	0,2	25	0,8	2	0,2	50	0,4

Konečné technické hodnocení τ

Tab 3) Tabulka výsledků multikriteriálního hodnocení

Varianta	τ
A	0,353
B	0,185
C	0,440
D	**0,498**

Závěr hodnocení

Z tabulky výsledků plyne, že nejvhodnější volbou je varianta D, tedy varianta lepení rohů nově navrženým manipulátorem.

8 ŘEŠENÍ ZVOLENÉ VARIANTY

Zvolená varianta, tedy varianta D, byla odsouhlasena vedoucím projekce společnosti PHATEC jako optimální řešení pro daný účel. Při řešení zvolené varianty jsem vycházel ze standardů společnosti PHATEC. To zahrnuje volbu snímačů, lineárních vodících systémů a pohonných prvků schválených pro projekt balícího centra.

Jednotlivé kroky, které jsem při řešení projektu prováděl, jsou následující:

- Zajištění předmětu manipulace - ochranného papírového rohu.
- Zjištění prostorových limitů pro zástavbu stroje
- 2D návrh řešení pro stanovení rozsahu pohybu v daném prostoru
- Stanovení výchozích prvků stroje jako snímače, pohony, nástřiková jednotka tavného lepidla, lineární vedení a pohonné prvky
- Vyřešení způsobu úchopu papírového rohu
- Vyřešení způsobu detekce polohy výsuvného ramene v podélném příčném směru
- Způsob detekce polohy rohu palety se zbožím
- Způsob aplikace lepidla
- 3D návrh stroje
- Výpočet pohonů a návrh pohonných elementů
- Tvorba výkresové dokumentace
- Asistence při kompletaci stroje

8.1 Výsuvné rameno

Výsuvné rameno je jednou z hlavních částí stroje. Musí obsahovat hlavní nosné tělo, ústrojí pro uchopení rohů včetně jeho polohování (otáčení o 90°do obou směrů), ústrojí pro změnu polohy celého ramene (vysouvání a zasouvání), senzory zajišťující správný chod stroje a místo pro kabely a hadičky pro přívod stlačeného vzduchu.

8.1.1 Tělo ramene

Tělo ramene je hlavní nosná část, ke které budou připevněny všechny ostatní části výsuvného ramene. Rozměry ramene se budou formovat v průběhu celé práce. Zatím nelze správně určit žádný parametr. S největší pravděpodobností se však bude jednat o obdélníkový ocelový profil.

8.1.2 Uchopení rohů

Jako první je třeba vyřešit zařízení zajišťující úchop ochranných rohů. Nejčastější způsoby úchopu předmětů jsou pomocí podtlaku nebo pomocí tvarových čelistí. Z podstaty našeho předmětu manipulace, tj. papírových rohů, je použitelnější způsob pomocí podtlaku, a to z několika důvodů:

- Povrch ochranných rohů je velmi kompatibilní s podtlakovými savkami – je spojitý, není porézní a má správnou drsnost.
- Podtlakové savky jsou prostorově méně náročné, k uchopení ochranného rohu není potřeba jej nijak objímat.
- Úchop podtlakovými savkami je velmi spolehlivý.

Výběr podtlakových savek

Jelikož jsou předmětem manipulace papírové rohy o relativně dobré přesnosti rovinnosti, bylo by dobré při výběru podtlakových savek brát v úvahu zajištění rovinnosti i u nich. Proto jsem vybral přísavku ESS-40-SNA (obr. 40) od společnosti FESTO (produktový list v příloze 1). Hlavním důvodem pro výběr toho typu komponenty je kruhová kovová ploška uvnitř gumového kloboučku, o kterou se přisávaný předmět zarazí. To nám zajistí přesnou polohu a sklon ochranného rohu. Důvodem pro výběr společnosti FESTO jsou dlouholeté dobré zkušenosti s jejími výrobky ve společnosti PHATEC.

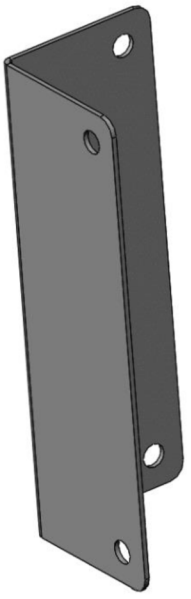
Držák přísavky jsem vybral ESH-HA-4-QS, (obr. 41) jelikož byl k dané savce katalogem doporučen. Produktový list držáku je uveden v příloze 2.

Obr. 40) Přísavka ESS-40-SNA [25]

Obr. 41) ESH/HA-4-QS držák přísavky [Příloha 2]

8.1.3 Umístění podtlakových savek

Držák podtlakových přísavek (obr. 42) jsem vytvořil tak, aby kopíroval tvar ochranných rohů, svírá tedy úhel 90°. Vyroben bude z 3 mm tlustého plechu, do kterého budou vypálené 4 otvory o průměru 14,5 mm pro upevnění přísavek, a následně ohnut o 90°.



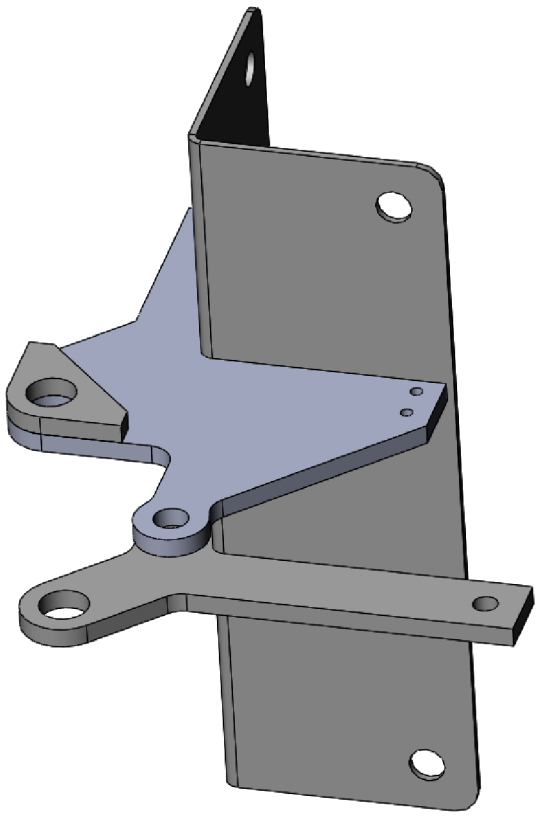
Obr. 42) Držák podtlakových přísavek

8.1.4 Rotační hlava

Pro správnou funkci stroje je potřeba, aby byl držák s přísavkami na rotační vazbě a schopen otočení do tří pozic:

- Základní pozice – vertikální rovina souměrnosti držáku se shoduje s osou výsuvného ramene. V této pozici bude stroj při procesu úchopu rohu ze zásobníku a při nanášení lepidla.
- Otočení ze základní pozice o 90° - v této pozici bude stoj při přitlačení rohu na pravou hranu palety.
- Otočení ze základní pozice o -90° - v této pozici bude stroj při přitlačení rohu na levou hranu palety.

Proto jsem vytvořil sestavu s názvem Rotační hlava (obr. 43). Jedná se svařenec, který se bude otáčet pomocí kluzných ložisek okolo pevného čepu. Čep bude zavařen do hlavního tělesa výsuvného ramene.



Obr. 43) Rotační hlava

8.1.4.1 Zajištění pohybu

Rotace je možno docílit dvěma způsoby, a to motoricky nebo pneumaticky. Natáčení pomocí elektrického motoru by bylo vhodné, kdybychom potřebovali kontrolovat natočení a zastavovat v mnoha pozicích. My ale potřebujeme pouze tři pozice, takže využijeme pneumatických pohonů.

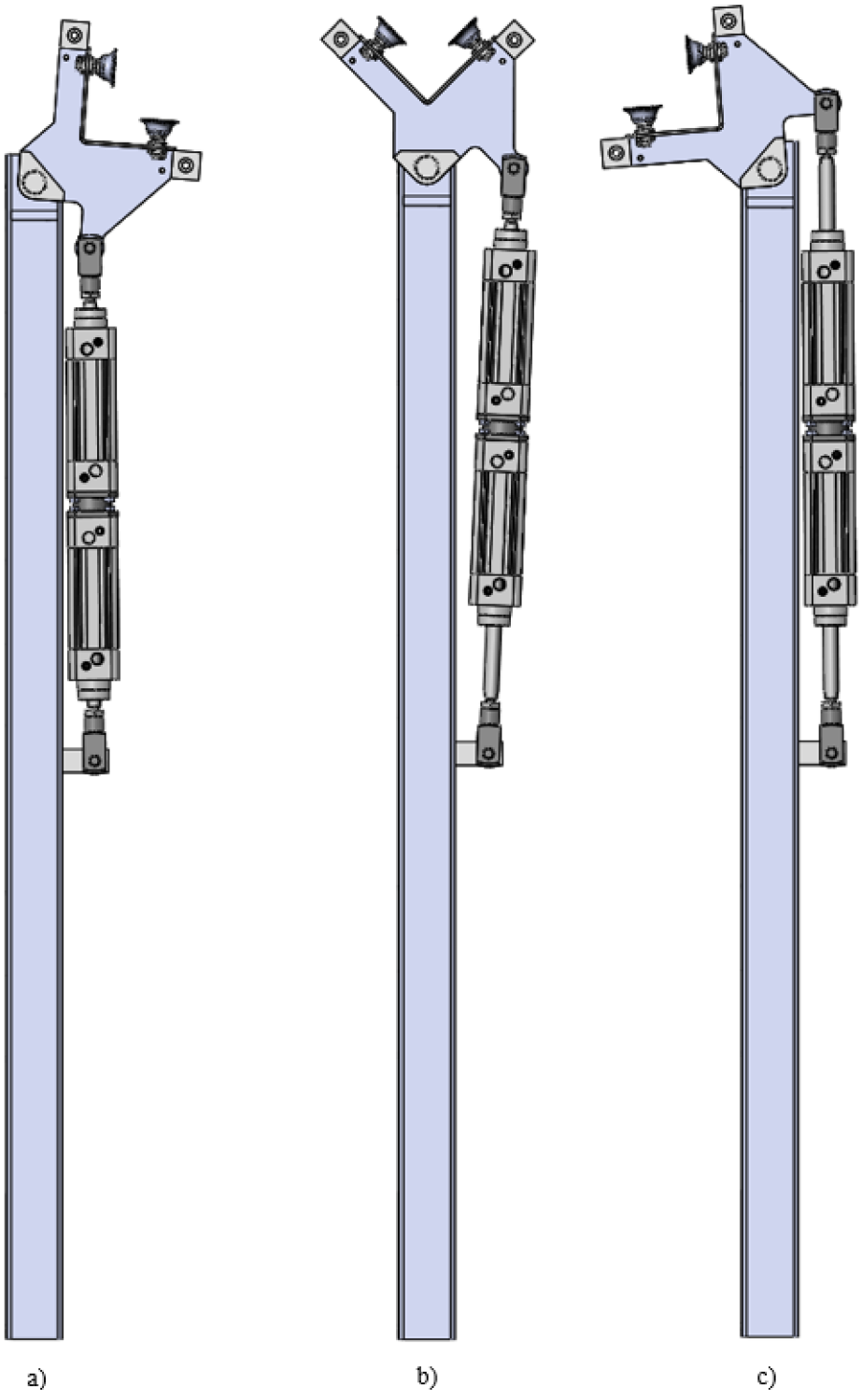
Pístnice pneumatických válců vykonává přímočarý pohyb. K převodu z přímočarého pohybu na pohyb rotační tedy využijeme páky. Budou-li oba konce pneumatického pohonu na rotační vazbě, pak se bude pohon adekvátně natáčet podle potřeby bez vyvíjení přílišné ohybové síly na pístnici pohonu. Zároveň potřebujeme tři pozice, které za pomoci jednoho pneumatického pohonu nevykonáme. Jako řešení tohoto problému zapojíme dva pneumatické pohony do série. Patřičných natočení pak docílíme:

- Základní pozice (obr. 44, b)) – vysunutá pístnice pouze jednoho pohonu
- Otočení ze základní pozice o 90° (obr. 44, c)) - vysunuté pístnice obou pohonů
- Otočení ze základní pozice o -90° (obr. 44 a)) - pístnice obou pohonů zasunuty

8.1.4.2 Výběr pneumatických pohonů

U této aplikace je cílem pneumatických pohonů pouhé otočení rotační hlavou. Jediné síly, které budou muset překonat je síla setrvačná a síla způsobená třením v kluzných ložiskách. Váha celé hlavy bude přenášena přes ložiska a čep do těla výsuvného ramene. Proto, vzhledem ke zdvihu, který potřebujeme, je zbytečné počítat potřebný tlak potřebný pro vyvinutí tak síly.

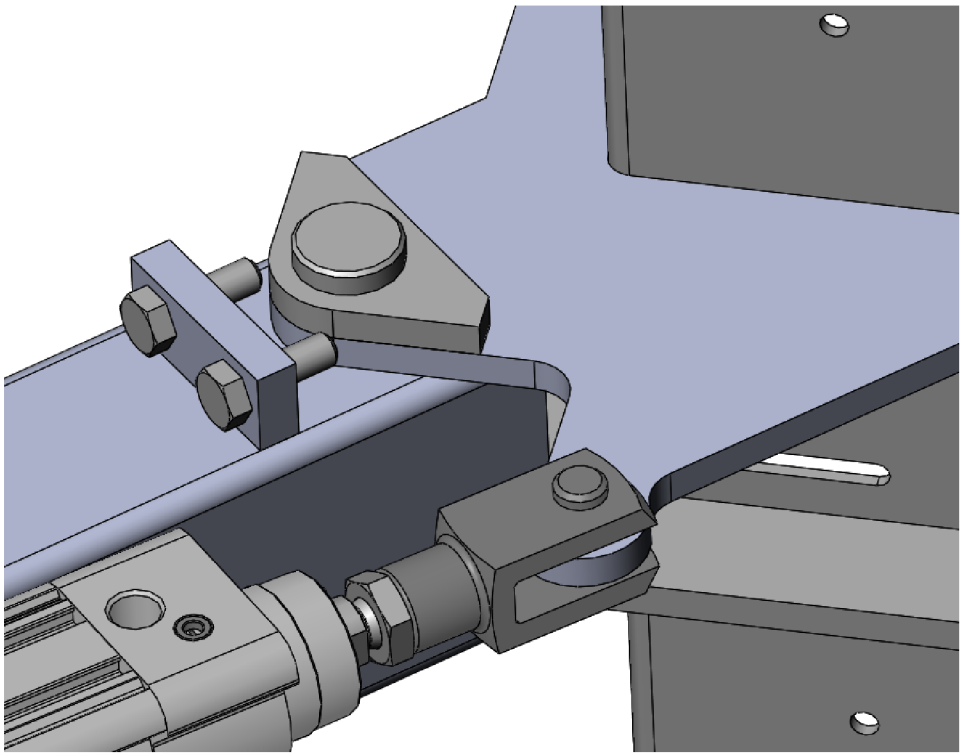
Zdvih pneumatického pohonu vyplývá ze vzájemné pozice hlavního čepu, tedy čepu, kolem kterého se otáčí rotační hlava, a čepu, kterým je spojena rotační hlava s pneumatickým pohonem. Výsledný tvar i velikost rotační hlavy je výsledkem optimalizačního procesu v 3D modeláři. Optimálního nastavení jsem docílil se dvěma totožnými pneumatickými pohony, každými o zdvihu 70 mm. Na základě tohoto rozměru jsem vybral pneumatický pohon DSBC-40-70-PPVA-N3 od společnosti FESTO. Tedy o průměru pístu 40 mm, zdvihem 70 mm, odolný proti korozi, místem připraveným pro snímače a oboustranným nastavitelným tlumením.



Obr. 44) Pozice rotační hlavy a) v -90°, b) v základní pozici, c) v +90°

8.1.4.3 Nastavení koncových poloh

Jak je na obrázcích 44 a) a 44 c) patrné, poloha rotační hlavy není v souladu s rohem palety (rotační hlava je přetočená). Proto jsem na tělo výsuvného ramene přidal kvádr s dvěma závity M8, ve kterých budou šrouby fungovat jako manuálně seřiditelné dorazy koncových poloh rotační hlavy (obr. 45).

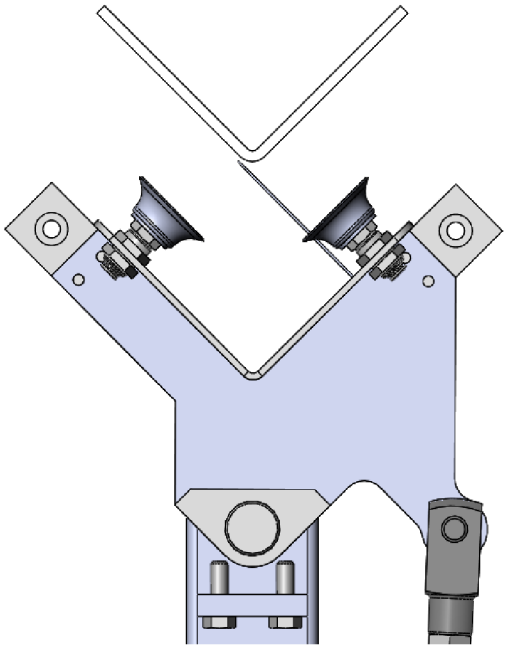


Obr. 45) Dorazy koncové polohy rotační hlavy

8.1.4.4 Snímání polohy ochranných rohů

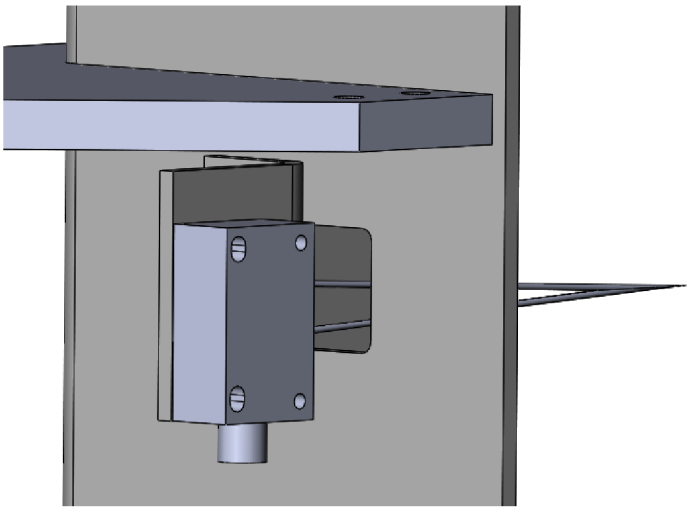
Je možné napsat program tak, aby stroj věděl, kde se nachází ochranný roh připravený k úchopu. Není však vhodné, aby se stroj pohyboval pouze na základě předpokladu, ale na základě aktuálních informací získaných z reálného světa. Proto jsem přidal na rotační hlavu snímač pro kontrolu polohy ochranného rohu. Navrhnul jsem optický difuzní snímač, který funguje jako vysílač a zároveň přijímač. Bude nastaven a vzdálenost 75–90 mm (obr. 47) a jakmile v tomto rozsahu zaznamená přítomnost předmětu, vyšle signál. Podle mého návrhu byl programátorem vybrán snímač S100-PR-2-M00-PH od výrobce DATALOGIC (obr. 46). Produktový list tohoto snímače je uveden v příloze 3.

Obr. 46) Snímač S100-PR-2-M00-PH [Příloha 3]



Obr. 47) Zobrazení dosahu snímače

V provozu to bude fungovat tak, že manipulátor se bude vysouvat pro ochranný roh vyšší rychlostí, a až snímač roh zaznamená, program bude znát přesnou polohu předmětu a sníží se rychlost vysouvání, dokud manipulátor nedosáhne cíle. Uchycení snímače je zobrazeno na obr. 48. Snímač je uchycen na L profilu, kde jsou ve svislém směru vypálené drážky pro nastavení vertikální polohy snímače. Samotný L profil je pak přichycen k rotační hlavě, ve které jsou vypáleny drážky ve vodorovném směru pro nastavení horizontální polohy snímače.



Obr. 48) Uchycení snímače

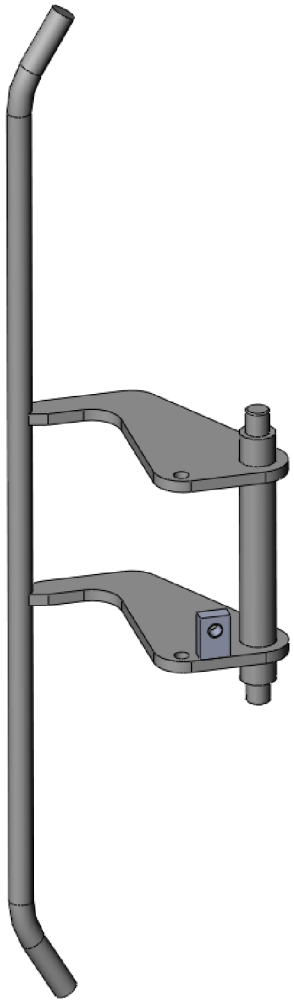
8.1.4.5 Snímání polohy rohu palety

Stejně jako při procesu úchopu manipulovaného předmětu, tak i při jeho aplikaci na roh palety je vhodné, aby stoj znal souřadnice cílové polohy na základě aktuálních informací reálného světa než na základě předpokladů. Proto je nutné zajistit, aby stroj potřebné informace o prostředí získal.

Myšlenka je taková, že po nanesení lepidla se pojezd přesune do vzdálenosti 30 mm od předpokládané polohy hrany palety ve směru X. Dojde k natočení rotační hlavy do příslušné polohy. Rameno se začne vysouvat vyšší rychlostí ve směru Y. Až bude 30 mm od předpokládané stěny palety, sníží rychlost a pokračuje do doby, než bude vybaven snímač a tehdy zastaví. Následně se nízkou rychlostí opět rozjede pojezd ve směru X, dokud nebude vybaven druhý snímač a zastaví. Nyní je známa přesná poloha hrany a stroj se rozpohybuje velmi nízkou rychlostí stejnou v obou směrech a přitlačí tak ochranný roh na hranu palety.

K realizaci této myšlenky jsem využil indukčních snímačů (obr. 49) a kyvného vybavovače (obr. 50). Vybavovač je v tomto případě svařenec sestávající se z pěti součástí. Kontaktním prvkem vybavovače s paletou je kulatina ohnutá tak, aby její konce nemohly poškodit obal zboží. Dva totožné výpalky spojující kontaktní kulatinu s čepem fungují jako rameno otáčení, a zároveň jako plocha snímaná indukčním snímačem. Na jeden z těchto výpalků je navíc přivařena kostička se závitem, do které bude našroubován šroub sloužící jako doraz koncové polohy. Otvor ve výpalcích je vytvořen pro uchycení pružiny, která bude vracet vybavovač do původní polohy.

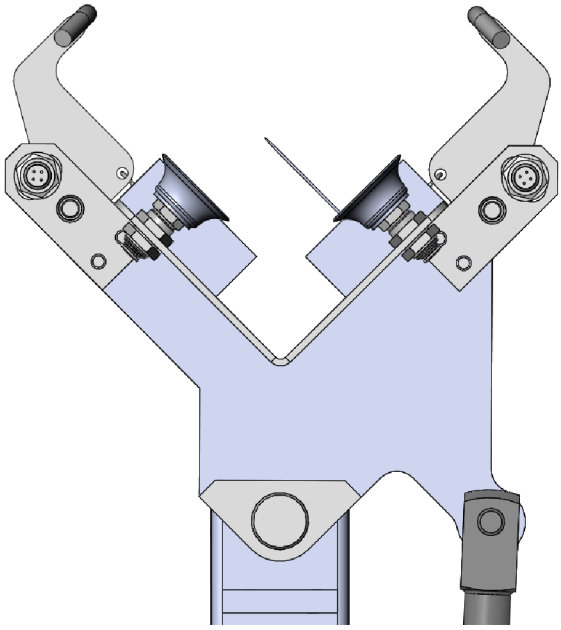
Obr. 49) Snímač B14-M12-AP6X-H1141 [Příloha 4]



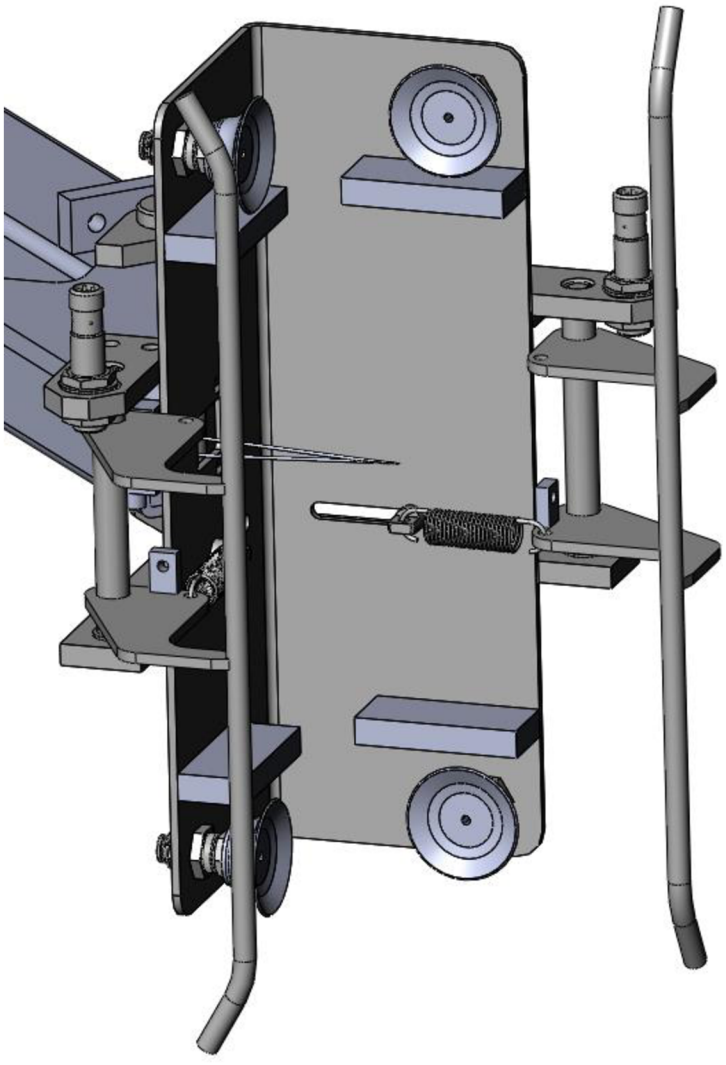
Obr. 50) Kyvný vybavovač indukčního snímače

Indukční snímač jsem vybral takový, jaký se pro podobné účely ve společnosti PHATEC používá. Je to indukční snímač B14-M12-AP6X-H1141 od společnosti TURCK. Produktový list tohoto snímače je uveden v příloze 4.

Rotační hlava po zakomponování těchto prvků je zobrazena na obr. 51) a obr. 52).



Obr. 51) Rotační hlava s mechanismem pro snímání polohy rohu palety, shora

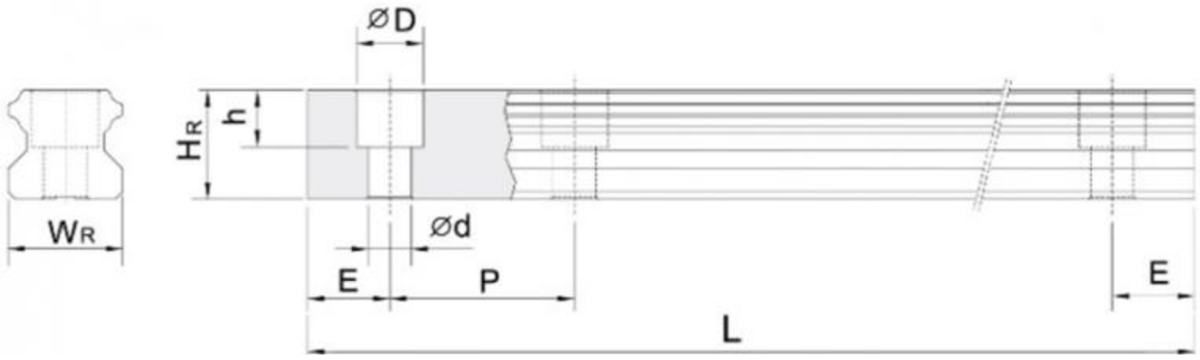


Obr. 52) Rotační hlava s mechanismem pro snímání polohy rohu palety

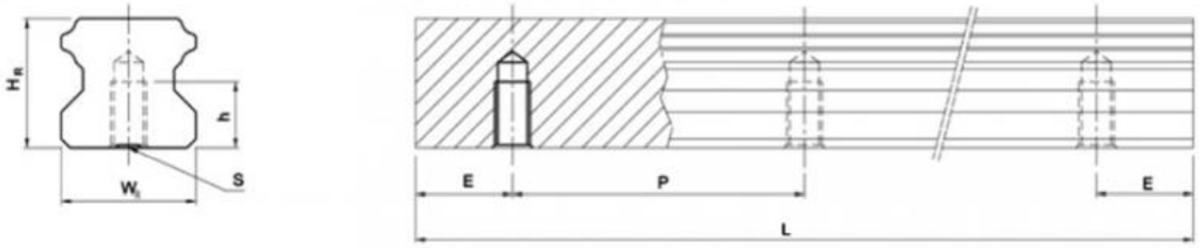
8.1.4.6 Výsuv ramene

Posuvná vazba bude zajištěna kuličkovým lineárním vedením typu HG nabízeném společností Hiwin. Tento typ vedení je určen pro aplikace s vysokými požadavky na tuhost a únosnost. [10] V tomto případě se jedná o vysouvání relativně těžkého ramene, tudíž v krajních polohách bude na soustavu lineárního vedení působit nezanedbatelný moment. Dalšími znaky lineárního vedení typu HG jsou nízké posuvové síly a vysoká účinnost. [10]

Soustava lineárního vedení typu HG se skládá ze dvou částí, a to z kolejnice a vozíku. K dispozici jsou dva druhy kolejnic. Kolejnice typu R (obr.53) je opatřena průchozími montážními otvory pro montáž shora. Kolejnice typu T (obr. 54) je opatřena závitovými montážními otvory pro montáž zespodu. [27]



Obr. 53) Kolejnice typu R lineárního vedení [10]



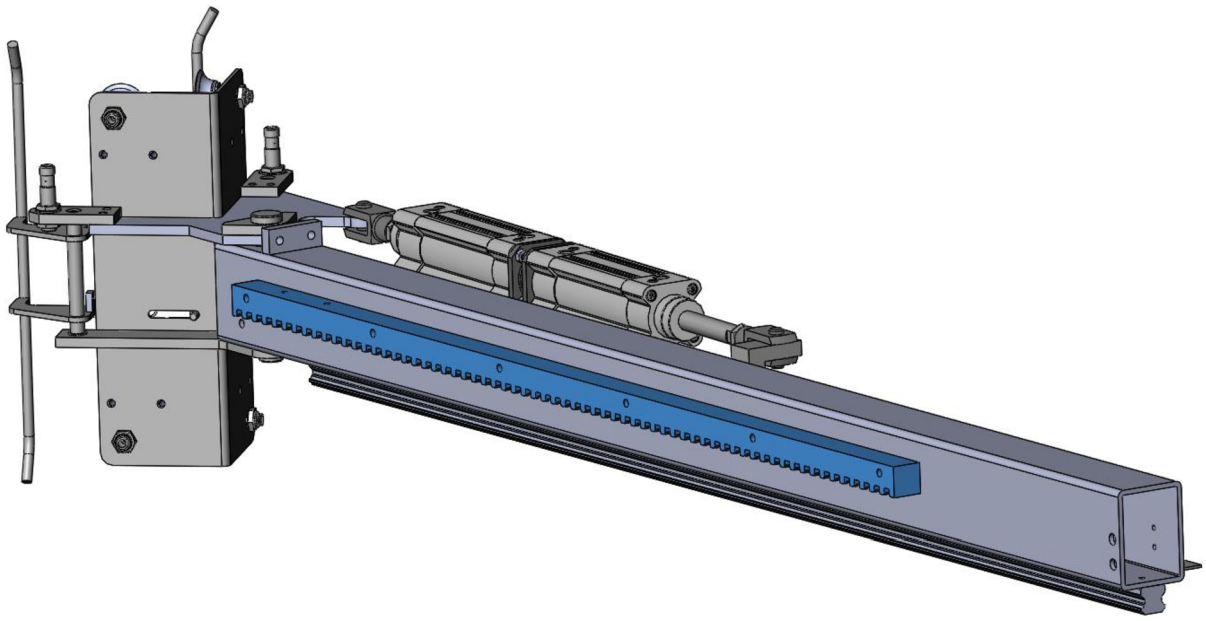
Obr. 54) Kolejnice typu T lineárního vedení [27]

V našem případě potřebujeme připevnit kolejnici na tělo výsuvného ramene, tedy na uzavřený obdélníkový profil. Pokud bychom chtěli použít kolejnice typu T, museli bychom na protější straně profilu vypálit otvory pro umožnění přístupu montážního nářadí. Je zjevné, že mnohem jednodušší cestu nabízí kolejnice typu R, u které stačí vyvrtat do profilu závity technologií Flowdrill a jednoduše přivrtat kolejnici.

Pohon výsuvu ramene bude zajištěn elektrickým motorem. Převod rotačního pohybu hřídele motoru na lineární pohyb ramene zprostředkuje ozubené kolo a tyč s přímým ozubením. Jako polotovar použiji ozubenou tyč T17066 (obr. 55) od společnosti HABERKORN. Pro umožnění montáže je potřeba do boční strany vyvrtat otvory pro šrouby. Ozubené kolo bylo vybráno též od společnosti HABERKORN, a to T16918. Průměr vnitřního otvoru je pouze 12 mm, je tedy potřeba vytvořit novou díru o průměru 20 mm, drážku pro pero a závitovou díru pro pojistný šroub.

Výběr pohonu, ozubeného řemenu a pastorku proběhl na základě výpočtů v kapitole 9.3. Výběr výše zmíněného ozubeného kola a ozubeného hřebenu byly podle výpočtů potvrzeny

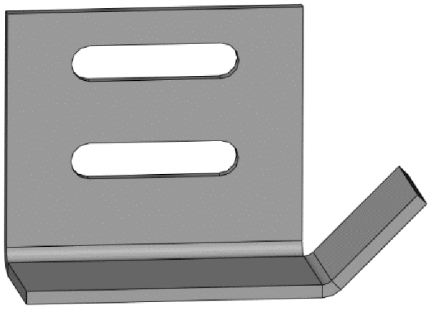
jako správné. Jako pohon jsem navrhl standardní asynchronní pohon o výkonu 0,12 kW. Programátorem byl vybrán asynchronní motor VAR 06C41 o výkonu 0,25 kW s převodovkou B45-2 od společnosti Lenze. Usazení motoru je zobrazeno na obr. 62.



Obr. 55) Umístění ozubeného řemenu na výsuvném rameni

Ačkoli je motor opatřen enkodérem, je potřeba pro vyšší bezpečnost použít koncových snímačů a dorazů. Jako koncové snímače jsem použil mechanické spínače XCKN2118P20 (obr. 56) vyrobené společností TELEMANIQUE SENSORS a dodané společností Elkov Elektro. Jedná se o klasické polohové spínače s otočnou hlavou. Páčka je v základní pozici, a jakmile ji vybavovacím plechem vyosíme do určité pozice, spínač vyšle signál. Podrobné informace o produktu jsou uvedeny v příloze 5. Tyto snímače budou umístěné na vozíku příčného pojezdu (obr. 65). Vybavování snímačů je jednoduše řešeno pomocí ohýbaného plechu (obr. 57) připevněném na výsuvném rameni.

Obr. 56) Snímač koncové polohy XCKN2118P20 [Příloha 5]



Obr. 57) Vybavovací plech

8.2 Pojezd manipulátoru

Pojezd manipulátoru bude složen ze dvou hlavních částí, a to ze statické části a z pohyblivé části.

8.2.1 Statická část

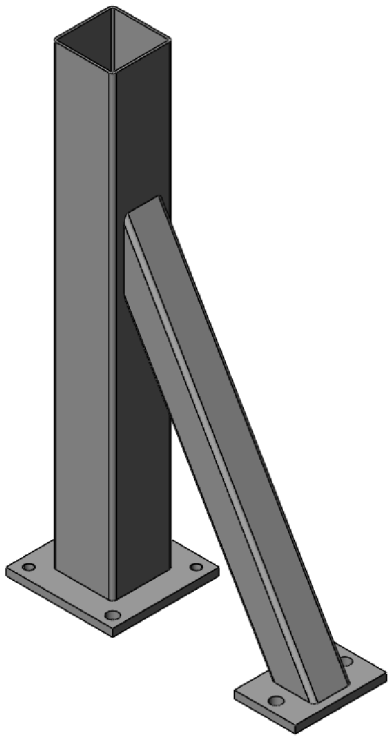
Hlavním úkolem statické části je zajistit pohyb pohyblivé části tak, aby mohla správně vykonávat svoji funkci. Tento uzel se skládá z několika částí, a to z rámu, lineárního vedení, pohonu a řemenu včetně napínacího mechanismu.

8.2.1.1 Rám statické části

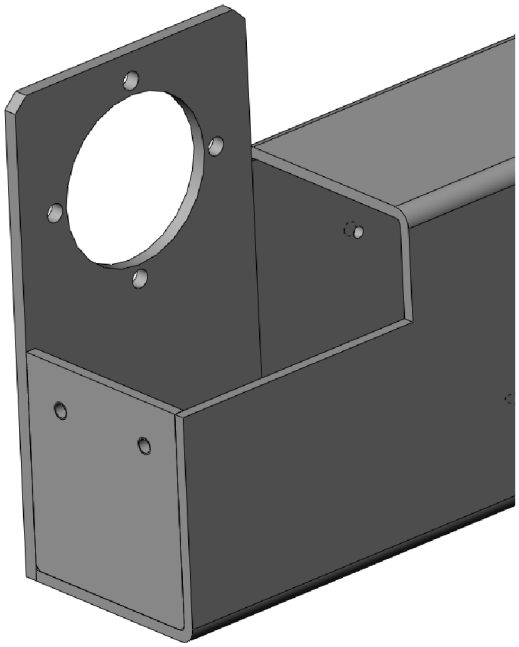
Rám statické části musí být dostatečně pevný, aby unesl jak ostatní prvky statické části, tak i celou pohyblivou část. Celý rám je konstruován jako svařenec. Hlavní tělo je tvořeno uzavřeným obdélníkovým profilem, na který jsou navařeny tři jednotlivé nohy (obr. 58). Každá noha je pak tvořena ze dvou uzavřených čtvercových profilů a k zemi bude ukotvena pomocí závitových tyčí a chemické kotvy.

Motor pro pohon řemenu bude uchycen pomocí čtyř šroubů k plechu zavařenému do vypáleného otvoru v hlavním profilu (obr. 59). Na horní plochu hlavního profilu bude navařen tlustý plech s vyvrtanými otvory pro upevnění kolejnic lineárního vedení.

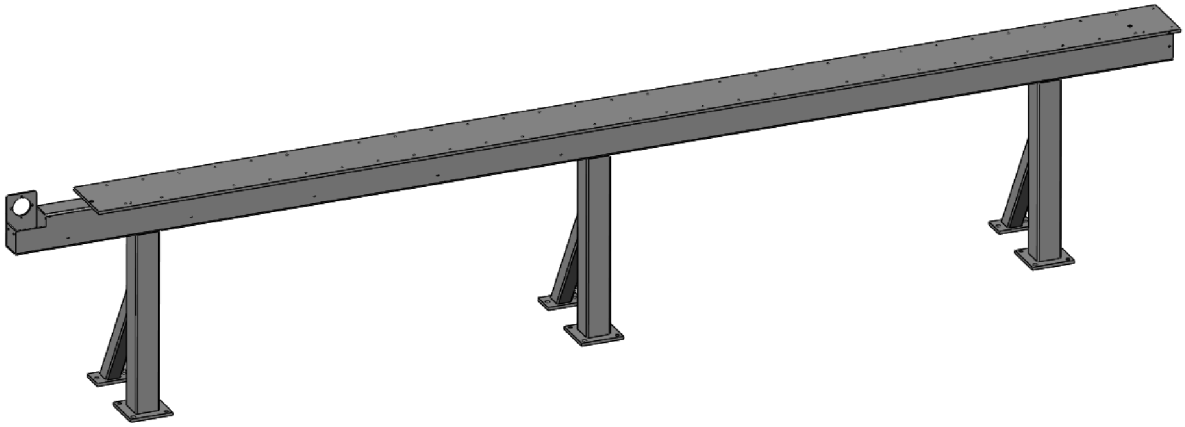
Celý rám je pak vidět na obr. 60.



Obr. 58) Noha rámu



Obr. 59) Místo pro uchycení motoru k rámu



Obr. 60) Rám statické části příčného pojezdu

8.2.1.2 Lineární vedení

V tomto případě (na rozdíl od výsuvného ramene) není problém s přístupem montážního nářadí z jakékoli strany, a můžeme tedy použít kolejnice typu T, tedy kolejnice se závity pro montáž zespodu. Vozík jsem zvolil stejný jako u výsuvného ramene, a to ze dvou důvodů: podobnosti zátěže a jednoduššímu zajištění náhradních dílů.

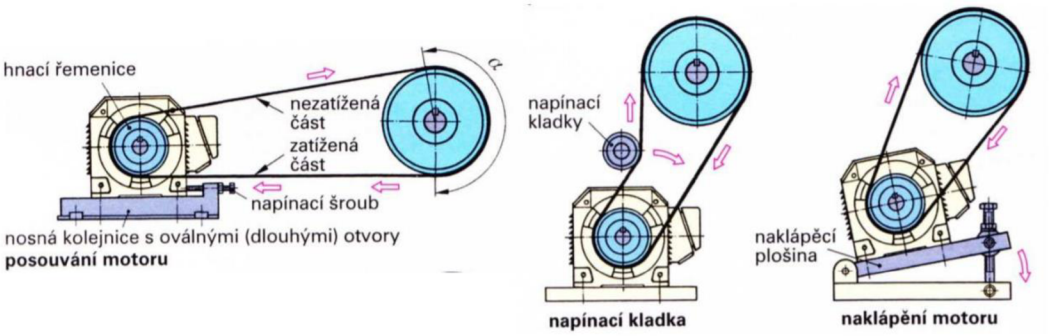
8.2.1.3 Napínací mechanismus a výběr řemenu

Důvod pro použití řemenu je dostatečná únosnost, nízká hlučnost, nízká cena a snadná dostupnost.

Aby řemenový převod správně fungoval, musí být řemen předepnut určitou silou. Jednou ze základních vlastností řemenu je však jeho tendence k postupnému uvolňování během provozu. [12] Řemen je správně předpjatý v případě, kdy zůstává prázdná větev ve všech vyvstalých provozních situacích napnutá. Aby bylo docíleno co nejmenšího zatížení hřídele, je

potřeba dbát na to, aby nebylo nutné dodatečné napínání. Kromě toho je správné napnutí řemene závislé na délce řemene (počtu zubů řemene). [11]

Způsobů předepnutí řemenu je mnoho, avšak dělí se na tři hlavní typy (obr. 61). První typ je založen na zakomponování nastavitelné napínací kladky. Druhý typ napíná řemen pomocí změny rozteče hřídelů. U třetího typu se napnutí řemenu realizuje změnou funkčního průměru řemenic. [11]

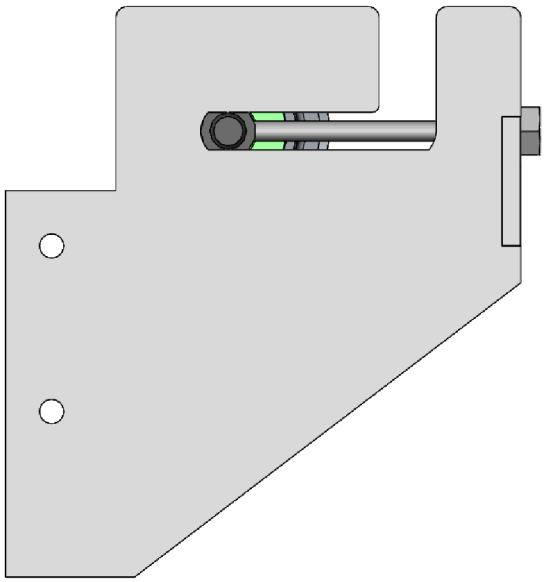


Obr. 61) Způsoby napnutí řemene [12]

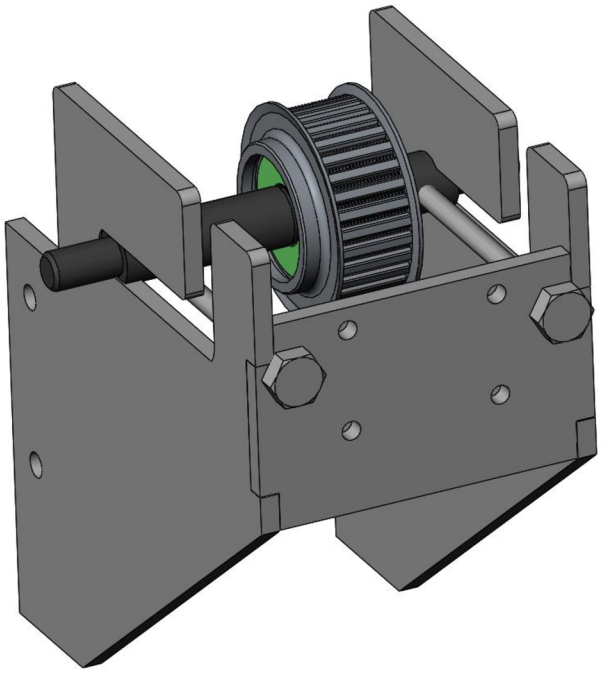
Pro náš případ se jako nejjednodušší způsob jeví typ druhý, tedy předpětí řemenu pomocí změny rozteče hřídelů. Zde se pak nabízí dvě varianty, jak požadované funkce dosáhnout.

a. Tyč, hnané řemenice je zabezpečena proti pohybu. K dosažení změny polohy tyče je zapotřebí tyč odjistit, přesunout do požadované polohy a opět utáhnout.
b. Tyč je napínána pomocí závitové tyče, jejíž rotací zajistíme pohyb tyče s řemenicí.

Varianta b. je z mého pohledu snazší na regulaci předpětí, tudíž jsem provedl právě tuto variantu (obr. 62, obr. 63).



Obr. 62) Napínací mechanismus, z boku



Obr. 63) Napínací mechanismus

Řemenice je přes kuličková ložiska uložena na nosné tyči. V nosné tyči jsou vyvrtány závity pro šroub, jehož otáčením se tyč začne pohybovat do jednoho nebo druhého směru vymezeného drážkami. Celý tento mechanismus bude pomocí šroubů připevněn k rámu statické části.

Řemenici jsem vybral 27 AT5/32-2F od společnosti HABERKORN. Podrobný popis produktu je uveden v příloze 6. Výpočet potřebný k výpočtu šířky řemene, a tedy i typu řemenice, je uvedený v kapitole 9.1.2.

8.2.1.4 Výběr pohonu

Na základě výpočtu uvedeném v kapitole 9.1.1. jsem pro pohon příčného pojezdu navrhl asynchronní motor o výkonu 0,25 kW. Na základě mého návrhu vybral programátor servomotor VBR 063C42 o výkonu 0,25 kW s převodovkou B45-2 od společnosti Lenze.

8.2.2 Pohyblivá část

Pohyblivá část bude formou montážní sestavy a bude složena z výsuvného ramene a posuvného vozíku, na kterém je výsuvné rameno upevněno, a který zprostředkovává pohyb ramene po statické části. Výsuvné rameno je popsáno v kapitole 8., proto se nyní budeme věnovat posuvnému vozíku.

Hlavní požadavky kladeny na posuvný vozík:

- Musí obsahovat kuličkový vozík lineárního vedení pro výsuv ramene.
- Musí obsahovat kuličkový vozík lineárního vedení pro pohyb po statické části.
- Je zde upevněn motor s ozubeným kolem pro pohon výsuvu ramene.
- Obsahuje senzory potřebné pro správný chod výsuvného ramene.
- Obsahuje prvek zajišťující připevnění posuvného vozíku k řemenu.

- Jsou zde upevněny vybavovače čidel potřebný pro správný chod posuvného vozíku.

Základem posuvného vozíku bude tlustý plech, ke kterému se budou ostatní funkční prvky sestavy připevňovat.

Při správném chodu stroje, se bude výsuvné rameno pohybovat v téměř krajních pozicích. Délka ramene se pohybuje okolo hodnoty 1350 mm a jeho celková váha je odhadem 30,5 kg (skutečná délka a váha bude známa až po finální optimalizaci). Provedeme rychlý orientační výpočet namáhání kuličkového vozíku ve vysunuté poloze.

$$M_v = \frac{l_r}{2} * m_r * g \tag{6}$$

$$M_v = \frac{1{,}35\ m}{2} * 30{,}5\ kg * 9{,}81 \frac{m}{s^2}$$

$$M_v = 202\ Nm$$

Kde:

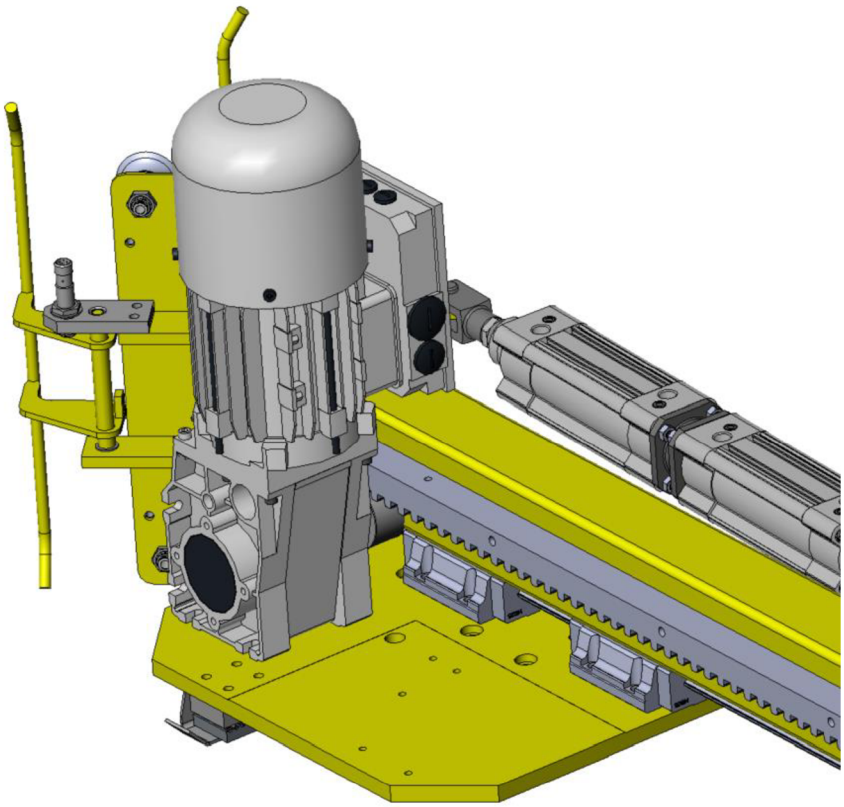
M_v … přibližný moment působící na kuličkový vozík

l_r … přibližná délka výsuvného ramene

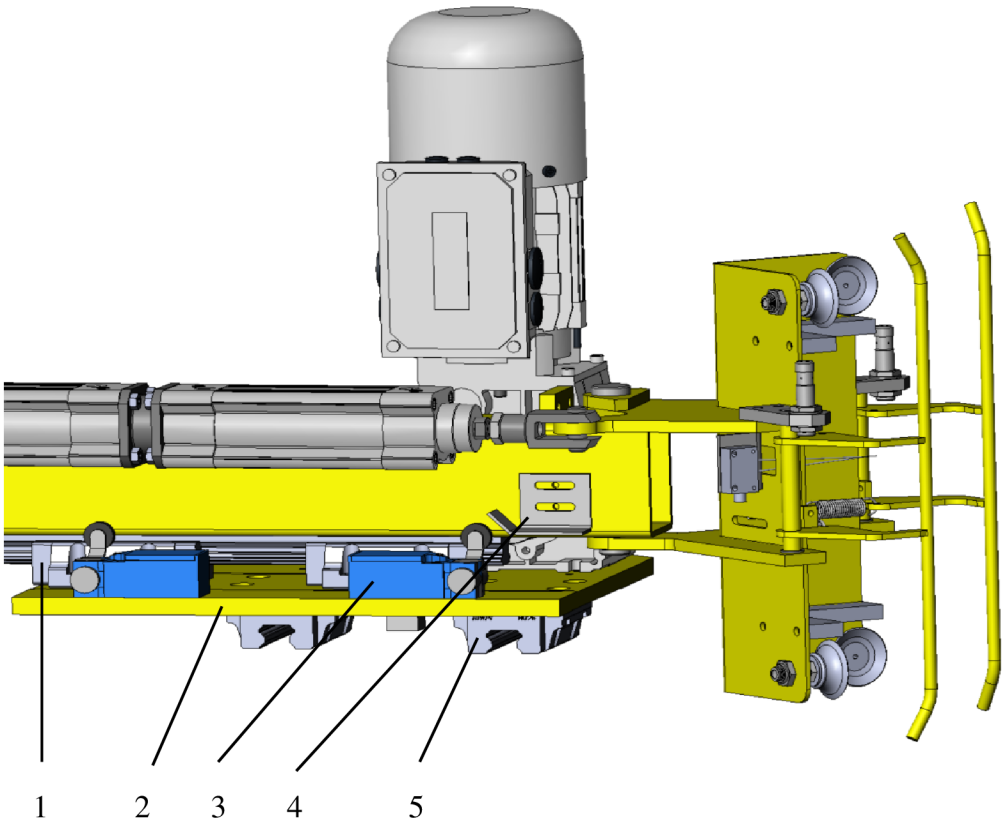
m_r … přibližná hmotnost výsuvného ramene

g … tíhové zrychlení

Výrobce udává maximální statickou zátěž 49 440 N, což značí, že s únosností nebude problém. Na druhou stranu vzhledem k délce ramene bude pro snížení ohybu a zvýšení celkové pevnosti vhodné použít dva vozíky na každou osu. U výsuvného ramene budou vozíky na jedné kolejnici za sebou a u příčného pojezdu bude zapotřebí dvou kolejnic, kde na každé bude vozík lineárního vedení (obr. 65).



Obr. 64) Usazení motoru na vozíku příčného pojezdu



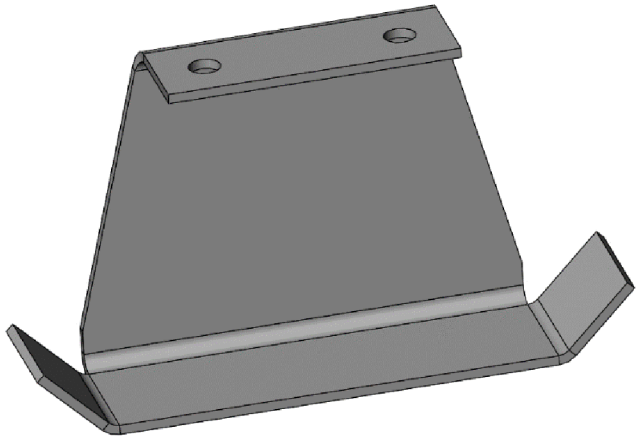
Obr. 65) Uspořádání součástí a komponent na vozíku příčného pojezdu

1. Vozík lineárního vedení výsuvného ramene
2. Vozík příčného pojezdu
3. Mechanický koncový spínač
4. Vybavovací plech koncového spínače
5. Vozík lineárního vedení příčného pojezdu

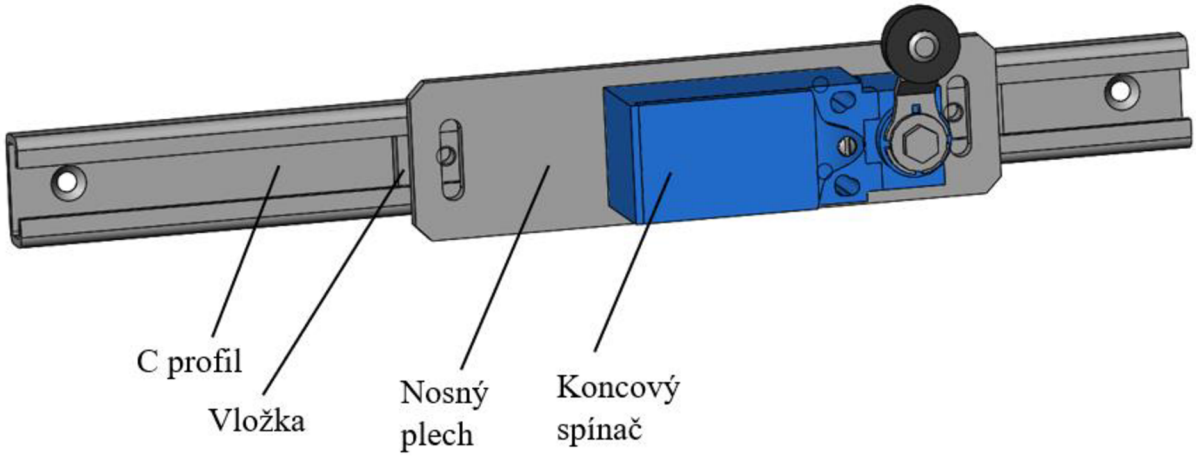
8.2.2.1 Snímače krajní polohy

Snímače pro krajní polohy jsem zvolil stejné, jako u výsuvného ramene. Jedná se o stejný účel použití a je zde výhoda při uchovávání náhradních dílů. Zmíněné koncové spínače XCKN2118P20 (obr. 56) jsou zde však uchyceny jiným způsobem. Vzhledem k prostorovým možnostem bude vybavovací plech (obr. 66) pevně umístěn na vozík příčného pojezdu a bude oboustranný, tedy jeden plech bude vybavovat jak pravý, tak i levý koncový spínač. Nastavení polohy spínacího místa bude tedy obstarávat uchycení samotného spínače. Držák spínače (obr. 67) se skládá ze 3 součástí:

1. C profilu, který se přes šrouby se zapuštěnou hlavou přišroubuje do rámu příčného pojezdu
2. plechu, ke kterému se přišroubuje samotný koncový spínač, a který má vypálené drážky pro nastavení vertikální polohy
3. vložce, která slouží jako prvek zajišťující přitlačení C profilu a plechu se spínačem

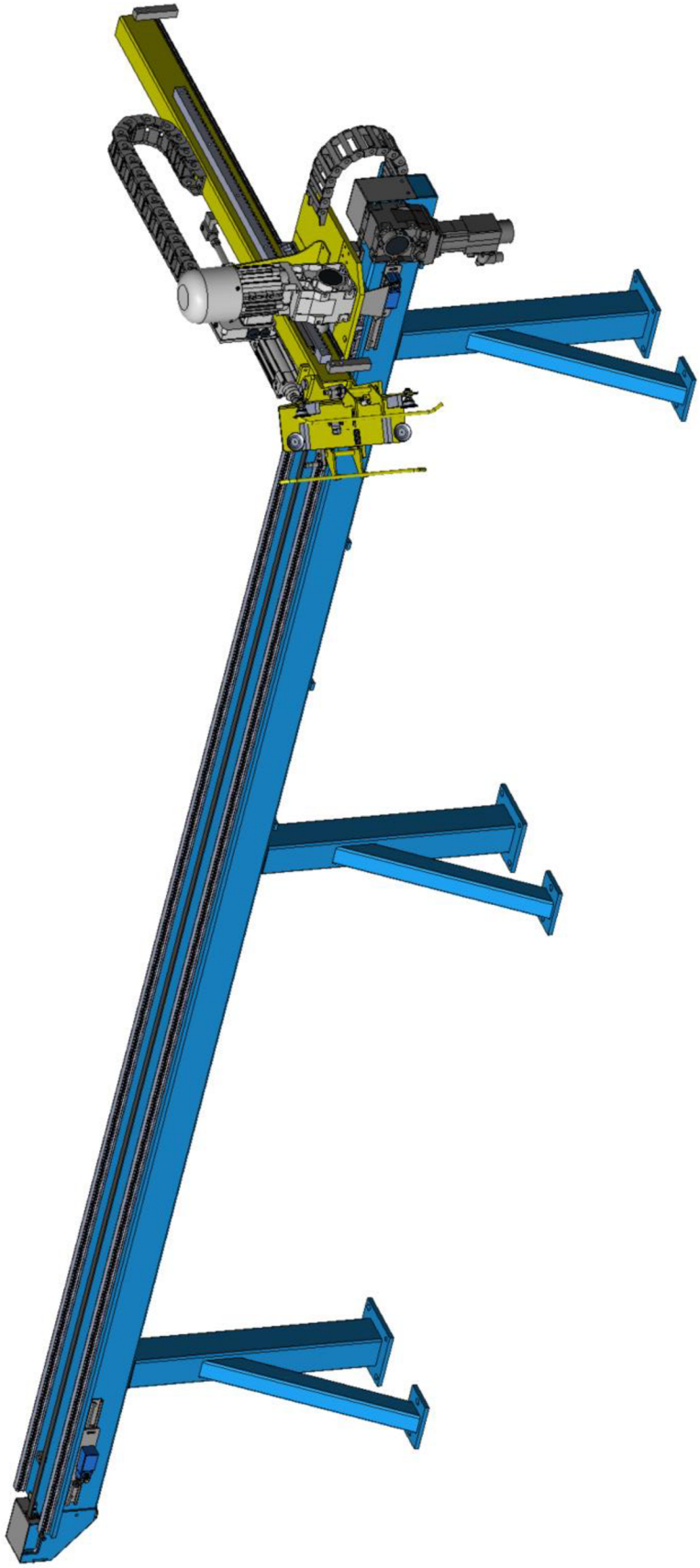


Obr. 66) Oboustranný vybavovací plech koncových snímačů příčného pojezdu



Obr. 67) Držák koncového spínače příčného pojezdu

Výsledný stroj je zobrazen na obr. 68.



Obr. 68) Sestava celého stroje – příčný pojezd a výsuvné rameno

8.3 Aplikátor lepidla

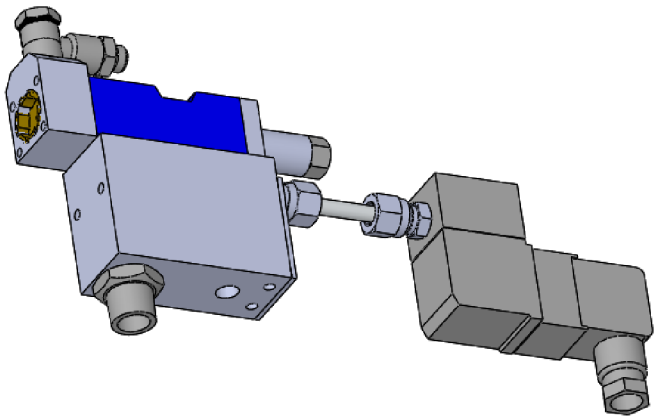
Aplikátor lepidla se sestává z tavící jednotky se spirální nástřikovou hlavou a aplikačního stojanu, který provede vertikální pohyb aplikační trysky. Návrh a konstrukce nového aplikačního stojanu je součástí řešení této práce.

8.3.1 Tavící jednotka

Pro aplikaci lepidla byla vybrána tavící jednotka lepidla (obr. 70) se spirální aplikační hlavou (obr. 69). Technici společnosti PHATEC provedli výběr dodavatele systému, kterým se nakonec stala italská společnost Lambertoni s tavící jednotkou Applicatore Hot Melt LF2/7. Dalšími možnými dodavateli byly společnosti Robatech nebo Nordson. Vytipované lepidlo je určeno pro maximální teplotu aplikace 170°C. Množství lepidla lze regulovat škrtícím ventilem.

Tavící jednotka se sestává z dílů:

- Tavící jednotka LF2/7 včetně zásobníku pro 7 kg lepidla, čerpadla a řídícího systému
- Vyhřívaná hadice 1/4“ o délce 5,2 m
- Pneumatická sprejovací hlava se spirální tryskou
- Pneumaticky ovládaný uzavírací ventil
- Pneumatický ventil pro rozstřikový vzduch



Obr. 69) 3D model nanášecí trysky

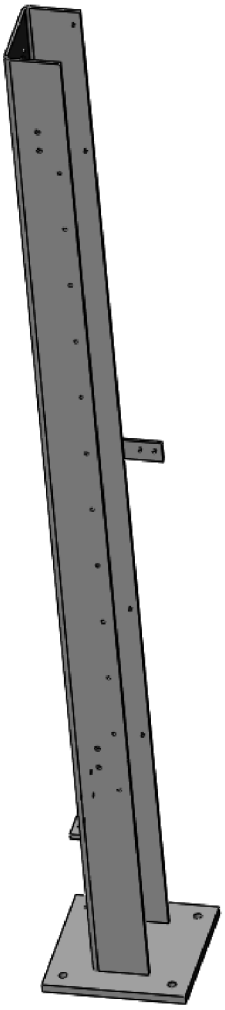
Obr. 70) Tavící jednotka LF2/7 [13]

8.3.2 Aplikační stojan

Účelem aplikačního stojanu je pohybovat nanášecí tryskou ve vertikálním směru tak, aby došlo k rovnoměrnému nanesení lepidla na povrch papírového rohu. Bude se skládat ze stojanu, lineárního vedení, pohonu, řemenového převodu, držáku pro aplikační trysku, snímačů, ochranných dorazů a energetického řetězu.

8.3.2.1 Rám aplikačního stojanu

Rám je řešen velice jednoduchým způsobem. Jedná se o svařenec sestávající se ze čtyř součástí. Hlavní nosnou součástí je válcovaný profil U, na který budou následně přivařeny nebo přimontovány všechny ostatní komponenty aplikačního stojanu (obr. 71). Kotvící plech slouží k připevnění stroje k zemi chemickou kotvou a k vyrovnání pozice stojanu pomocí odtlačovacích šroubů. Zbylé dvě součásti tohoto svařence budou vysvětleny později.



Obr. 71) Rám aplikátoru lepidla

8.3.2.2 Lineární vedení aplikátoru lepidla

Pro zajištění posuvné vazby použijeme stejný typ lineárního vedení, jako u pojezdu ramene. Jedná se o kolejnici HGR typu T od společnosti Hiwin. Tato kolejnice je opatřena závitovými montážními otvory uzpůsobenými pro montáž zespodu. Kolejnice bude umístěna do vnitřního

prostoru U profilu. Tak bude její montáž probíhat z vnější strany profilu, čímž bude montážnímu technikovi usnadněna.

Pohon vertikálního pohybu zajišťuje asynchronní motor s převodovkou. Stojan je opatřen difuzním snímačem pro detekci přítomnosti papírového rohu v pracovním prostoru aplikátoru lepidla.

Jako vozík jsem vybral typ HGH, protože je kompaktní, uzpůsobený pro montáž shora, a zároveň se stále jedná o levnou variantu.

8.3.2.3 Výběr pohonu

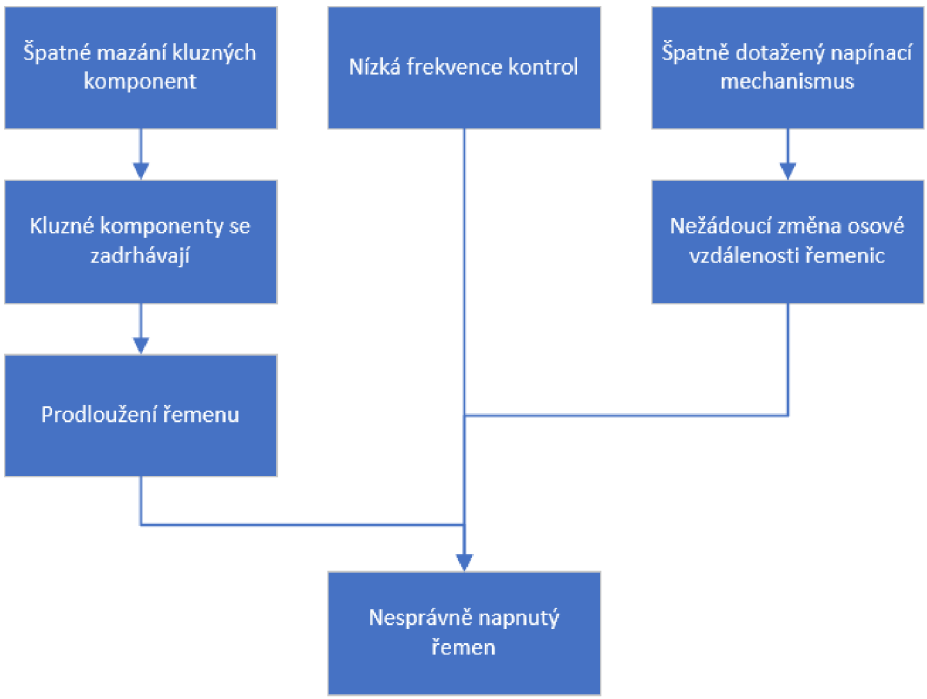
Na základě výpočtu v kapitole 9.2.1 jsem navrhl asynchronní motor o výkonu 0,12 kW. Na základě toho návrhu programátor vybral asynchronní motor IEC63-36S/4 o výkonu 0,12 kW s převodovkou SK 1SI40VF od společnosti NORD.

8.3.2.4 Napínací mechanismus a výběr řemenu

Důvod pro použití řemenu je dostatečná únosnost, nízká hlučnost, nízká cena a snadná dostupnost.

Napínání řemenu bude fungovat na principu změny osové vzdálenosti řemenic. Motor bude pevně uložen na rám aplikačního stojanu a nastavitelná bude druhá řemenice. Nyní existují dvě možnosti:

a) Motor bude ve spodní části stojanu a napínací mechanismus v horní části
b) Motor bude v horní části stojanu a napínací mechanismus ve spodní části



Obr. 72) Příklady zanedbání údržby řemenového převodu u aplikátoru lepidla

V případě, kdy je správně prováděna údržba, není mezi variantami a) a b) prakticky žádný rozdíl. V případě špatné údržby se ale může přihodit mnoho skutečností, které již mohou ovlivnit správnou funkci zařízení, a které zároveň mohou být eliminovány správným umístěním

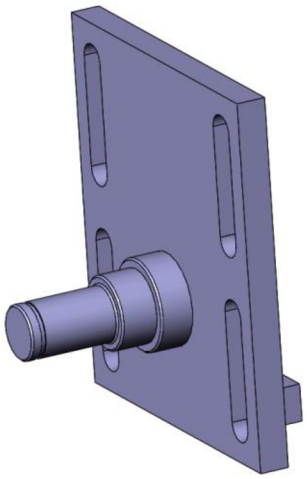
pohonu. Na obr. 72 jsou uvedeny příklady zanedbání údržby, které mají jako následek špatně napnutý řemen.

Na horní řemenici působí tíhová síla řemenu, která napomáhá k přilnutí řemenu a horní řemenice. Má-li tedy v důsledku špatného napnutí řemenu dojít k prokluzu mezi řemenem a řemenicí, dříve k němu dojde u spodní řemenice, a až při dalším povolení řemenu u řemenice horní. Při této aplikaci nesmí dojít k prokluzu u hnané řemenice, proto je vhodné umístit motor do horní části, tedy podle varianty b).

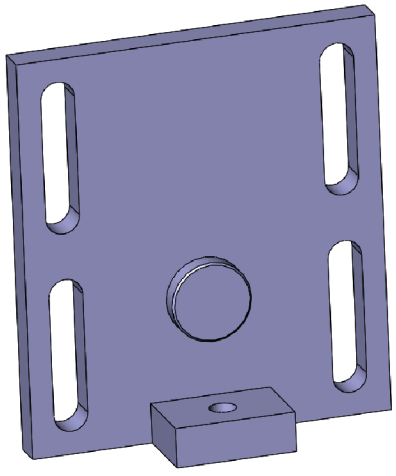
Pokud dojde k nedostatečnému utažení šroubů napínacího mechanismu, v důsledku čeho nebude napínací mechanismus zabezpečen proti pohybu, začne se napínací mechanismus díky tíhové síle pohybovat směrem dolů. U varianty a) tak dojde ke zmenšení osové vzdálenosti řemenic a tím k povolení řemenu. Naopak u varianty b) bude (ačkoli velmi málo) tíha napínacího mechanismu pomáhat s napnutím řemenu.

Motor a napínací mechanismus tedy umístíme podle varianty b).

Napínací mechanismus je složen ze svařence na obr. 73 a 74, tlačného šroubu (obr. 76) a opěrné destičky (obr 75). Svařenec je složený ze základní desky, čepu a destičky se závitem. Desku představuje plech s vypálenými drážkami pro upevňující šrouby a otvorem pro čep. Destička se závitem bude sloužit pro jemnou změnu polohy svařence.

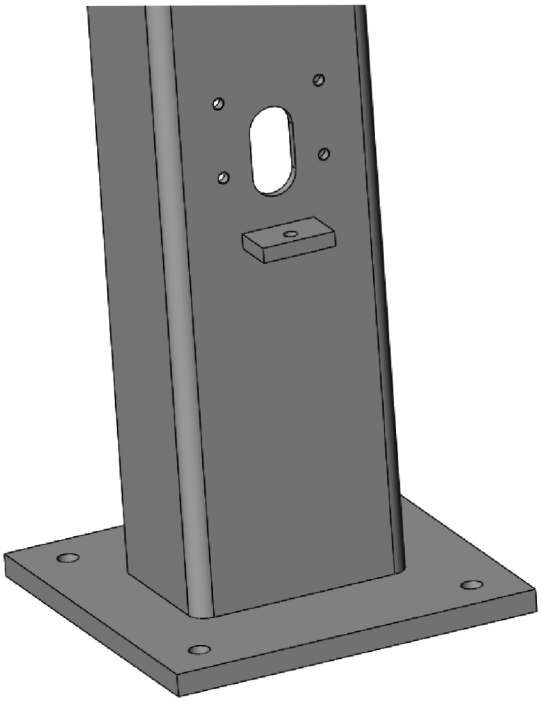


Obr. 73) Svařenec pro napnutí řemene, ze strany řemenice

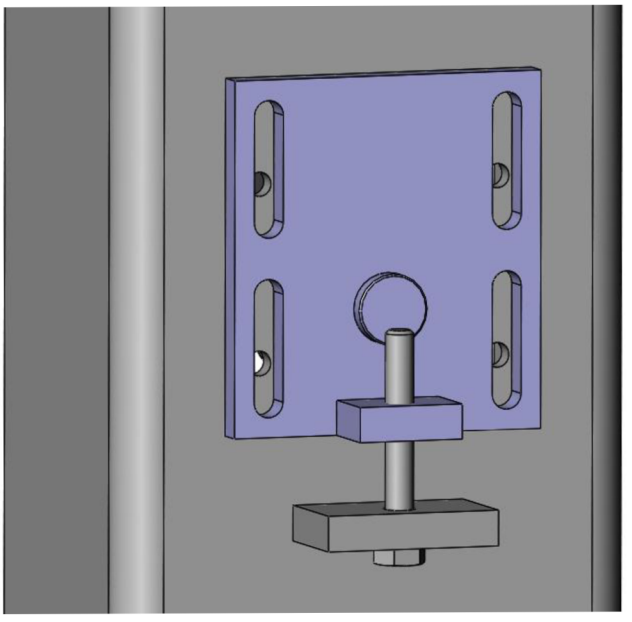


Obr. 74) Svařenec pro napnutí řemene, ze strany tlačného šroubu

V rámu aplikačního stojanu bude vypálen otvor pro průchod čepu a kolem něj budou vyvrtány čtyři závitové díry (obr. 75). Po upevnění svařence se na čep přes kuličkové ložisko uloží řemenice a do závitu ve svařenci se našroubuje tlačný šroub. Výsledné sestavení je zobrazeno na obr. 76 a obr. 77.



Obr. 75) Rám aplikátoru lepidla s opěrnou destičkou



Obr. 76) Vzájemné umístění svařence, tlačného šroubu a opěrné destičky

Obr. 77) Výsledné sestavení napínacího mechanismu včetně řemenice a řemenu

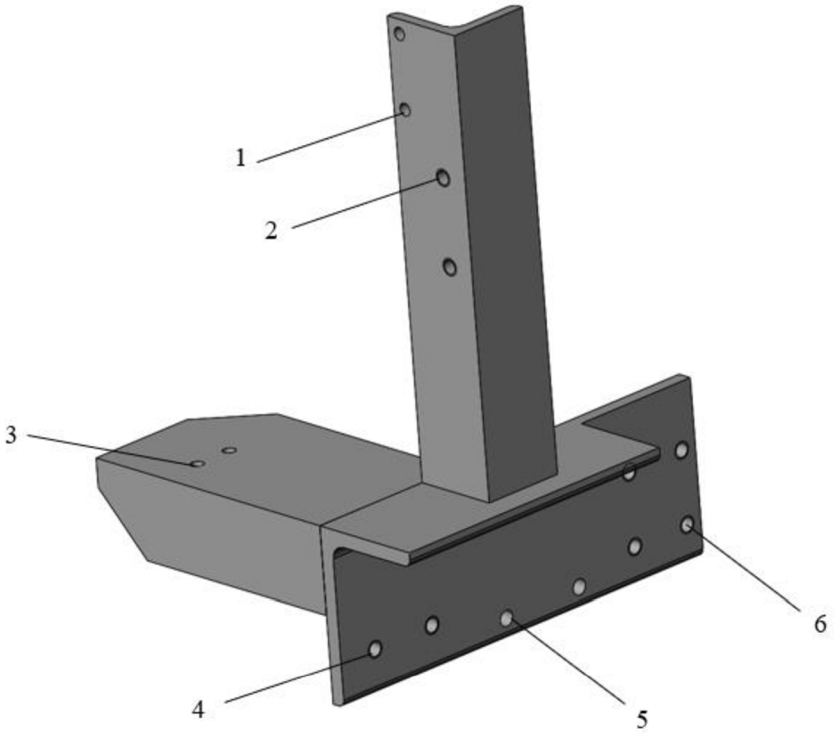
Řemenici jsem vybral 27 AT5/32-2F od společnosti HABERKORN, stejně jako pro příčný pojezd. Důvodem je zaměnitelnost dílů a minimální cenový rozdíl. Podrobný popis produktu je uveden v příloze 6. Výpočet potřebný k výpočtu šířky řemene, a tedy i typu řemenice, je uvedený v kapitole 9.2.2.

8.3.2.5 Jezdec aplikátoru lepidla

Jezdec aplikátoru lepidla je prvek, který zprostředkovává pevnou vazbu mezi vozíkem lineárního vedení a nanášecí tryskou uzpůsobenou k automatickému nanášení. Jezdec musí být navržen tak, aby obsahoval tyto náležitosti:

- Upevnění nanášecí trysky
- Uchycení jezdce k vozíku lineárního vedení
- Zajištění pevné vazby s řemenem
- Uchycení snímače pro snímání přítomnosti ochranného rohu
- Přichycení energetického řetězu
- Upevnění plechu pro vybavení koncového spínače
- Schopnost odolat nárazu do bezpečnostního dorazu.

Jezdec je znovu tvořen formou svařence. Pro jednoduchost a pevnost jsou součásti použité do svařence vytvořeny z L profilů. Koupená nanášecí tryska je navržena pro montáž zespodu, což musíme při návrhu jezdce také zohlednit. Návrh jezdce je zobrazen na obr. 78.



Obr. 78) Jezdec aplikátoru lepidla

1. Dvě závitové díry pro upevnění fotoelektrického snímače
2. Dvě závitové díry pro upevnění vybavovacího plechu pro snímače koncové polohy
3. Dvě díry pro šrouby k upevnění nanášecí trysky
4. Dvě závitové díry pro uchycení energetického řetězu
5. Čtyři díry pro šrouby k uchycení jezdce k vozíku lineárního vedení
6. Čtyři závitové díry pro uchycení jezdce k řemenu

Snímače

Pro správnou funkci aplikátoru lepidla je zapotřebí tří snímačů. Jednoho snímače pro detekci přítomnosti ochranného rohu a dva koncové spínače detekující přítomnost trysky v mezních polohách.

Pro detekci přítomnosti papírového rohu byl elektro projektantem vybrán snímač S100-PR-2-M00-PH vyroben společností DATALOGIC a dodaný společností OEM Automatic. Jedná se o miniaturní fotoelektrický snímač s detekční vzdáleností 30-100 mm. Podrobné informace o produktu jsou uvedeny v příloze 3.

Pro detekci přítomnosti trysky v mezních polohách byly opět vybrány koncové snímače XCKN2118P20. Vybavovací plech a upevnění těchto koncových snímačů je řešeno stejným způsobem jako u koncových snímačů příčného pojezdu.

8.4 Zásobník ochranných rohů

Požadavky kladeny na zásobník ochranných rohů jsou následující:

- Kapacita 200 ochranných rohů
- Co nejjednodušší konstrukce

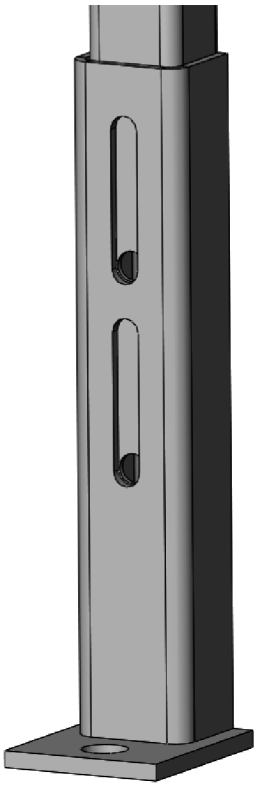
- Spolehlivé uchování papírových rohů ve svislé poloze
- Zajištění bezproblémového odběru papírových rohů výsuvným ramenem

Vzhledem k velikosti zástavbového prostoru rozdělíme zásobník na čtyři porty o kapacitách 50 rohů. Jednoduchá konstrukce je zajištěna použitím jednoduchých komponent. Hlavním prvkem bude čtvercový profil. Rám konstrukce bude svařenec složený z již zmíněných čtvercových profilů a plechu sloužícího jako podlaha pro papírové rohy (obr. 79).

Pro možnost nastavení ideální výšky zásobníku, ať už při instalaci, nebo při budoucí změně rozměrů ochranných rohů, budou nohy zásobníku opatřeny U profilem s drážkami pro šroub (obr. 80). Ze spodu profilu je opět navařena pata s otvorem pro kotvení do země.

Ochranné rohy mají velmi vysoký poměr rozměrů délka : šířka, a tím se stávají ve svislé poloze velmi nestabilními, náchylnými k pádu. Proto musíme dodat takové silové působení, aby bylo pádu zamezeno. Toho docílíme použitím těsnících kartáčů (obr. 81). Vložením papírového rohu do kartáče způsobíme elastickou deformaci štětin. Jejich tendence vrátit se do původní polohy pomůže rohům udržet se ve svislé poloze.

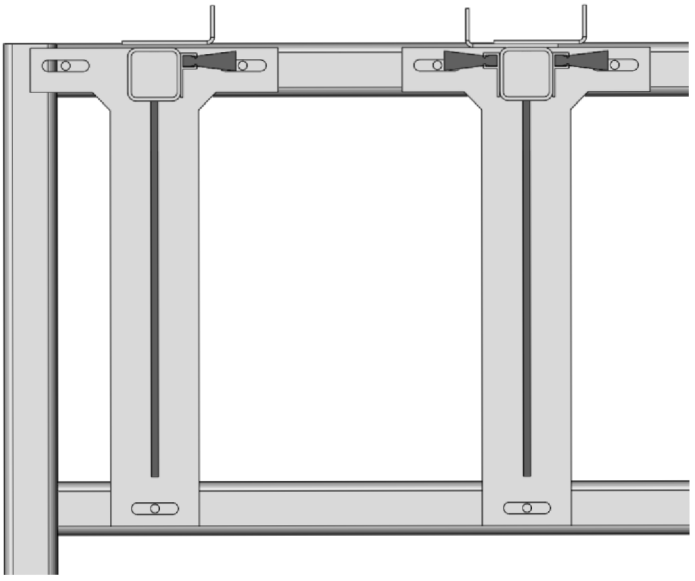
Obr. 79) Rám zásobníku



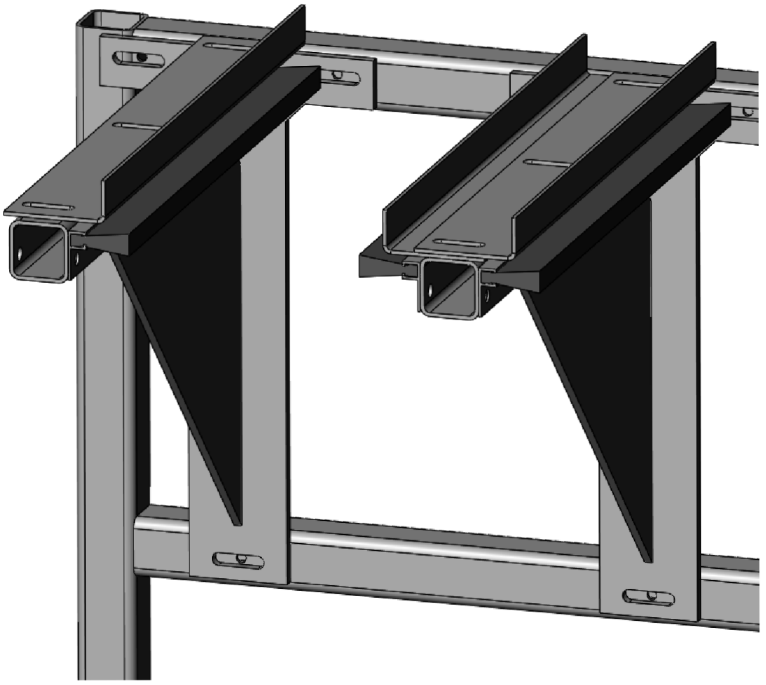
Obr. 80) Nastavení výšky zásobníku

Obr. 81) Těsnící kartáč [15]

Každý ze čtyř portů bude mít po obou stranách tento kartáč pro dostatečné upevnění papírových rohů z obou stran (obr. 82, obr. 83). Nastavení velikosti prostoru pro papírové rohy je opět zařízeno pomocí drážek a šroubového spoje. Z testů provedených v montážní hale vyplývá, že kartáče sice papírové rohy podrží, avšak nezajistí jejich přesnou polohu. Může se tedy stát, že obsluha doplní rohy do zásobníku tak, že jsou kartáče nerovnoměrně zatíženy a papírové rohy jsou v nevhodné pozici pro odběr manipulátorem. Proto byly ke kartáčům navíc přidány i vodící lišty, opět nastavitelné šroubovým spojem a drážkou. Vodící lišty přidáme i na plech ve spodní části portu.

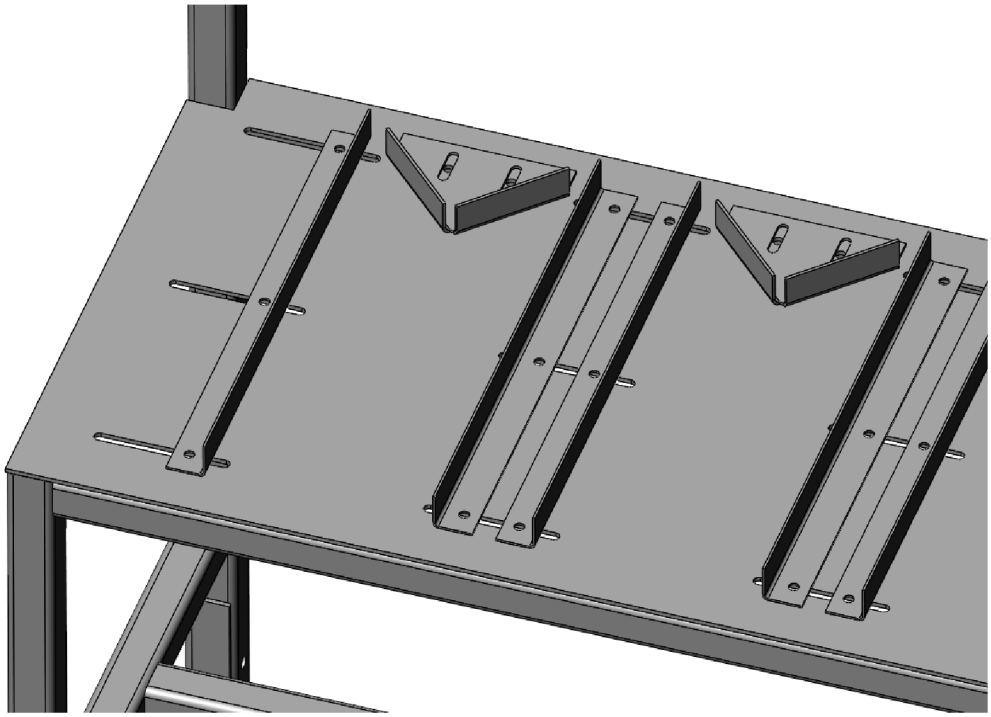


Obr. 82) Umístění těsnících kartáčů v portech zásobníku. zepředu



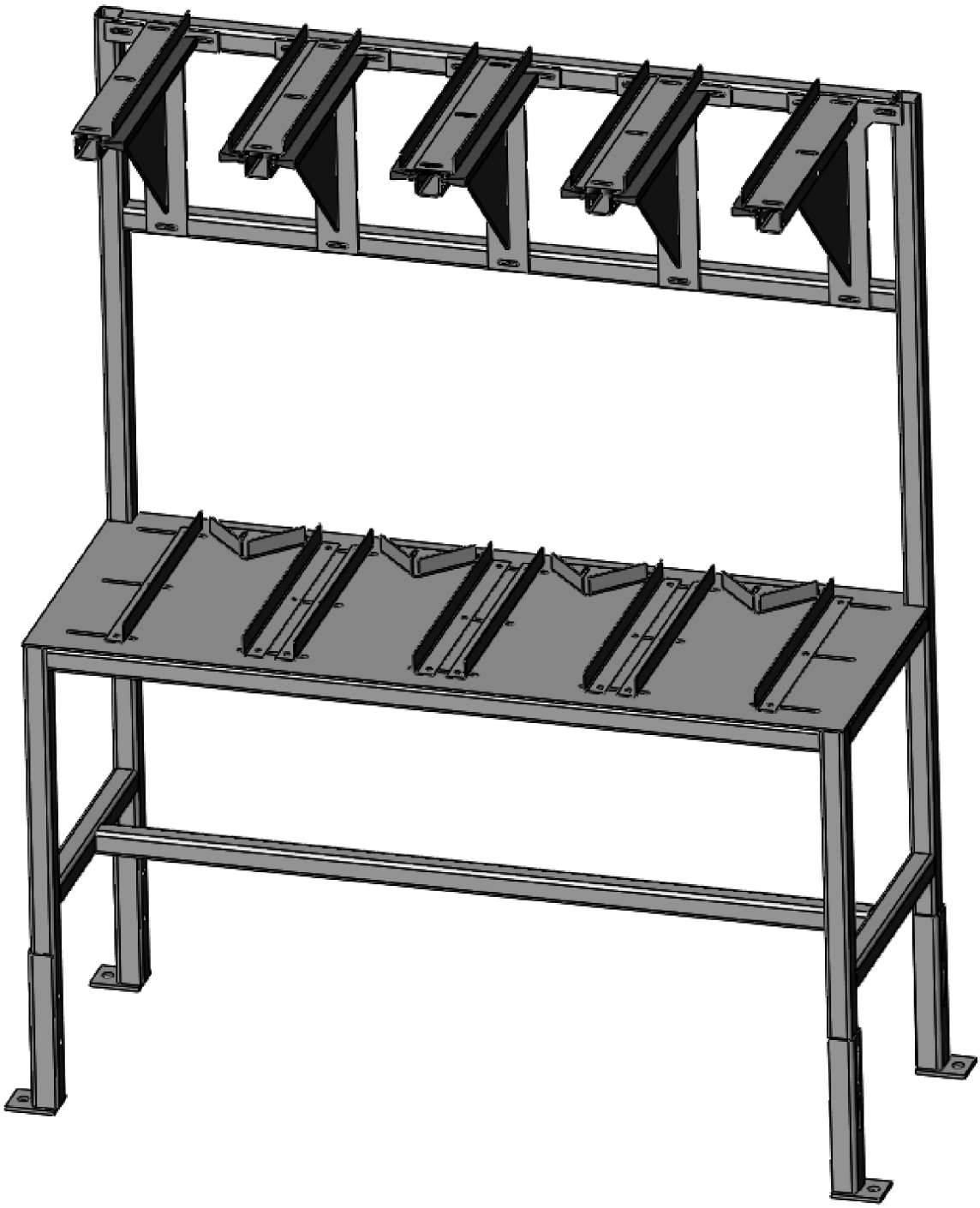
Obr. 83) Umístění těsnících kartáčů v portech zásobníku

Dalším problémem při doplňování papírových rohů je jejich natočení. Proto je na konci každého portu tvarový doraz (obr. 84) zajišťující správné natočení rohů vůči manipulátoru, a tedy jejich bezproblémovou manipulaci.

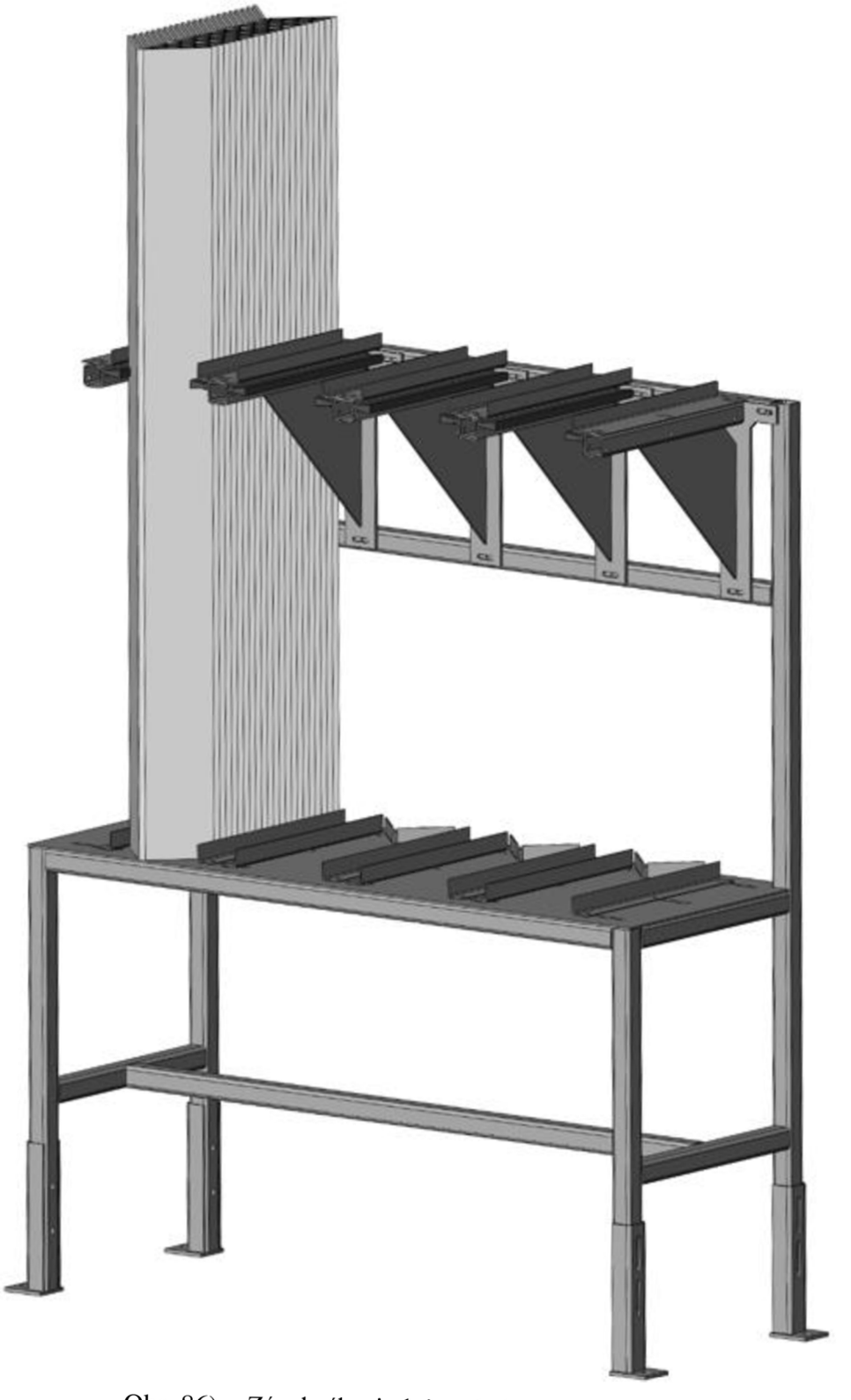


Obr. 84) Způsob korigování velikostí a polohy spodní části portů

Kompletní zásobník je zobrazen na obr. 85 a pro porovnání je na obr. 86 zásobník s jedním portem naplněným padesáti rohy.

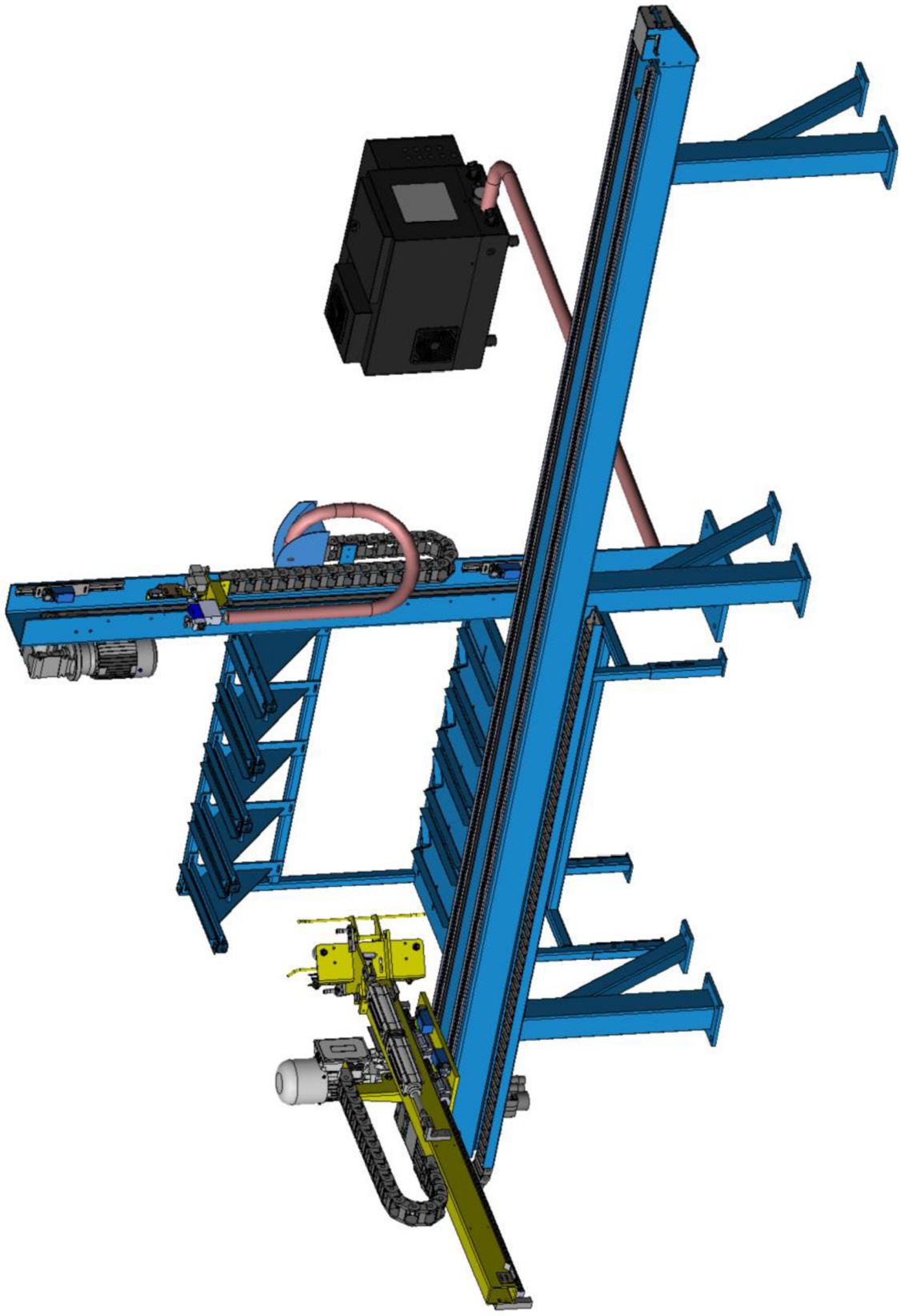


Obr. 85) Kompletní sestava zásobníku ochranných rohů



Obr. 86) Zásobník s jedním plným portem o 50 rozích

Na obr. 87 je zobrazen celý systém aplikace ochranných rohů tak, jak bude přikotven ve výrobním provozu.



Obr. 87) Ustavení kompletního systému pro aplikaci ochranných rohů

9 VÝPOČTY VYBRANÝCH KOMPONENT

9.1 Příčný pojezd

9.1.1 Výpočet výkonu pohonu

Známé parametry:

$v_x = 30\frac{m}{min} = 0{,}5\frac{m}{s}$ … maximální rychlost posuvu

$t_{rx} = 0{,}5s$ … doba rozjezdu do maximální rychlosti

$m_x = 78{,}13\ kg$ … hmotnost pohyblivé části příčného pojezdu

$d_ř = 51mm$ … průměr řemenice

Prvně vypočteme třecí sílu způsobenou lineárním vedením podle vzorce uváděného výrobcem.[19]

$$F_{Tx} = \mu * W + S \tag{8}$$
$$F_{Tx} = \mu * m_x * g + S$$
$$F_{Tx} = 0{,}004 * 766{,}5 + 4$$
$$F_{Tx} = 7{,}07\ N$$

Kde:

μ = 0,004 … třecí koeficient, hodnota převzata z katalogu výrobce [19]

W … zátěž [N]

S = 4 N … třecí odpor způsobený těsněním, výrobce uvádí odpor 2 N za každé těsnění [19]

Pro vypočtení síly potřebné pro rozjezd potřebujeme požadované zrychlení. To jednoduše získáme z maximální rychlosti posuvu a času rozjezdu.

$$a_x = \frac{v_x}{t_{rx}} = \frac{0{,}5}{0{,}5} = 1\frac{m}{s^2} \tag{9}$$

Nyní můžeme vypočíst samotnou sílu.

$$F_x = m_x * \ a + F_{Tx} \tag{10}$$
$$F_x = 78{,}13 * 1 + 7{,}07$$
$$F_x = \ 85{,}2\ N$$

Moment potřebný pro vyvození síly F_x pak získáme vzorcem:

$$M_{k_{x1}} = F_x * \frac{d_ř}{2} \tag{11}$$
$$M_{kx_1} = 85{,}2 * \frac{0{,}051}{2}$$
$$M_{k_{x1}} = 2{,}17\ Nm$$

Pro vypočtený moment budeme chtít zjistit dráhu, za kterou se pojezd rozjede, tedy kolik otáček řemenice za rozjezd vykoná. Ze zrychlení a času rozjezdu určíme dráhu s_{rx}, a pak ji podělíme obvodem řemenice $O_{ř}$.

$$O_{ř} = \pi * d_{ř} \tag{12}$$
$$O_{ř} = 160{,}22\ mm$$

$$s_{rx} = \frac{1}{2} * a_x * t_{rx}^2 \tag{13}$$
$$s_{rx} = \frac{1}{2} * 1 * 0{,}5^2$$
$$s_{rx} = 125\ mm$$

$$\frac{S_{rx}}{O_{ř}} = \frac{125}{160{,}22} \tag{14}$$
$$\frac{S_{rx}}{O_{ř}} = 0{,}78\ ot$$

Nyní víme, že při zrychlení z klidového stavu do plné rychlosti stačí 0,78 otáčky řemenice. Jestliže je doba zrychlení 0,5 sekundy, pak otáčky za minutu získáme:

$$n_x = 0{,}78\frac{ot}{0{,}5s} \tag{15}$$
$$n_x = 1{,}56\frac{ot}{s}$$
$$n_x = 93{,}6\ \frac{ot}{min}$$

Výkon potřebný pro rozjezd pak vypočteme známým vzorcem:

$$P_{rx} = M_{kx1} * \omega_x \tag{16}$$
$$P_{rx} = M_{kx1} * \frac{2\pi n}{60}$$
$$P_{rx} = 2{,}17 * \frac{2\pi * 93{,}6}{60}$$
$$P_{rx} = 21{,}27\ W$$

Kromě rozjezdu je potřeba, aby byl pohon schopen vyvinout dostatečnou sílu pro přitlačení ochranného rohu na roh palety. Z experimentálních testů bylo zjištěno, že přítlačná síla potřebná pro bezpečné přilepení ochranného rohu je F_{tl} = 200 N. K momentu potřebnému pro rozjezd připočteme navíc moment potřebný pro přitlačení ochranného rohu.

$$M_{kx2} = F_{tl} * \frac{d_{ř}}{2} \tag{17}$$

$$M_{kx2} = 200 * \frac{0{,}051}{2}$$
$$M_{kx2} = 5{,}1\ Nm$$

$$M_{kx} = M_{kx1} + M_{kx2} \quad (18)$$
$$M_{kx} = 2{,}17 + 5{,}1$$
$$M_{kx} = 7{,}27\ Nm$$

Výkon potřebný pro rozjezd a přitlačení pak vypočteme známým vzorcem:

$$P_x = M_{kx} * \frac{2\pi * n_x}{60} \quad (19)$$
$$P_x = 7{,}27 * \frac{2\pi * 93{,}6}{60}$$
$$P_x = 71{,}26\ W$$

Vezmeme-li v úvahu účinnosti obsažených komponent a bezpečnostní koeficient, vyjde nám skutečný výkon:

$$P_{xSkut} = \frac{P_x * k_{bezp}}{\eta_{př} * \eta_{ř} * \eta_{eř}} \quad (20)$$
$$P_{xSkut} = \frac{71{,}26 * 2}{0{,}96 * 0{,}96 * 0{,}8}$$
$$P_{xSkut} = 193{,}3\ W$$

Kde:

k_{bezp} … zvolený bezpečnostní koeficient

$\eta_{př}$ … účinnost převodovky motoru [17]

$\eta_{ř}$ … účinnost řemenu [18]

$\eta_{eř}$ … odhad ztráty účinnosti způsobené ohybem energetického řetězu a kabeláže

Minimální výkon pohonu potřebný pro správný a bezpečný provoz je tedy 193,3W.

9.1.2 Návrh převodu ozubeným řemenem

Výpočet šířky řemenu jsem prováděl na základě technického pokynu pro ozubené řemeny od společnosti Norelem. [11]

Nejprve je třeba určit celkový provozní faktor. Ten je podle uvedeného dokumentu získán jako součin bezpečnostního faktoru a činitele zrychlení. Bezpečnostní faktor funguje jako rozlišení rovnoměrného a špičkového zatížení. Pro pohon rovnoměrného zatížení je bezpečnostní faktor $c_1 = 1{,}0$. Pro pohon se špičkovým zatížením nebo velkoobjemovou zátěží je pak bezpečnostní faktor:

a) lehký $c_1 = 1{,}4$
b) střední $c_1 = 1{,}7$

c) těžký $c_1 = 2,0$

V technickém pokynu již však není uvedeno, jakým způsobem zvolit bezpečnostní faktor. Zvolil jsem tedy faktor pro pohon se středním špičkovým zatížením $c_{1x} = 1,7$.

Činitel zrychlení platí pouze pro převody do rychlosti. Dokument již neuvádí hodnotu činitele zrychlení pro převody do pomala, ale usuzuji, že bude $c_{2x} = 1$, aby byl jeho vliv vynulován. Celkový provozní faktor pak bude:

$$c_{0x} = c_1 * c_2 \tag{21}$$
$$c_{0x} = 1,7 * 1$$
$$c_{0x} = 1,7$$

Nyní je potřeba vypočítat počet zubů v záběru. Není důvod, aby měly řemenice různé průměry, takže pokud budou obě řemenice stejně velké, bude úhel opásání $\beta_x = 180°$. Pak můžeme dosadit do vzorce:

$$z_{ex} = \frac{\beta_x}{360} * z_{kx} \tag{22}$$
$$z_{ex} = \frac{180}{360} * 32$$
$$z_{ex} = 16$$

Kde:

z_{kx} … počet zubů řemenice osy X

Než přejdeme k výpočtu šířky řemene, musíme určit tzv. specifický výkon. Jeho určení provedeme podle tabulky na první straně [11], budeme k tomu však potřebovat maximální počet otáček, za jakých bude řemenice pracovat. To zjistíme jednoduše z maximální rychlosti v_x a již vypočteného obvodu řemenice $O_{ř}$.

$$n_{maxX} = \frac{v_x}{O_{ř}} \tag{23}$$
$$n_{maxX} = \frac{10000}{160,22}$$
$$n_{maxX} = 62,4\ \frac{ot}{min}$$

V tabulce „Dělení AT 5“ v [11] je nejbližší vyšší hodnota otáček 80, které odpovídají hodnoty specifického momentu M_{specX} a specifického výkonu P_{specX} zobrazené na obr. 88.

200	3,448	0,722

Obr. 88) Specifický výkon a moment vzhledem k otáčkám řemenice příčného pojezdu

Nyní můžeme přejít k výpočtu samotné šířky řemene:

$$b_x = \frac{P_{mx} * 1000 * c_0}{z_{kx} * z_{ex} * P_{specX}} \tag{24}$$
$$b_x = \frac{0,25 * 1000 * 1,7}{32 * 16 * 0,722}$$
$$b_x = 1,15\ cm = 11,5\ mm$$

Kde:

P_{mx} … výkon vybraného motoru pro osu X

Nejbližší větší velikost šířky řemene je 16 mm.

Délku řemene vypočteme jako:

$$L_x = 2 * A_x + z_k * t \tag{25}$$
$$L_x = 2 * 3835 + 32 * 5$$
$$L_x = 7830\ mm$$

Kde:

t … rozteč zubů

A_x … osová vzdálenost řemenic osy X

Na základě těchto výpočtů jsem vybral řemen 16 AT5 – 7830.

9.2 Aplikátor lepidla

9.2.1 Výpočet výkonu pohonu

Známé parametry:

$v_z = 10\frac{m}{min} = \frac{1}{6}\frac{m}{s}$ … maximální rychlost posuvu

$t_{rz} = 0{,}5s$ … doba rozjezdu do maximální rychlosti

$m_z = 20\ kg$ … hmotnost pohyblivé části aplikátoru lepidla

$d_ř = 51$ mm … průměr řemenice

Prvně vypočteme třecí sílu způsobenou lineárním vedením podle vzorce uváděného výrobcem.[19]

$$F_{Tz} = \mu * W + S \tag{26}$$
$$F_{Tz} = \mu * m_z * g + S$$
$$F_{Tz} = 0{,}004 * 20 * 9{,}81 + 4$$
$$F_{Tz} = 4{,}8\ N$$

Kde:

$\mu = 0{,}004$ … třecí koeficient, hodnota převzata z katalogu výrobce [19]

W … zátěž [N]

S = 4 N … třecí odpor způsobený těsněním, výrobce uvádí odpor 2 N za každé těsnění [19]

Pro vypočtení síly potřebné pro rozjezd potřebujeme, aby se síly působící na řemen rovnal požadovanému zrychlení:

$$\sum F_z = a_z \tag{27}$$

$$F_a - F_{Gz} - F_{Tz} = \frac{v_z}{t_{rz}} \tag{28}$$

$$F_a = \frac{v_z}{t_{rz}} + m_z * g + F_{Tz}$$

$$F_a = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{1}{2}} + 20 * 9{,}81 + 4{,}8$$

$$F_a = 201{,}3\ N$$

Moment potřebný pro vyvození síly F_a pak získáme vzorcem:

$$M_{kz} = F_a * \frac{d_{ř}}{2} \tag{29}$$

$$M_{kz} = 201{,}3 * \frac{0{,}051}{2}$$

$$M_{kz} = 5{,}13\ Nm$$

Pro vypočtený moment budeme chtít zjistit dráhu, za kterou se pojezd rozjede, tedy kolik otáček řemenice za rozjezd vykoná. Z rychlosti a času rozjezdu určíme dráhu s_{rz}, a pak ji podělíme obvodem řemenice $O_{ř}$.

$$O_{ř} = \pi * d_{ř} \tag{30}$$

$$O_{ř} = 160{,}22\ mm$$

$$s_{rz} = \frac{1}{2} * v_z * t_{rz} \tag{31}$$

$$s_{rz} = \frac{1}{2} * \frac{1}{6} * 0{,}5$$

$$s_{rz} = 0{,}0417m = 41{,}7\ mm$$

$$\frac{S_{rz}}{O_{ř}} = \frac{41{,}7}{160{,}22} \tag{32}$$

$$\frac{S_{rz}}{O_{ř}} = 0{,}26\ ot$$

Nyní víme, že při zrychlení z klidového stavu do plné rychlosti stačí 0,26 otáčky řemenice. Jestliže je doba zrychlení 0,5 sekundy, pak otáčky za minutu získáme:

$$n_z = 0{,}26 \frac{ot}{0{,}5s} \tag{33}$$

$$n_z = 0{,}52 \frac{ot}{s}$$

$$n_z = 31{,}2\ \frac{ot}{min}$$

Výkon potřebný pro rozjezd pak vypočteme známým vzorcem:

$$P_{rz} = M_{kz} * \omega_{rz} \tag{34}$$

$$P_{rz} = M_{kz} * \frac{2\pi n_z}{60}$$

$$P_{rz} = 5{,}13 * \frac{2\pi * 31{,}2}{60}$$

$$P_{rz} = 16{,}76\ W$$

Vezmeme-li v úvahu účinnosti obsažených komponent a bezpečnostní koeficient, vyjde nám skutečný výkon:

$$P_{zSkut} = \frac{P_z * k_{bezp}}{\eta_{př} * \eta_{ř} * \eta_{eř} * \eta_h} \quad (35)$$

$$P_{zSkut} = \frac{16{,}76 * 2}{0{,}96 * 0{,}96 * 0{,}8 * 0{,}8}$$

$$P_{zSkut} = 56{,}8\ W$$

Kde:

k_{bezp} … zvolený bezpečnostní koeficient

$\eta_{př}$ … účinnost převodovky motoru [17]

$\eta_{ř}$ … účinnost řemenu [18]

$\eta_{eř}$ … odhad ztráty účinnosti způsobené ohybem energetického řetězu a kabeláže

η_h … odhad ztráty účinnosti způsobené ohybem hadice přívodu taveného lepidla

Minimální výkon pohonu potřebný pro správný a bezpečný provoz je tedy 56,8 W. Navrhl jsem tedy motor o nejbližším vyšším výkonu, a to o výkonu 0,12 kW.

9.2.2 Návrh převodu ozubeným řemenem

Výpočet šířky řemenu jsem prováděl na základě technického pokynu pro ozubené řemeny od společnosti Norelem. [11]

Nejprve je třeba určit celkový provozní faktor. Ten je podle uvedeného dokumentu získán jako součin bezpečnostního faktoru a činitele zrychlení. Bezpečnostní faktor funguje jako rozlišení rovnoměrného a špičkového zatížení. Pro pohon rovnoměrného zatížení je bezpečnostní faktor $c_1 = 1{,}0$. Pro pohon se špičkovým zatížením nebo velkoobjemovou zátěží je pak bezpečnostní faktor:

d) lehký $c_1 = 1{,}4$
e) střední $c_1 = 1{,}7$
f) těžký $c_1 = 2{,}0$

V technickém pokynu již však není uvedeno, jakým způsobem zvolit bezpečnostní faktor. Zvolil jsem tedy faktor pro pohon se středním špičkovým zatížením $c_{1z} = 1{,}7$.

Činitel zrychlení platí pouze pro převody do rychlosti. Dokument již neuvádí hodnotu činitele zrychlení pro převody do pomala, ale usuzuji, že bude $c_{2z} = 1$, aby byl jeho vliv vynulován. Celkový provozní faktor pak bude:

$$c_{0z} = c_1 * c_2 \quad (36)$$

$$c_{0z} = 1{,}7 * 1$$

$$c_{0z} = 1{,}7$$

Nyní je potřeba vypočítat počet zubů v záběru. Není důvod, aby měly řemenice různé průměry, takže pokud budou obě řemenice stejně velké, bude úhel opásání β_z = 180°. Pak můžeme dosadit do vzorce:

$$z_{ez} = \frac{\beta_z}{360} * z_k \tag{37}$$

$$z_{ez} = \frac{180}{360} * 32$$

$$z_{ez} = 16$$

Kde:

z_{kz} … počet zubů řemenice

Než přejdeme k výpočtu šířky řemene, musíme určit tzv. specifický výkon. Jeho určení provedeme podle tabulky na první straně [11], budeme k tomu však potřebovat maximální počet otáček, za jakých bude řemenice pracovat. To zjistíme jednoduše z maximální rychlosti v_z a již vypočteného obvodu řemenice $O_ř$.

$$n_{maxZ} = \frac{v_z}{O_ř} \tag{38}$$

$$n_{maxZ} = \frac{10000}{160{,}22}$$

$$n_{maxZ} = 62{,}4\ \frac{ot}{min}$$

V tabulce „Dělení AT 5“ v [11] je nejbližší vyšší hodnota otáček 80, které odpovídají hodnoty specifického momentu M_{specZ} a specifického výkonu P_{specZ} zobrazené na obr. 89.

80	3,623	0,304

Obr. 89) Specifický výkon a moment vzhledem k otáčkám řemenice aplikátoru lepidla

Nyní můžeme přejít k výpočtu samotné šířky řemene:

$$b_x = \frac{P_{mz} * 1000 * c_0}{z_{kz} * z_{ez} * P_{specZ}} \tag{39}$$

$$b_x = \frac{0{,}12 * 1000 * 1{,}7}{32 * 16 * 0{,}304}$$

$$b_x = 1{,}315\ cm = 13{,}15\ mm$$

Kde:

P_{mz} … výkon vybraného motoru pro osu Z

Nejbližší větší velikost šířky řemene je 16 mm.

Délku řemene vypočteme jako:

$$L_x = 2 * A_z + z_k * t \tag{40}$$

$$L_x = 2 * 1545 + 32 * 5$$

$$L_x = 3250\ mm$$

Kde:

t … rozteč zubů

A_z … osová vzdálenost řemenic osy Z

Vybraný řemen tedy bude 16 AT5 – 3250.

9.3 Výsuvné rameno

Pohyb výsuvného ramene je zajištěn pastorkem a ozubeným hřebenem. Vzhledem k nízkým silám potřebným k vykonání funkce výsuvného ramene (pohyb ramene a přitlačení rohu na zboží) není nutné provádět návrh převodu na základě pevnostních výpočtů. Rozměry pastorku a ozubeného řemene byly určeny na základě odhadu a prostorových možností. Následně byl v systému MITCalc proveden výpočet potřebného výkonu pohonu a kontrolní pevnostní výpočty převodu. Protokol výpočtu je uveden v příloze 8.

Pro výpočet přenášeného výkonu bylo třeba zadat sílu na hřebenu F_t a rychlost posuvu v_y.

$$F_t = m_y * a + F_{tl} \tag{41}$$

$$F_t = m_y * \frac{v_y}{t_{ry}} + F_{tl}$$

$$F_t = 35 * \frac{0{,}25}{0{,}5} + 200$$

$$F_t = 217{,}5\ N$$

Kde:

m_y … hmotnost ramene [kg]

v_y … maximální rychlost posuvu ramene [m/s]

t_{ry} … doba rozjezdu ramene [s]

F_{tl} … přítlačná síla při aplikaci papírového rohu [N]

Po zadání těchto parametrů byl systémem vypočten potřebný výkon 54 W. Navrhl jsem proto standardní asynchronní motor o nejbližším vyšším výkonu, a to o výkon 0,12 kW.

Měrné zatížení je dle protokolu pouze 3,48 MPa (obr. 90), zatímco povolené napětí je řádově vyšší (obr. 91).

12.7 Tečné zatížení na jednotkovou šířku zubu / měrné zatížení	wt | wt*	8,70	3,48	[N/mm | MPa]

Obr. 90) Měrné zatížení ozubení

10.0	☑ Napětí a koeficienty bezpečnosti				
10.1	Na únavu v dotyku	SH	1,39	2,20	
10.2	Na únavu v ohybu	SF	4,59	4,79	
10.3	V dotyku při jednorázovém přetížení	SHst	2,53	2,87	
10.4	V ohybu při jednorázovém zatížení	SFst	10,01	9,83	
10.5	Variační součinitel pro výpočet pravděpodobnosti poruchy	vH/vF	0,06	0,1	
10.6	Pravděpodobnost poruchy	P	0,00		[%]
10.7	Jmenovité napětí v dotyku	SigmaH0	182,00		[MPa]
10.8	Výpočtové napětí v dotyku	SigmaH	547,48	482,80	[MPa]
10.9	Mez únavy v dotyku	SigmaHG	760,95	1060,95	[MPa]
10.10	Dovolené napětí v dotyku	SigmaHP	585,35	816,12	[MPa]
10.11	Jmenovité napětí v ohybu v patě zubu	SigmaF0	9,62	9,79	[MPa]
10.12	Výpočtové napětí v ohybu v patě zubu	SigmaF	47,79	48,67	[MPa]
10.13	Mez únavy v ohybu	SigmaFG	219,53	233,14	[MPa]
10.14	Dovolené napětí v ohybu	SigmaFP	137,21	145,71	[MPa]

Obr. 91) Maximální napětí ozubení

10 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE A KOMENTÁŘ K VÝKRESOVÉ DOKUMENTACI

Po dokončení konstrukčního návrhu následuje proces tvorby výkresové dokumentace, bez které by nebylo možno stroj vyrobit a smontovat.

- 411 001 APLIKÁTOR ROHŮ
  - Hlavní sestava celého systému aplikace ochranných rohů
- 411 002 RAMENO
  - Montážní sestava výsuvného ramene
- 411 003 ZÁSOBNÍK
  - Montážní sestava zásobníku ochranných rohů
- 411 004 VOZÍK
  - Montážní sestava vozíku příčného pojezdu
- 411 056 APLIKÁTOR LEPIDLA
  - Montážní sestava aplikátoru lepidla

Číslování výkresů je dle firemního standardu takové, že první trojčíslí je pořadové číslo stroje. Druhé trojčíslí udává, na kterou část stroje je výkres zhotovován:

- 001 – 099 jsou montážní sestavy a tím, že 001 je vždy číslo hlavní sestavy stroje.
- 100-199 jsou výrobní výkresy svařenců.
- 200-599 jsou výrobní výkresy součástí, jejichž nadsestava je svařenec
- 600-999 jsou výrobní výkresy součástí, jejichž nadsestava je montážní výkres

Výkresy jsou zhotoveny tak, aby odpovídaly normám ČSN, standardům společnosti PHATEC, a zároveň aby respektoval technologické a výrobní možnosti společnosti.

11 ANALÝZA RIZIK NOVÉHO STROJE A PRACOVIŠTĚ

Analýza rizik pro strojní zařízení je jedním z mála dokumentů vyžadovaných přímo strojní směrnicí (2006/42/ES). Již tento parametr tedy naznačuje jeho vysokou důležitost při konstrukci a návrhu strojů a řešení jejich bezpečnosti. Strojní směrnice jako taková v principu vyžaduje analýzu rizika jako součást dokumentace vyrobeného stroje z toho důvodu, že tento dokument dává v případě jakékoliv potřeby (například při vyšetřování nehody) plný náhled do postupu konstruktérů při konstrukci stroje a zejména při jeho zabezpečování. [22]

Analýza rizik vyhledává veškeré možné druhy nebezpečných stavů, které by mohly nastat na stroji a v jeho okolí. Analýza rizik zahrnuje potenciální rizikové stavy nejen bezprostředně při vykonávání práce stroje, ale i v situacích, kdy stroj nepracuje, jako jsou odstávky, samotná instalace nebo transport stroje.

Analýza rizik slouží jak pro ochranu osob, které jsou v bezprostřední blízkosti stroje, tak i pro právní ochranu výrobce. Provedením analýzy rizik výrobce dokazuje, že stroj byl vyroben v souladu s potřebnými normami.

11.1 Identifikace relevantních nebezpečí a situacích

Pro aplikační systém byla nejprve vypracována analýza rizik zahrnující relevantní nebezpečí vzhledem ke komponentám systému.

Tab 4) Relevantní nebezpečí vzhledem ke komponentám systému

Komponenta	**Poloha komponenty v systému**	**Typ nebezpečí podle normy ČSN ISO 12100**
Konstrukce stroje	Všechny prostory	**Mechanická** (1.1-1; 1.1-2; 1.1-3; 1.1-7; 1.2-1; 1.2-2; 1.2-3; 1.2-4; 1.9-1)
Pracovní prostor stroje	Prostor údržby stroje	**Mechanická** (1.1-4; 1.1-5; 1.1-6; 1.1-8; 1.1-9; 1.3-1; 1.6-1; 1.8-1) **Elektrickým proudem** (2.3-2) **Tepelná** (3.1-1; 3.1-2; 3.1-3) **Nebezpečí záření** (6.1-1; 6.1-2) **Nebezpečí způsobené špatnou ergonomií** (8.1.1)
Uživatelské rozhraní (ovládací panel, startovací tlačítka atp.)	Prostor obsluhy stroje	**Nebezpečí způsobené špatnou ergonomií** (8.1-2; 8.2-1)
Rozvaděč, rozvod elektrické energie	Všechny prostory, kde je vedení el. energie	**Mechanická** (1.4-1) **Elektrické** (2.1-1; 2.2-1; 2.3-1) **Nebezpečí vnějších vlivů** (9.1-1; 9.1-2)
Rozvod stlačeného vzduchu	Všechny prostory, kde je vedení stlačeného vzduchu	**Tlakové** (5.1-1; 5.1-2)

11.2 Analýza významných nebezpečí během jednotlivých fází života stroje

Jednotlivá relevantní nebezpečí byla následně přiřazena k fázím životního cyklu systému. Při sestavení fází stroje byla analýza rizik zaměřena především na doby dopravy stroje, instalaci a montáž stroje u zákazníka, provoz stroje, údržby a opravy stroje a vyřazení stroje z výroby.

Tab 5) Analýza významných nebezpečí během jednotlivých fází životního cyklu systému

ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ				**Typ stroje:**	Systém pro aplikaci papírových rohů na paletizovaný materiál
Během jednotlivých fází života stroje					
Poř. číslo	**Fáze životního cyklu**	**Typ nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100**		**Model:**	411
		Stručný popis	**id. číslo**	**Popis nebezpečné události**	
1	**Doprava**				
1.1	Balení a rozbalování stroje	Stlačení, pořezání	1.1-3 1.2-1	Při balení stroje může dojít ke stlačení ruky, případně k pořezaní se o nůž.	
1.2	Nakládání, přeprava a vyložení stroje	Stlačení, pořezání, ztráta stability	1.1-1 1.1-2 1.2-1 1.9-1	Při nakládání/vykládání stroje může dojít ke ztrátě stability, a tím může osoba při manipulaci se strojem být stlačena či pořezána.	
1.3	Usazení stroje	Stlačení, ztráta stability	1.1-7 1.3-1 1.9-1	Při usazování stroje může dojít ke ztrátě stability a ke stlačení osoby.	
2	**Montáž instalace / Uvedení do provozu**				
2.1	Nastavování stroje	Stlačení, naražení, pořezání, zachycení	1.1-4 1.1-5 1.1-6 1.1-7 1.1-8 1.1-9 1.2-1 1.3-1 2.3-2 6.1-1 6.1-2 9.1-1 9.1-2	Při mechanické montáži stroje hrozí stlačení, naražení a pořezaní osob.	

2.2	Připojení stroje do elektrické sítě	Požár, popálenina, smrt a úraz elektrickým proudem	1.1-7 1.1-8 1.1-9 1.4-1 2.1-1 2.2-1 2.3-1 2.3-2	Při zapojování stroje do elektrické sítě může dojít k požáru, popálenině, úrazu či smrti elektrickým proudem.
2.3	Připojení stroje k dodávce tlaku stlačeného vzduchu	Poranění zraku, pořezání	1.1-6 1.2-3 1.5-1 1.5-2	Při špatném zapojení může dojít k nekontrolovanému pohybu potrubí pro rozvod stlačeného vzduchu.
3	**Provoz**			
3.1	Vložení papírových rohů do zásobníku	Únava svalů, poškození kloubů, nepohodlí, stlačení, zakopnutí	1.1-4 1.1-8 1.1-9 1.2-3 1.3-1 8.1-1 8.2-1	Vlivem špatné ergonomie může dojít k únavě svalů, poškození kloubů a nepohodlí. Dále může špatnou ergonomií nastat poranění naražením
3.2	Doplnění tavného lepidla do agregátu	Popálení, únava svalů, poškození kloubů, nepohodlí	2.3-2 3.1-1 8.1-1 8.2-1	Při špatné manipulaci s víkem agregátu může dojít k popálení. Vlivem špatné ergonomie může dojít k únavě svalů, poškození kloubů a nepohodlí.
3.3	Ovládací panel stroje	Únava svalů, poškození kloubů, nepohodlí	1.2-3 8.1-2 8.2-1	Vlivem špatné ergonomie může dojít k únavě svalů, poškození kloubů a nepohodlí. Dále při špatné ergonomii hrozí stlačení či poranění operátora stroje.
3.4	Při běhu automatického programu	Stlačení, naražení, popálení	1.1-4 1.1-5 1.1-6 1.1-7 1.1-8 1.1-9 1.8-1 2.3-2 3.1-2 9.1-2	Při běhu programu dochází k pohybu ve třech osách a k nástřiku tavného lepidla. Může dojít k popálení, naražení, stlačení částí těla.

3.8	Pohyb v blízkosti stroje	Zakopnutí, stlačení, naražení, popálení	2.2-8 1.1-9 1.8-1 2.3-2 3.1-2	Při pohybu v těsné blízkosti stroje hrozí zakopnutí, stlačení, naražení či popálení.
4	**Údržba, čistění a oprava závad stroje**			
4.1	Běžná údržba a čištění stroje	Zakopnutí, popálení, Stlačení, naražení	1.1-7 1.1-8 1.1-9 1.2-3 1.3-1 1.6-1 2.3-2 3.1-1 3.1-3 6.1-1 6.1-2	Při údržbě stroje hrozí zakopnutí o rám stroje, popálení nanášecí tryskou či tavným agregátem, stlačení či naražení ramenem či jinými mechanickými částmi stroje.
4.2	Oprava a kontrola funkčních částí stroje	Zakopnutí, popálení, stlačení, naražení, smrt nebo úraz elektrickým proudem	1.1-4 1.1-6 1.1-7 1.1-8 1.1-9 1.2-3 1.3-1 1.6-1 2.3-2 3.1-1 2.1-3 6.1-1 6.1-2 9.1-1 9.1-2	Při opravě stroje hrozí zakopnutí o rám stroje, popálení nanášecí tryskou či tavným agregátem, stlačení či naražení ramenem či jinými mechanickými částmi stroje. Dále může dojít ke zranění, úrazu či dokonce smrti v důsledku rány elektrickým proudem.
5	**Vyřazení, demontáž a likvidace stroje**			
5.1	Odpojení elektrické energie	Požár, popálenina, smrt a úraz elektrickým proudem	1.4-1 1.8-1 2.1-1 2.2-1 2.3-1 2.3-2	Při odpojování stroje od elektrické energie může dojít k požáru, popálenině, úrazu či smrti v důsledku rány elektrickým proudem.
5.2	Odpojení stroje od dodávky tlaku stlačeného vzduchu	Poranění zraku, pořezání	1.1-6 1.2-4 1.5-1 1.5-2 1.8-1	Při špatném odpojení tlaku stlačeného vzduchu může dojít k nekontrolovanému pohybu rozvodného potrubí.

5.3	Nakládání, přeprava a vyložení stroje	Stlačení, naražení, ztráta stability	1.1-1 1.1-2 1.2-1 1.2-4 1.3-1 1.9-1	Při nakládaní/vykládání stroje může dojít ke ztrátě stability, a tím může být osoba při manipulaci se strojem stlačena či naražena.
5.4	Likvidace elektrických zařízení	Materiálové nebezpečí	1.2-4 1.9-1	Při likvidaci elektrických zařízení stroje hrozí nebezpečí vzniku požáru.

11.3 Přehled jednotlivých závažných identifikovaných rizik

Pro přehlednost nebezpečí identifikovaných na stroji byl vytvořen seznam. V diplomové práci bylo detekováno a analyzováno 34 nebezpečných situací. Při odhadu rizika bylo nejprve provedeno určení závažnosti škody a pravděpodobnosti jejího výskytu podle následujících kritérií.

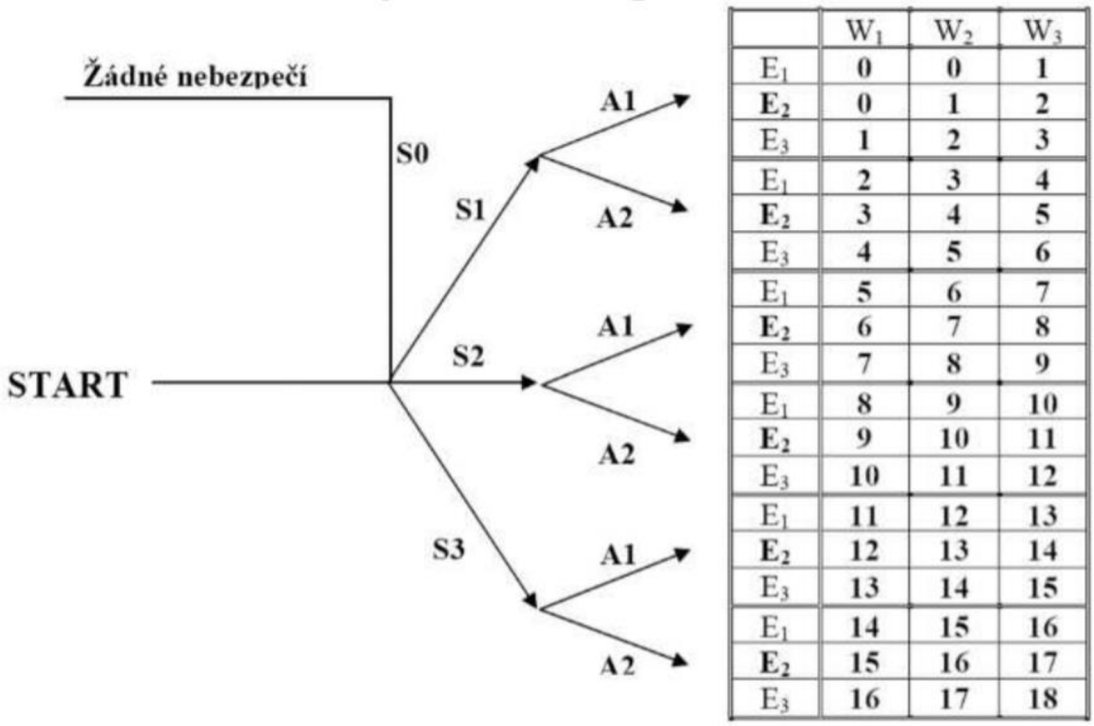
1) Míra poškození
   S0 – žádné nebezpečí
   S1 – lehké zranění (přechodné následky)
   S2 – těžké zranění (trvalé následky)
   S3 – smrt

2) Doba pobytu v oblasti nebezpečí
   A1 – zřídka až častěji
   A2 – často až trvale

3) Možnost rozpoznání a vyvarování se nebezpečí
   E1 – možné
   E2 – možné za určitých okolností
   E3 – nemožné

4) Pravděpodobnost vzniku této události
   W1 – malá (nepravděpodobná)
   W2 – střední
   W3 – velká (pravděpodobná)

   Velikosti rizik byly určeny na základě grafu uvedeného na obr. 92.



	W_1	W_2	W_3
E_1	0	0	1
E_2	0	1	2
E_3	1	2	3
E_1	2	3	4
E_2	3	4	5
E_3	4	5	6
E_1	5	6	7
E_2	6	7	8
E_3	7	8	9
E_1	8	9	10
E_2	9	10	11
E_3	10	11	12
E_1	11	12	13
E_2	12	13	14
E_3	13	14	15
E_1	14	15	16
E_2	15	16	17
E_3	16	17	18

Obr. 92) Diagram velikosti rizik

Pro posuzování závažnosti jednotlivých rizik je hlavní určit hranice jejich závažnosti. Pro analýzu rizika byly určeny následující hranice velikosti rizik:

0–4 akceptovatelné riziko

5–6 riziko akceptovatelné po prověření

7–18 neakceptovatelné riziko

Tab 6) Identifikovaná závažná nebezpečí

Přehled identifikovaných závažných nebezpečí		**Z**	**V**	**M**	**P**	**Suma**
1	**Mechanická nebezpečí**					
1.1	**Nebezpečí stlačením/naražením**					
1.1-1	Nebezpečí stlačení při nakládání a vykládaní stroje	S3	A1	E1	W1	11
1.1-2	Nebezpečí stlačení při pohybu stroje na paletě	S2	A1	E2	W1	5
1.1-3	Nebezpečí stlačení při rozbalování stroje	S1	A1	E1	W1	0
1.1-4	Nebezpečí stlačení při uchopování rohu ze zásobníku	S1	A1	E1	W1	0
1.1-5	Nebezpečí stlačení při aplikaci rohu na paletu	S1	A1	E1	W1	3
1.1-6	Nebezpečí stlačení při otáčení rotační hlavy	S2	A1	E1	W1	5
1.1-7	Nebezpečí stlačení pohybu ozubeného kola	S2	A1	E1	W1	5

1.1-8	Nebezpečí naražení při pohybu manipulátoru v ose X	S2	A2	E2	W3	11
1.1-9	Nebezpečí naražení při pohybu manipulátoru v ose Y	S2	A2	E2	W3	11
1.2	**Nebezpečí pořezáním nebo bodnutím**					
1.2-1	Nebezpečí pořezání při transportu, balení a vybalování stroje	S1	A1	E2	W2	1
1.2-2	Nebezpečí pořezání při seřizování stroje	S1	A1	E3	W2	2
1.2-3	Nebezpečí pořezání při práci, údržbě, čištění a servisu stroje	S1	A1	E3	W2	2
1.2-4	Nebezpečí pořezání při demontáži stroje	S1	A1	E2	W2	1
1.3	**Nebezpečí zakopnutí**					
1.3-1	Nebezpečí zakopnutí o rám stroje	S1	A1	E3	W1	1
1.4	**Riziko střihu**					
1.4-1	Nebezpečí při zavírání dveří u rozvaděče	S2	A1	E1	W2	6
1.5	**Nebezpečí tlaku**					
1.5-1	Nebezpečí zásahu vysokotlakým médiem	S2	A1	E2	W1	6
1.5-2	Nebezpečí vymrštění	S2	A1	E2	W1	6
1.6	**Nebezpečí při obnově dodávky energie po jejím přerušení**					
1.6-1	Nebezpečí způsobené neočekávaným spuštěním a rozběhu stroje	S3	A1	E3	W1	14
1.8	**Nebezpečí upadnutí nebo vymrštění předmětu**					
1.8-1	Nebezpečí upadnutí papírového rohu při manipulaci	S1	A1	E3	W1	2
1.9	**Nebezpečí ztráty stability**					
1.9-1	Nebezpečí ztráty stability stroje nebo jeho částí	S3	A1	E3	W1	13
2	**Nebezpečí úrazu el. proudem**					
2.1	**Nebezpečí požáru**					
2.1-1	Nebezpečí vzniku požáru při zapojování/odpojování stroje do el. sítě	S3	A1	E1	W1	11
2.2	**Nebezpečí usmrcení elektrickým proudem**					

2.2-1	Při zapojování nebo odpojování stroje může dojít ke kontaktu člověka s částmi, které jsou pod elektrickým proudem	S3	A1	E1	W1	11
2.3	**Nebezpečí úrazu elektrickým proudem**					
2.3-1	Při zapojování nebo odpojování stroje může dojít ke kontaktu člověka s částmi stroje pod elektrickým proudem	S2	A1	E1	W3	7
2.3-2	Při provozu nebo při seřizování může dojít ke kontaktu operátora se součástmi pod elektrickým proudem, což může vést k úrazu	S2	A2	E3	W2	11
3	**Tepelná nebezpečí**					
3.1	**Popálení**					
3.1-1	Nebezpečí popálení při obsluze tavného agregátu	S2	A2	E1	W3	12
3.1-2	Nebezpečí popálení při nástřiku tavného lepidla	S2	A2	E1	W2	9
3.1-3	Nebezpečí popálení při údržbě a seřízení nástřikové hlavy	S2	A2	E1	W2	9
6	**Nebezpečí záření**					
6.1	**Nebezpečí optického záření**					
6.1-1	Nebezpečí poškození zraku a kůže	S1	A1	E1	W1	1
6.1-2	Nebezpečí bolesti hlavy a nespavosti	S1	A1	E1	W1	1
8	**Nebezpečí způsobená špatnou ergonomií (ČSN EN ISO 6385)**					
8.1	**Nebezpečí způsobená nepohodlím**					
8.1-1	Nebezpečí způsobené špatným rozmístěním zásobníku lepidla a zásobníku rohů	S2	A2	E3	W2	11
8.1-2	Nebezpečí způsobené špatným rozmístěním prvků na ovládacím panelu	S2	A2	E3	W2	11
8.2	**Nebezpečí způsobené únavou**					
8.2-1	Nebezpečí monotónní práce, při které může dojít k únavě a tím i k neočekávanému jednání operátora stroje	S2	A1	E3	W1	7
9	**Nebezpečí vznikající v prostorách používání stroje**					
9.1	**Nebezpečí způsobené vnějšími vlivy**					
9.1-1	Nebezpečí zásahu jiné osoby při seřizování stroje	S3	A2	E3	W2	17
9.1-2	Nebezpečí způsobená lidskou chybou při seřizování a provozu stroje	S3	A2	E3	W3	18

11.4 Snížení neakceptovatelných rizik

Je potřeba z neakceptovatelných rizik vytvořit rizika akceptovatelná snížením jejich velikosti. Toho můžeme dosáhnout opatřeními, které způsobí zmírnění následků či téměř úplného zamezení samotného vzniku rizika. Pokud je opatřením dosáhnuto sníženého rizika, které je ovšem stále neakceptovatelné, je třeba aplikovat další opatření pro další snížení rizika.

Na základě posouzení rizika musí konstruktér v případě neakceptovatelného rizika přijmout opatření k jeho snížení v posloupnosti:

1) Navrhnout opatření zabudovaná v konstrukci stroje
2) Navrhnout bezpečnostní ochranu
3) Uvést informace pro používání

Do následující analýzy byly za účelem snížení rizika zpracovány tři náhodně vybrané nebezpečné situace z analýzy všech rizik (viz výše).

Tab 7) Formulář pro snížení velikosti rizika při pohybu manipulátoru

FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		**Stroj:**	411
Autor:	Bc. Michal Havelka	**Datum:**	15. 5. 2021
Číslo nebezpečí	**Identifikační číslo**	**Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100**	
1.1-8	2	1. Mechanické nebezpečí	
Životní etapa stroje:	Provoz stroje	**Nebezpečný prostor:**	Pracovní prostor stroje
Ohrožené osoby:	Operátor, seřizovač	**Provozní stav stroje:**	Provoz stroje
Popis nebezpečné situace:	Při vstupu do pracovního prostoru stroje hrozí naražení osoby pohybujícím se manipulátorem.		
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	11
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých podmínek	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W3 – vysoká	
KROK 1:	**Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12100)**		
Popis opatření:	Pracovní prostor stroje je ohrazen pevným oplocením. Vstup je umožněn dveřmi zabezpečenými elektromagnetickým zámkem, který umožní vstup po zastavení stroje a odpojení od silové energie a tlakového vzduchu.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění	**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	0
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 – malá	
KROK 2:	**Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření**		
Popis opatření:			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:		**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		
	Pst. výskytu nebezpečné události:		
KROK 3:	**Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12100)**		
Popis opatření:			
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:		**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		
	Pst. výskytu nebezpečné události:		

Tab 8) Formulář pro snížení velikosti rizika při zapojování nebo odpojování stroje

FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		**Stroj:**	411
Autor:	Bc. Michal Havelka	**Datum:**	15. 5. 2021
Číslo nebezpečí	**Identifikační číslo**	**Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100**	
2.3-1	8	2. Nebezpečí úrazu el. proudem	
Životní etapa stroje:	Uvedení do provozu, demontáž	**Nebezpečný prostor:**	Prostor stroje
Ohrožené osoby:	Technik provádějící elektrické zapojení stroje	**Provozní stav stroje:**	Provoz stroje
Popis nebezpečné situace:	Při zapojování nebo odpojování stroje může dojít ke kontaktu člověka s částmi stroje pod elektrickým proudem		
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	7
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E1 – možné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W3 – vysoké	
KROK 1:	**Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12100)**		
Popis opatření:	Nelze aplikovat žádné opatření.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:		**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:		7
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		
	Pst. výskytu nebezpečné události:		
KROK 2:	**Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření**		
Popis opatření:	Nelze aplikovat žádné opatření.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:		**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:		7
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		
	Pst. výskytu nebezpečné události:		
KROK 3:	**Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12100)**		
Popis opatření:	Zapojení provádí způsobilá osoba. Je provedena elektrorevize zapojeného zařízení, kterou provádí revizní technik. Je vystavena revizní zpráva.		
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S0 – žádné nebezpečí	**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:		0
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		
	Pst. výskytu nebezpečné události:		

Tab 9) Formulář pro snížení velikosti rizika při doplňování lepidla

FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		**Stroj:**	411
Autor:	Bc. Michal Havelka	**Datum:**	15. 5. 2021
Číslo nebezpečí	**Identifikační číslo**	**Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100**	
3.1-1	10	4.Tepelné nebezpečí	
Životní etapa stroje:	Provoz stroje	**Nebezpečný prostor:**	Povrch tavného agregátu
Ohrožené osoby:	Operátor	**Provozní stav stroje:**	Doplňování spotřebního materiálu
Popis nebezpečné situace:	Při doplňování lepidla do zásobníku tavícího agregátu hrozí popálení v případě, když operátor vloží ruku do horkého zásobníku.		
Počáteční riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	12
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – nemožné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W3 – vysoká	
KROK 1:	**Opatření zabudovaná v konstrukci (dle ČSN EN ISO 12100)**		
Popis opatření:	Víko zásobníku tavícího agregátu je tepelně izolované. Kontaktní teplota je bezpečná, tj. do 40°C		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění	**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	6
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – nemožné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W3 – vysoká	
KROK 2:	**Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření**		
Popis opatření:	Použití ochranných prostředků jako jsou rukavice.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění	**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	5
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – nemožné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W2 – střední	
KROK 3:	**Informace pro používání (dle ČSN EN ISO 12100)**		
Popis opatření:	Zaškolení operátora. Označení nebezpečného místa piktogramy.		
Zbytkové riziko	Závažnost možné škody na zdraví:	S1 – lehké zranění	**Velikost rizika**
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	4
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – nemožné	
	Pst. výskytu nebezpečné události:	W1 – malé	

11.5 Závěr

Při analýze rizik bylo detekováno a analyzováno 34 nebezpečných situací. Při hodnocení rizik bylo nejprve provedeno určení závažnosti škody a pravděpodobnosti jejího výskytu. Posléze byly vybrány tři nebezpečné situace, klasifikované jako neakceptovatelné, a v návaznosti na ně byla provedena opatření pro snížení velikosti rizika v těchto situacích.

12 ZHODNOCENÍ A DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Diplomová práce popisuje postup projekčních činností převážně konstrukčního charakteru. Zadání poměrně precizně definuje požadavky na stroj a podmínky, za kterých má projektované zařízení pracovat. Veškeré práce spojené s projekcí stroje jsou soustředěny k dosažení cíle práce a tím je návrh stroje připraveného ke kompletní výrobní dokumentaci mechanické části stroje, tedy výrobních výkresů a montážních sestav stroje.

Při samotné projekční práci jsem se řídil standardními postupy a požadavky na technologičnost konstrukce, aby byl stroj vyrobitelný a smontovatelný ve shodě se standardy společnosti PHATEC.

V práci jsem se nezabýval detailním návrhem a výběrem elektrických pohonů a dalších elektrických prvků, protože tento výběr prováděli kompetentní pracovníci společnosti PHATEC, zodpovědní za řídící systém a ovládání stroje a celé balící linky.

Na základě projekční dokumentace byl vyroben a smontován stroj, který je v současné době nainstalován a zprovozněn pro zamýšlený účel. Stroj byl drobně modifikován v průběhu zkoušek z důvodu změn parametrů manipulovaných rohů. Při provozních testech bylo také vybráno optimální tavné lepidlo, které vyhovuje danému účelu použití.

Správnost konstrukčního řešení byla ověřena reálným nasazením stroje v průmyslovém provozu. Stroj je konečným uživatelem hodnocen jako velmi spolehlivý a jednoduchý na údržbu a seřízení.

Pořizovací cena takto navrženého stroje je na základě analýzy, prováděné analytikem a obchodníkem společnosti PHATEC, o 55-60% nižší než řešení za použití průmyslově vyráběného robotického ramene. Pomocí zpětné kalkulace nákladů byl tento předpoklad potvrzen.

Stroj byl navržen, aby odpovídal konkrétnímu tvaru a velikosti zástavbového prostoru. Zároveň byl navržen pro plně automatický provoz. Tím je stroj vhodný pro použití v praxi pouze v případě, kdy bude zakomponován mezi dvě plně automatické pracoviště v oploceném pracovišti, a kdy bude dodatečně upraven podle velikosti a tvaru zástavbového prostoru. Stroj není vhodný pro zakomponování do paletizačního řetězce, kde pracoviště před nebo po aplikaci ochranných rohů není prováděno automaticky, ale ručně. Pak totiž postrádá smysl užití automatického systému pro aplikaci ochranných rohů.

13 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a zkonstruovat automatický systém pro aplikaci papírových rohů na paletu zboží. Tohoto cíle bylo dosaženo zkonstruováním soustavy jednoúčelových strojů, které vzájemnou spoluprací uspokojují požadavky kladené na systém. Systém je na jedno doplnění zásobníku schopen fungovat v nepřetržitém provozu po dobu zpracování 50 palet. V průběhu testování se ukázalo, že rohy na paletě dostatečně nedrží. Na tuto skutečnost bylo zareagováno úpravou rotační hlavy o nástavec zajišťující větší plochu, kterou je papírový roh na paletu přitlačován (obr. 93). Tato úprava sice pomohla, avšak nedostatečně. Nakonec bylo zjištěno, že je problém ve výběru tavného lepidla. Po koupi nového lepidla s větší lepivostí byl problém eliminován.

V první kapitole je představena společnost PHATEC s.r.o., se kterou bylo spolupracováno při návrhu a konstrukci systému. Je zde popsáno zaměření společnosti a portfolio jejích strojů.

Druhá kapitola sděluje důvody vzniku této diplomové práce.

Ve třetí kapitole je popsán současný stav poznání v oblasti paletizace. Jsou zde ukázány nejpoužívanější typy strojů používající se v technologickém kroku mezi výrobou a transportem.

Čtvrtá kapitola se věnuje systémovému popisu řešeného problému. Jsou zde uvedeny základní principy systémového způsobu práce. Systém aplikace rohů je zde řešen ve smyslu interakce se stroji v předchozím a následujícím technologickém kroku paletizačního procesu. To znamená, jaké vazby do systému vstupují, jaké vystupují a jaké procesy se mezi těmito vazbami dějí.

V páté kapitole je přiblížen pohled na prostředí, kde bude nový systém zařazen. Je zde popsáno, jakým způsobem probíhá proces aplikace rohů nyní.

V šesté kapitole je popsáno, jakým způsobem budou nahrazeny způsoby práce popsané v předchozí kapitole. Je zde nastíněna vize řešení, jak automatizovat daný proces a dále jsou zde uvedeny doplňující požadavky na nový systém.

Sedmá kapitola se zabývá návrhem čtyř variant řešení, jakými je možné splnit stanovený úkol. Následně byly vyhodnoceny použitím metody multikriteriálního hodnocení a byla vybrána nejvhodnější varianta.

Osmá kapitola se již zabývá samotným návrhem řešení zvolené varianty. Proces konstrukce je komplexní a velké množství prvků se vzájemně ovlivňuje. Proto není možné popsat postup návrhu tak, aby byl chronologicky seřazený, a zároveň aby obsahoval pouze finální řešení daných uzlů. Z důvodu srozumitelnosti je tedy tato kapitola rozdělena na podkapitoly jako výsuvné rameno, příčný pojezd, aplikační stojan a zásobník rohů.

V deváté kapitole jsou uvedeny výpočty pohonů, řemenového či ozubeného převodu.

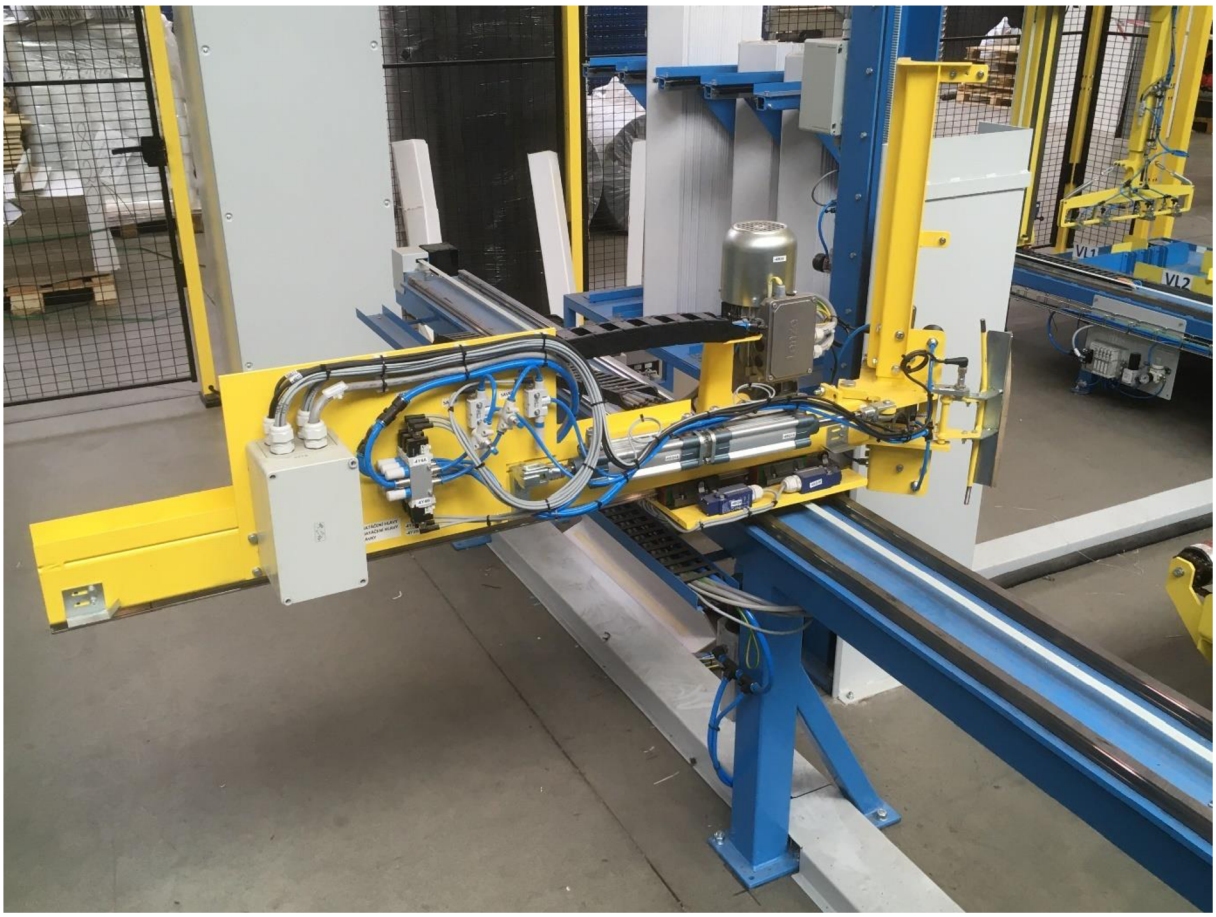
Desátá kapitola přiděluje názvy výkresů ke konstrukčním celkům, a zároveň komentuje, jakým způsobem byly výkresy tvořeny. Vybrané výkresy jsou vloženy v tištěné příloze diplomové práce.

Jedenáctá kapitola obsahuje analýzu rizik nového pracoviště. Jsou zde uvedeny identifikovaná nebezpečí, analýzu významných nebezpečí během jednotlivých fází životního

cyklu systému, tabulku závažných identifikovaných rizik, a nakonec ukázku tří opatření pro snížení neakceptovatelných rizik.

Ve dvanácté kapitole je zhodnocení dosažených výsledků a doporučení do praxe.

Obr. 93) Rotační hlava s nástavcem pro efektivnější přitlačení



Obr. 94) Celkový pohled na aplikační systém

14 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů IV.0. Praha: MM publishing, 2018. MM speciál. ISBN 978-80-906310-8-3.

[2] KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. První vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.

[3] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

[4] Balící technika. *Pentaservis.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.pentaservis.cz/prodej-obalove-techniky/

[5] Dodávky obalových materiálů. *Webobal.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.webobal.cz/vazaci-pasky/paskovace-a-kleste/rucni-paskovac

[6] Páskovací stroje a materiál. *Hotair.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.hotair.cz/detail/svarecky-folii/paskovaci-stroje-a-material/automaticka-ramova-paskovacka-baliku-mh-x201.html

[7] Páskovač kartonu a lepenky. *Transpak.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: http://www.transpak.cz/paskovac-kartonu-a-lepenky-mercury-tp-702c/

[8] Indukční senzor. *Turck.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.turck.cz/cs/product/1634804

[9] Balící a ovinovací stroje. *Technology.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.technology.cz/balici-stroje/ovinovaci-stroje/

[10] Kolejnice HGR typu R. *Hiwin.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/20_kolejnice-hgr-typu-r

[11] http

[12] GARSTKA, A. *PROGRAM č.2 - ŘEMENOVÝ PŘEVOD* [online]. s. 1 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/sps3_program2_remenovy_prevod-UT.pdf

[13] *LF Applicators* [online]. Mas Lambertoni [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://maslambertoni.com/en/hot-melt-applicators/lf-applicators/

[14] SKALICKÝ, Jiří, Jiří VACEK a Jarmila IRCINGOVÁ. *SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP K PROJEKTOVÉMU MANAGEMENTU* [online]. 1. P.O.Box 314, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2018 [cit. 2021-5-17]. ISBN ISBN 978-80-261-0836-8. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/30871/1/Syst%C3%A9mov%C3%BD%20p%C5%99%C3%ADstup%20k%20projektov%C3%A9mu%20managementu.pdf

[15] Garage Doors: Rubber Seals. *Formseal.co.uk* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.formseal.co.uk/product/garage-doors-rubber-seals/

[16] *Ozubené řemeny a řemenice: Katalog* [online]. walther-flender.cz [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.walther-flender.cz/catalogs/Prevody-ozubenymi-remeny.pdf

[17] Project planning manual: g500-B level motor. *Lenze.com* [online]. [s.25] [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://download.lenze.com/TD/g500-B%20bevel%20geared%20motor%20with%20MCA%20servo%20motor%20ID000 0000262__v2-0__EN.pdf

[18] Účinnost řemenových převodů. *Tyma.cz* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.tyma.cz/technicke-informace/caste-dotazy/ucinnost-remenu/

[19] HIWIN: Katalog: Lineární vedení. *Hiwin.cz* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné ke stažení z: https://www.hiwin.cz/cz/download

[20] ARPAC's ARBOT-300 Corner Board Robot. *Youtube.com* [online]. 2014 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=qP4rR7OJFhs

[21] Rotary ring stretch wrapping machine: Uniwrap 900 AE. *Directindustry.com* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.directindustry.com/prod/webster-griffin-ltd/product-61573-2297483.html

[22] DATALOGIC: S100-PR-2-M00-PH. *Conrad.cz* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.conrad.cz/p/datalogic-reflexni-svetelny-snimac-s100-pr-2-m00-ph-950811130-spinani-za-svetla-spinani-za-tmy-zacloneni-pozadi-teac-1488417?&vat=true&gclid=Cj0KCQjwsqmEBhDiARIsANV8H3bs47dK-Zo43QqS3EycCgwNHOa4Y4fJGG5ek4naHz_ZWqUeUNqJurwaAnA5EALw_wcB

[23] PHATEC: Realizace jednoúčelových strojů. *Phatec.com* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.phatec.com/#

[24] Páskovač palet: MOSCA KZV-111. *Mosca-packaging.cz* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: http://www.mosca-packaging.cz/paskovac-palet-mosca-kzv-111/

[25] FESTO. *Festo.com* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.festo.com/net/cs_cz/SupportPortal/InternetSearch.aspx?q=ESS-40-SNA

[26] BEUMER: Stretch hood packaging system. *Beumergroup.com* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.beumergroup.com/i/beumer-stretch-hood-2058/

[27] Kolejnice HGR typu T. *Hiwin.cz* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/21_kolejnice-hgr-typu-t

[28] *NONSTOPSTAVEBNINY* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://www.nonstopstavebniny.cz/blog/proc-pouzit-perlinku/

[29] Perlinka: GUTTA. *Guttashop.cz* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://www.guttashop.cz/perlinka-vertex-g120-.7848/?vid=5255

[30] NEUBAUER, Tomáš. *DATABÁZOVÁ PODPORA HODNOCENÍ RIZIK STROJŮ* [online]. Brno, 2008 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6371&fbclid=IwAR2d5lmeN7fYD5awKirPih8Kj8Jw8u2BhAnVqpPZOB2cnQRFheYXkpmKQyg. Diplomová práce. FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY, VUT BRNO. Vedoucí práce Ing. FRANTIŠEK BRADÁČ, Ph.D.

15 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

15.1 Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotka	Popis
T_j	[-]	j-tá vlastnost posuzovaného návrhu
n	[-]	Maximální počet faktorů, parametrů, vlastností
t_j	[-]	Maximální hodnota faktoru, parametru, vlastnosti
p_τ	[%]	Procentuální vyjádření hodnoty t_j
g_n	[-]	Koeficient rozlišující významnost hodnocených faktorů, parametrů, vlastností
τ_j	[-]	Technická hodnota navržené varianty
M_v	[Nm]	Přibližný moment působící na kuličkový vozík
l_r	[m]	Přibližná délka výsuvného ramene
m_r	[kg]	Přibližná hmotnost výsuvného ramene
g	[m/s^2]	Tíhové zrychlení
v_x	[m/s]	Maximální rychlost posuvu v ose x
t_{rx}	[s]	Doba rozjezdu do maximální rychlosti v ose x
m_x	[kg]	Hmotnost pohyblivé části příčného pojezdu
$d_ř$	[mm]	Průměr řemenice
F_{Tx}	[N]	Třecí síla způsobená lineárním vedením v ose x
μ	[-]	Třecí koeficient
W	[N]	Zátěž lineárního vedení
S	[N]	Třecí odpor způsobený těsněním
a_x	[m/s^2]	Zrychlení v ose x
F_x	[N]	Síla potřebná pro rozjezd v ose x
M_{kx1}	[Nm]	Moment potřebný pro vyvození síly F_x

$O_{ř}$	[mm]	Obvod řemenice
s_{rx}	[mm]	Dráha rozjezdu v ose x
n_x	[1/min]	Otáčky řemenice osy x
P_{rx}	[W]	Výkon potřebný pro rozjezd v ose x
M_{kx2}	[Nm]	Moment potřebný pro vyvození přítlačné síly
F_{tl}	[N]	Přítlačná síla
M_{kx}	[Nm]	Celkový potřebný moment v ose x
P_x	[W]	Celkový potřebný výkon v ose x
P_{xSkut}	[W]	Skutečný potřebný výkon v ose x
k_{bezp}	[-]	Bezpečnostní koeficient
$\eta_{př}$	[-]	Účinnost převodovky motoru
$\eta_{ř}$	[-]	Účinnost řemenu
$\eta_{eř}$	[-]	Odhad ztráty účinnosti způsobené ohybem energetického řetězu a kabeláže
c_1	[-]	Bezpečnostní faktor zatížení řemenu
c_{0x}	[-]	Celkový provozní faktor v ose x
Z_{ex}	[-]	Počet zubů v záběru u řemenice osy x
Z_{kx}	[-]	Počet zubů řemenice osy x
η_{maxX}	[1/min]	Otáčky řemenice při maximální rychlosti osy x
M_{specX}	[Nm]	Specifický moment v ose x
P_{specX}	[W]	Specifický výkon v ose x
b_x	[mm]	Šířka řemene osy x
P_{mx}	[W]	Výkon vybraného motoru pro osu x
ω_x	[rad/s]	Úhlová rychlost řemenice osy x
L_x	[mm]	Délka řemene osy x
t	[mm]	Rozteč zubů řemene
A_x	[mm]	Osová vzdálenost řemenic osy x
v_z	[m/s]	Maximální rychlost posuvu v ose z
t_{rz}	[s]	Doba rozjezdu do maximální rychlosti v ose z
m_z	[kg]	Hmotnost pohyblivé části aplikátoru lepidla
F_{Tz}	[N]	Třecí síla způsobená lineárním vedením v ose z
a_z	[m/s^2]	Zrychlení v ose z
F_{GZ}	[N]	Tíhová síla pohyblivé části osy z
F_a	[N]	Síla potřebná pro rozjezd v ose z
M_{kz}	[Nm]	Moment potřebný pro vyvození síly F_a

s_{rz}	[mm]	Dráha rozjezdu v ose z
n_z	[1/min]	Otáčky řemenice osy z
P_{rz}	[W]	Výkon potřebný pro rozjezd v ose z
ω_z	[rad/s]	Úhlová rychlost řemenice osy z
P_{zSkut}	[W]	Skutečný potřebný výkon v ose z
η_h	[-]	Odhad ztráty účinnosti způsobené ohybem hadice přívodu tavného lepidla
c_{0z}	[-]	Celkový provozní faktor v ose z
Z_{ez}	[-]	Počet zubů v záběru u řemenice osy z
Z_{kz}	[-]	Počet zubů řemenice osy z
η_{maxZ}	[1/min]	Otáčky řemenice při maximální rychlosti osy z
M_{specZ}	[Nm]	Specifický moment v ose z
P_{specZ}	[W]	Specifický výkon v ose z
b_z	[mm]	Šířka řemene osy z
P_{mz}	[W]	Výkon vybraného motoru pro osu z
L_z	[mm]	Délka řemene osy z
A_z	[mm]	Osová vzdálenost řemenic osy z
F_t	[N]	Síla na hřebenu
m_y	[kg]	Hmotnost ramene
v_y	[m/s]	Maximální rychlost posuvu ramene
t_{ty}	[s]	Doba rozjezdu ramene

15.2 Seznam tabulek

TAB 1) TABULKA MULTIKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT A A B58
TAB 2) TABULKA MULTIKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ VARIANT C A D58
TAB 3) TABULKA VÝSLEDKŮ MULTIKRITERIÁLNÍHO HODNOCENÍ.... 58
TAB 4) RELEVANTNÍ NEBEZPEČÍ VZHLEDEM KE KOMPONENTÁM SYSTÉMU 107
TAB 5) ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ BĚHEM JEDNOTLIVÝCH FÁZÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU SYSTÉMU 108
TAB 6) IDENTIFIKOVANÁ ZÁVAŽNÁ NEBEZPEČÍ 112
TAB 7) FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ VELIKOSTI RIZIKA PŘI POHYBU MANIPULÁTORU 116
TAB 8) FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ VELIKOSTI RIZIKA PŘI ZAPOJOVÁNÍ NEBO ODPOJOVÁNÍ STROJE 117
TAB 9) FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ VELIKOSTI RIZIKA PŘI DOPLŇOVÁNÍ LEPIDLA 118

15.3 Seznam obrázků

OBR. 1) SKLENĚNÁ MŘÍŽKA (PERLINKA), DETAIL 20
OBR. 2) SKLENĚNÁ MŘÍŽKA (PERLINKA), ROLE 20
OBR. 3) PŘEVÍJECÍ INSPEKČNÍ LINKA SKLENĚNÉ TKANINY 21
OBR. 4) AUTOMATICKÝ FORMÁTOVACÍ STROJ SKLENĚNÉ MŘÍŽKY ... 21
OBR. 5) ZÁSOBNÍK NA KOBERCE 23
OBR. 6) NAVÍJEČKA NA KOBERCE 23
OBR. 7) APLIKÁTORY LATEXU A PĚNY 23
OBR. 8) RUČNÍ PÁSKOVACÍ STROJEK [5] 28
OBR. 9) POLOAUTOMATICKÝ PÁSKOVACÍ STROJ [4] 28
OBR. 10) AUTOMATICKÝ PÁSKOVACÍ STROJ [6] 29
OBR. 11) PRŮCHOZÍ AUTOMAT [4] 29
OBR. 12) STROJ PRO BOČNÍ PÁSKOVÁNÍ [4] 29
OBR. 13) STROJ PRO PÁSKOVÁNÍ KARTONU [7] 30
OBR. 14) STROJ PRO PÁSKOVÁNÍ PALET [24] 30
OBR. 15) SVÁŘECÍ LIŠTA PRO RUČNÍ BALENÍ [4] 31
OBR. 16) KOMOROVÝ BALÍCÍ STROJ [4] 32
OBR. 17) ÚHLOVÝ BALÍCÍ STROJ [4] 32
OBR. 18) VAKUOVÝ BALÍCÍ STROJ [4] 32
OBR. 19) SMRŠŤOVACÍ TUNEL [9] 33
OBR. 20) STROJ PRO BALENÍ PALET [26] 33

OBR. 21) ZAŘÍZENÍ PRO RUČNÍ OVÍJENÍ [9] 34
OBR. 22) POLOAUTOMATICKÝ OVÍJECÍ STROJ [9] 35
OBR. 23) AUTOMATICKÝ OVÍJECÍ STROJ [9] 35
OBR. 24) HORIZONTÁLNÍ POLOAUTOMATICKÝ OVÍJECÍ STROJ [4] 36
OBR. 25) HORIZONTÁLNÍ AUTOMATICKÝ OVÍJECÍ STROJ [4] 36
OBR. 26) OVÍJECÍ ROBOT [9] 36
OBR. 27) RUČNÍ STROJEK PRO RUČNÍ LEPENÍ [4] 37
OBR. 28) STOLNÍ STROJEK PRO RUČNÍ LEPENÍ [4] 37
OBR. 29) POLOAUTOMATICKÝ LEPÍCÍ STROJ [4] 38
OBR. 30) AUTOMATICKÝ LEPÍCÍ STROJ [4] 38
OBR. 31) HORIZONTÁLNÍ LEPÍCÍ STROJ [4] 38
OBR. 32) SYSTÉM PRO VKLÁDÁNÍ ROHŮ V PRACOVNÍM PROSTORU OVÍJECÍHO STROJE [21] 40
OBR. 33) LEPENÍ ROHŮ ROBOTICKÝM RAMENEM [20] 41
OBR. 34) VSTUPY A VÝSTUPY SYSTÉMU 43
OBR. 35) PROCESY A VAZBY SYSTÉMU 44
OBR. 36) NÁKRES VARIANTY A 51
OBR. 37) NÁKRES VARIANTY B 52
OBR. 38) NÁKRES VARIANTY C 53
OBR. 39) NÁKRES VARIANTY D 55
OBR. 40) PŘÍSAVKA ESS-40-SNA [25] 60
OBR. 41) ESH/HA-4-QS DRŽÁK PŘÍSAVKY [PŘÍLOHA 2] 60
OBR. 42) DRŽÁK PODTLAKOVÝCH PŘÍSAVEK 61
OBR. 43) ROTAČNÍ HLAVA 62
OBR. 44) POZICE ROTAČNÍ HLAVY A) V -90°, B) V ZÁKLADNÍ POZICI, C) V +90° 63
OBR. 45) DORAZY KONCOVÉ POLOHY ROTAČNÍ HLAVY 64
OBR. 46) SNÍMAČ S100-PR-2-M00-PH [PŘÍLOHA 3] 65
OBR. 47) ZOBRAZENÍ DOSAHU SNÍMAČE 65
OBR. 48) UCHYCENÍ SNÍMAČE 66
OBR. 49) SNÍMAČ B14-M12-AP6X-H1141 [PŘÍLOHA 4] 66
OBR. 50) KYVNÝ VYBAVOVAČ INDUKČNÍHO SNÍMAČE 67
OBR. 51) ROTAČNÍ HLAVA S MECHANISMEM PRO SNÍMÁNÍ POLOHY ROHU PALETY, SHORA 68
OBR. 52) ROTAČNÍ HLAVA S MECHANISMEM PRO SNÍMÁNÍ POLOHY ROHU PALETY 68

OBR. 53) KOLEJNICE TYPU R LINEÁRNÍHO VEDENÍ [10] 69
OBR. 54) KOLEJNICE TYPU T LINEÁRNÍHO VEDENÍ [27] 69
OBR. 55) UMÍSTĚNÍ OZUBENÉHO ŘEMENU NA VÝSUVNÉM RAMENI 70
OBR. 56) SNÍMAČ KONCOVÉ POLOHY XCKN2118P20 [PŘÍLOHA 5] 70
OBR. 57) VYBAVOVACÍ PLECH 70
OBR. 58) NOHA RÁMU 71
OBR. 59) MÍSTO PRO UCHYCENÍ MOTORU K RÁMU 72
OBR. 60) RÁM STATICKÉ ČÁSTI PŘÍČNÉHO POJEZDU 72
OBR. 61) ZPŮSOBY NAPNUTÍ ŘEMENE [12] 73
OBR. 62) NAPÍNACÍ MECHANISMUS, Z BOKU 73
OBR. 63) NAPÍNACÍ MECHANISMUS 74
OBR. 64) USAZENÍ MOTORU NA VOZÍKU PŘÍČNÉHO POJEZDU 76
OBR. 65) USPOŘÁDÁNÍ SOUČÁSTÍ A KOMPONENT NA VOZÍKU PŘÍČNÉHO POJEZDU 76
OBR. 66) OBOUSTRANNÝ VYBAVOVACÍ PLECH KONCOVÝCH SNÍMAČŮ PŘÍČNÉHO POJEZDU 77
OBR. 67) DRŽÁK KONCOVÉHO SPÍNAČE PŘÍČNÉHO POJEZDU 77
OBR. 68) SESTAVA CELÉHO STROJE – PŘÍČNÝ POJEZD A VÝSUVNÉ RAMENO 78
OBR. 69) 3D MODEL NANÁŠECÍ TRYSKY 79
OBR. 70) TAVÍCÍ JEDNOTKA LF2/7 [13] 79
OBR. 71) RÁM APLIKÁTORU LEPIDLA 80
OBR. 72) PŘÍKLADY ZANEDBÁNÍ ÚDRŽBY ŘEMENOVÉHO PŘEVODU U APLIKÁTORU LEPIDLA 81
OBR. 73) SVAŘENEC PRO NAPNUTÍ ŘEMENE, ZE STRANY ŘEMENICE 82
OBR. 74) SVAŘENEC PRO NAPNUTÍ ŘEMENE, ZE STRANY TLAČNÉHO ŠROUBU 82
OBR. 75) RÁM APLIKÁTORU LEPIDLA S OPĚRNOU DESTIČKOU 83
OBR. 76) VZÁJEMNÉ UMÍSTĚNÍ SVAŘENCE, TLAČNÉHO ŠROUBU A OPĚRNÉ DESTIČKY 83
OBR. 77) VÝSLEDNÉ SESTAVENÍ NAPÍNACÍHO MECHANISMU VČETNĚ ŘEMENICE A ŘEMENU 84
OBR. 78) JEZDEC APLIKÁTORU LEPIDLA 85
OBR. 79) RÁM ZÁSOBNÍKU 86
OBR. 80) NASTAVENÍ VÝŠKY ZÁSOBNÍKU 87
OBR. 81) TĚSNÍCÍ KARTÁČ [15] 87
OBR. 82) UMÍSTĚNÍ TĚSNÍCÍCH KARTÁČŮ V PORTECH ZÁSOBNÍKU. ZEPŘEDU 89

OBR. 83) UMÍSTĚNÍ TĚSNÍCÍCH KARTÁČŮ V PORTECH ZÁSOBNÍKU 89

OBR. 84) ZPŮSOB KORIGOVÁNÍ VELIKOSTÍ A POLOHY SPODNÍ ČÁSTI PORTŮ 90

OBR. 85) KOMPLETNÍ SESTAVA ZÁSOBNÍKU OCHRANNÝCH ROHŮ 91

OBR. 86) ZÁSOBNÍK S JEDNÍM PLNÝM PORTEM O 50 ROZÍCH 92

OBR. 87) USTAVENÍ KOMPLETNÍHO SYSTÉMU PRO APLIKACI OCHRANNÝCH ROHŮ 93

OBR. 88) SPECIFICKÝ VÝKON A MOMENT VZHLEDEM K OTÁČKÁM ŘEMENICE PŘÍČNÉHO POJEZDU.....98

OBR. 89) SPECIFICKÝ VÝKON A MOMENT VZHLEDEM K OTÁČKÁM ŘEMENICE APLIKÁTORU LEPIDLA 102

OBR. 90) MĚRNÉ ZATÍŽENÍ OZUBENÍ.....103

OBR. 91) MAXIMÁLNÍ NAPĚTÍ OZUBENÍ 104

OBR. 92) DIAGRAM VELIKOSTI RIZIK 112

OBR. 93) ROTAČNÍ HLAVA S NÁSTAVCEM PRO EFEKTIVNĚJŠÍ PŘITLAČENÍ.....124

OBR. 94) CELKOVÝ POHLED NA APLIKAČNÍ SYSTÉM 125

16 SEZNAM PŘÍLOH

16.1 Tištěné přílohy

- Produktový list – vakuová přísavka ESS-40-SNA
- Produktový list – držák vakuové přísavky ESH-HA-4-QS
- Produktový list – snímač DATALOGIS S100
- Produktový list – indukční snímač B14-M12-AP6X-H1141
- Produktový list – snímač koncové polohy XCKN2118P20
- Produktový list – řemenice 27AT5/32
- Produktový list – lineární vedení typ HG
- Výpočtový protokol ozubeného převodu
- Výkres hlavní sestavy – 411 001 APLIKÁTOR ROHŮ
- Výkres sestavy - 411 002 RAMENO
- Výkres sestavy – 411 003 ZÁSOBNÍK
- Výkres sestavy – 411 004 VOZÍK
- Výkres sestavy – 411 056 APLIKÁTOR LEPIDLA

16.2 Přílohy na CD

- 3D model aplikačního systému
- Výkresová dokumentace – sestavy 411 001, 411 002, 411 003, 411 004, 411 056

PŘÍLOHY

Příloha 1

vakuová přísavka
ESS-40-SNA
č. dílu: 189308

FESTO

snadno vyměnitelná,

katalogový list

parametr	hodnota
min. poloměr výrobku R	230 mm
jmenovitá světlost	3 mm
průměr přísavky	40 mm
objem přísavky	1.566 cm3
umístění připojení	nahoře
montážní poloha	libovol.
zvláštní vlastnosti	antistatický
přiřazení držáku přísavky	velikost 4
tvar přísavky	kulatý plochý tvar
provozní tlak	0 ... 0.95 bar
jmenovitý provozní tlak	-0.7 bar
provozní médium	atmosférický vzduch podle ISO 8573-1:2010 [7:-:-]
třída odolnosti korozi KBK	1 - nízké požadavky na odolnost korozi
bezpečnost vzhledem k potravinám	viz rozšířené informace o materiálu
okolní teplota	-10 ... 70 °C
přídržná síla při jmenovitém provozním tlaku	69.6 N
příčná síla při jmenovitém provozním tlaku	49 N
hmotnost výrobku	16.3 g
typ upevnění	prostřednictvím připojení vakua
připojení vakua	M6
barva	černý/bílý bod
tvrdost Shore	50 +/- 5
materiál šroubovacích čepů	poniklovaná tvárná hliníková slitina poniklovaná mosaz pozinkovaná a pochromovaná ocel
upozornění k materiálu	prosté mědi a PTFE ve shodě s RoHS
materiál přísavky	BR

09.05.2021 – změny vyhrazeny – Festo SE & Co. KG 1 / 1

Příloha 2

Vacuum suction cup holder ESH-HA-4-QS

Part number: 189199

FESTO

Data sheet

Feature	Value
Volume	0.719 cm^3
Type code	ESH
Mounting position	Vertical
Design	Vacuum connection at top
Classification of suction cup holder	Size 4
Operating medium	Atmospheric air based on ISO 8573-1:2010 [7:-:-]
Corrosion resistance class (CRC)	1 - Low corrosion stress
Ambient temperature	0 °C ... 60 °C
Product weight	30 g
Type of mounting	With lock nut
Suction cup mounting	M6
Vacuum connection	QS-6
Note on materials	RoHS-compliant
Seals material	NBR
Retaining bracket material	POM Tempered steel High-alloy steel

Příloha 3

DATALOGIC

DATALOGIC - S100 - MINIATURE SENSOR

IO-link versions now available

- Miniature photoelectric sensor
- Front and back mounting holes
- 2m embedded cable or M8 connector
- PNP, NPN or IO-link output
- Light on/dark on selectable through wires

PRODUCT DESCRIPTION

The S100 series, with standard case dimensions of only 20 x 32 x 12mm, sets a new benchmark for miniature photoelectric sensors with several distinctive features. The sensors offer four mounting holes, two threaded holes on the front side and two slotted holes on the back, making it a universal solution, suitable in all layouts and applications.

The installation of the S100 photoelectric sensor is simple and fast because there is no trimmer or push-buttons to adjust, also guaranteeing an anti-tampering function.

All standard optic functions are available:

· Through beam at 12 m
· Retroreflective at 7 m and Polarized at 5,5 m and 3 m
· Diffuse proximity at 30 cm and 50 cm
· Fixed focus at 70 mm and Background suppression at 100 mm

All models are provided with M8 connector or 2m embedded cable, with PNP, NPN or IO-link outputs.

An external input can be used to select Light/Dark mode or even set the distance in the Background Suppression model.

FEATURES & BENEFITS

· Cost saving, for the very competitive price
· Space saving, for the miniature dimensions and universal mounting
· Time saving, for the quick mechanical and electrical installation without settings
· Now featuring IO-link versions or selected configurations

APPLICATIONS

· Packaging and packing machines
· Conveyor and sorting lines
· Warehousing and logistics plants

VARIANT

S100-PR-2-M00-PH
950811130 Short range background suppression PNP 2m Cable

BROWN	1	+ 10...30 V DC
WHITE	2	REMOTE
BLACK	3	OUTPUT
BLUE	4	0 V

SPECIFICATIONS

Approvals	CE, UL
Cable length	2000 mm
Dimension (mm)	32 x 20 x 12
Distance max	100 mm
Distance min	30 mm
Electrical connection	Embedded 2m cable
Function	Dark on / Light on
IP class	IP67
LED indicator	Yes
Lens material	PC, PMMA
Light type	Red LED
Material of body	ABS plastic
Output	PNP
Output current max	0,1 A
Photocell technology	Background suppression
Power consumption max	0,03 A
Reaction time	1 ms
Sensitivity setting	No
Storage temperature max	70 °C
Storage temperature min	-40 °C
Supply voltage	10-30 V DC
Temperature operational max	55 °C
Temperature operational min	-25 °C
Type of light	LED
Weight	50 g

Příloha 4

BI4-M12-AP6X-H1141
Indukční senzor – se zvýšenou spínací vzdáleností

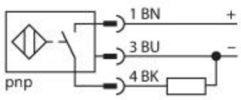
Technické údaje

Typ	BI4-M12-AP6X-H1141
ID č.	46070
Jmenovitá spínací vzdálenost	4 mm
Provedení	vestavné
Zajištěná spínací vzdálenost	≤ (0,81 x Sn) mm
Faktor korekce	St37 = 1; Al = 0,3; nerez = 0,7; Ms = 0,4
Opakovatelnost	≤ 2 % z rozsahu
Teplotní drift	≤ ± 10 %
Hystereze	3…15 %
Okolní teplota	-25… +70 °C
Napájecí napětí	10…30 VDC
Zvlnění	≤ 10 % U_{ss}
DC jmenovitý provozní proud	≤ 200 mA
Proud naprázdno	≤ 15 mA
Zbytkový proud	≤ 0.1 mA
Zkušební izolační napětí	≤ 0.5 kV
Ochrana proti zkratu	ano / taktovaná
Pokles napětí při I_e	≤ 1.8 V
Ochrana proti přerušení vodiče / přepólování	ano / kompletní
Výstupní funkce	třídrát, spínací, PNP
Třída ochrany	⧈
Frekvence spínání	2 kHz
Pouzdro	závitové pouzdro, M12 x 1
Rozměry	52 mm
Materiál pouzdra	kov, CuZn, chromovaný
Materiál aktivní plochy	plast, PA12-GF30
Utahovací moment upevňovací matice	10 Nm

Vlastnosti

- závitové pouzdro M12 x 1
- chromovaná mosaz
- větší snímací rozsah
- 3drát DC, 10…30 VDC
- spínací PNP výstup
- konektor M12x1

Schéma zapojení



Funkční princip

Indukční senzory detekují bezdotykově a bez opotřebení kovové objekty. Pracují na principu vysokofrekvenčního elektromagnetického střídavého pole, které je identifikovaným objektem zatlumováno. U indukčních senzorů je toto pole vytvářeno jedním LC-rezonančním obvodem s jednou cívkou s feritovým jádrem.

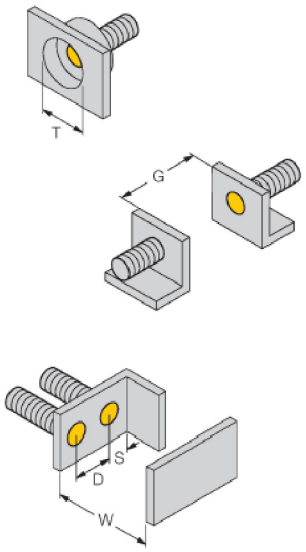
BI4-M12-AP6X-H1141| 23-04-2021 05-48 | Změna údajů vyhrazena

Technické údaje

Elektrické připojení	konektor, M12 x 1
Odolnost vůči vibracím	55 Hz (1 mm)
Odolnost proti rázům	30 g (11 ms)
Stupeň krytí	IP67
MTTF	2283 let dle SN 29500 (Ed. 99) 40°C
Indikace stavu výstupu	LED, žlutá

Montážní pokyny

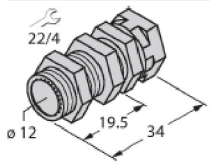
Montážní pokyny / popis



Vzdálenost D	24 mm
Vzdálenost W	3 x Sn
Vzdálenost T	3 x B
Vzdálenost S	1,5 x B
Vzdálenost G	6x Sn
Průměr aktivní plochy B	Ø 12 mm

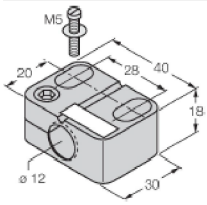
Příslušenství

QM-12 6945101



Montážní úchytka s pevným dorazem; materiál: chromovaná mosaz Vnější závit M16x1. Upozornění: Spínací vzdálenost senzorů se může lišit při použití úchytek pro rychlou montáž.

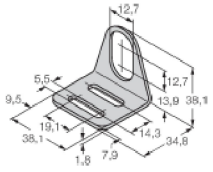
BST-12B 6947212



Montážní úchytka s pevným dorazem pro závitová pouzdra; materiál: PA6

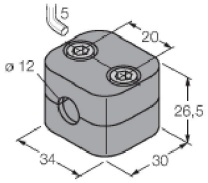
BI4-M12-AP6X-H1141 | 15-11-2020 10-52 | Změna údajů vyhrazena

MW-12	6945003



Montážní úchytka pro závitová pouzdra; materiál: nerez A2 1.4301 (AISI 304)

BSS-12	6901321



Montážní úchytka pro válcová a závitová pouzdra; materiál: polypropylén

Příslušenství

Rozměrový náčrtek	Typ	Ident.č..	
	RKC4T-2/TEL	6625010	Připojovací kabel, zásuvka M12 přímá 3pinová, délka kabelu: 2 m, materiál kabelu: černé PVC; cULus certifikát; k dispozici i jiné délky kabelu a provedení, viz www.turck.cz

BI4-M12-AP6X-H1141| 15-11-2020 10-52 | Změna údajů vyhrazena

Příloha 5

Produktová stránka
Vlastnosti

XCKN2118P20
poloh. spínač XCKN-páka s plast.kladkou-1Z +1V-mžik.funkce-kabel.vstup M20

Green Premium

Základní popis

Výrobková řada	Telemecanique Limit switches XC Standard
Název řady	Standardní formát
Typ produktu nebo součásti	Polohový spínač
Označení přístroje	XCKN
Provedení snímače	Kompakt forma A
Typ těla	Pevné
Typ hlavice	Otočná hlava
Materiál	Plast
Materiál těla	Plast
Materiál hlavy	Plast
Upevnění	Na tělo
Pohyb pracovní hlavy	Otočný
Typ ovládací hlavice	Spring return roller lever thermoplastic
Typ přístupu	Lateral approach, 2 directions
Kabelová průchodka	1 entry tapped for M20 x 1.5 cable gland, cable outer diameter: 7...13 mm
Počet pólů	2
Typ a složení kontaktu	1 V + 1 Z
Funkce kontaktu	Mžiková funkce

Doplňky

Nájezdy	24/40 mm
Ovládání spínače	30° vačkou
Elektrické připojení	Screw-clamp terminals, clamping capacity: 1 x 0.34...2 x 1.5 mm²
Tvar izol. kontaktu	Zb
Nucené vypnutí	Ano
Nucené vypnutí minimálním momentem	0,15 N.m
Minimální moment pro vypnutí	0,1 N.m
Maximální rychlost ovládání	1.5 m/s
Označení kontaktu	A300, AC-15 (Ue = 240 V), Ie = 3 A, Ithe = 10 A conforming to EN/IEC 60947-5-1 appendix A R300, DC-13 (Ue = 250 V), Ie = 0.1 A conforming to EN/IEC 60947-5-1 appendix A
[Ui] jmenovité izolační napětí	300 V conforming to UL 508 500 V (pollution degree 3) conforming to IEC 60947-1 300 V conforming to CSA C22.2 No 14
[Uimp] jmenovité impulzní výdržné napětí	6 KV podle IEC 60664 IEC 60947-1 6 kV
Zkratová ochrana	10 A cartridge fuse, type gG
Elektrická životnost	5000000 Cycles, DC-13, 120 V, 4 W, operating rate <60 cyc/mn, load factor: 0.5 conforming to IEC 60947-5-1 appendix C 5000000 Cycles, DC-13, 24 V, 10 W, operating rate <60 cyc/mn, load factor: 0.5 conforming to IEC 60947-5-1 appendix C 5000000 cycles, DC-13, 48 V, 7 W, operating rate <60 cyc/mn, load factor: 0.5 conforming to IEC 60947-5-1 appendix C
Mechanická životnost	10000000 cykly
Šířka	30 mm
Výška	108 mm
Hloubka	44,5 mm

Informace uvedené v této dokumentaci uvádějí obecný popis nebo technické vlastnosti zde obsažených výrobků.
Tato dokumentace nepředstavuje náhradu a nemůže být použita pro stanovení vhodnosti nebo spolehlivosti těchto výrobků pro určitou aplikaci uživatele.
Povinností každého uživatele nebo integrátora je provést vhodnou a úplnou analýzu rizik, hodnocení a zkoušení výrobku s ohledem na konkrétní aplikaci a použití.
Schneider Electric Industries SAS ani jí přidružené společnosti neodpovídají za nesprávné využití zde obsažených informací.

Hmotnost přístroje	0,175 kg
Popis svorek ISO č. 1	(13-14)Z (21-22)V

Prostředí

Odolnost proti otřesům	45 gn for 11 ms conforming to IEC 60068-2-27
Odolnost proti vibracím	25 gn (f= 10...500 Hz) conforming to IEC 60068-2-6
Stupeň krytí IP	IP65 conforming to IEC 60529
Stupeň ochrany IK	IK04 conforming to EN 50102
Kategorie přepětí	Class II conforming to IEC 61140 Class II conforming to NF C 20-030
Provozní teplota	-25...70 °C
Teplota okolí pro uskladnění	-40...70 °C
Stupeň ochrany	TC
Certifikace výrobku	CCC UL CSA
Normy	EN 60947-5-1 UL 508 IEC 60947-5-1 EN 60204-1 IEC 60204-1 CSA C22.2 č. 14

Packing Units

Typ balení 1	PCE
Počet jednotek v balení	1
Hmotnost balení (libry)	87 g
Výška balení 1	11 cm
Šířka balení 1	16 cm
Délka balení 1	31 cm
Typ balení 2	BB1
Počet výrobků v balení 2	20
Hmotnost balení 2	1,78 kg
Výška balení 2	11 cm
Šířka balení 2	16 cm
Délka balení 2	31 cm
Typ balení 3	S03
Počet výrobků v balení 3	60
Hmotnost balení 3	6,014 kg
Výška balení 3	30 cm
Šířka balení 3	30 cm
Délka balení 3	40 cm

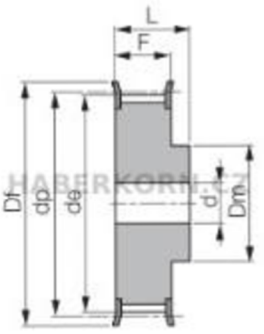
Offer Sustainability

Stav udržitelné nabídky	Green Premium produkt
Nařízení REACh	Deklarace REACh
Směrnice EU RoHS	Proaktivní shoda (Produkt mimo rámec právních předpisů týkajících se EU RoHS) Deklarace EU RoHS
Neobsahuje rtuť	Ano
Informace výjimce o RoHS	Ano
Informace o životním prostředí	Environmentální Profil Produktu

Záruční lhůta

Záruka	18 měsíců

Příloha 6



2F

Poznámky

- standardní AT-profil s metrickou roztečí (lichoběžníkový tvar ozubení)

Materiál

řemenice	hliník
bočnice	pozinkovaná ocel

Poznámky k objednání

- všechny rozměry uvedeny v mm

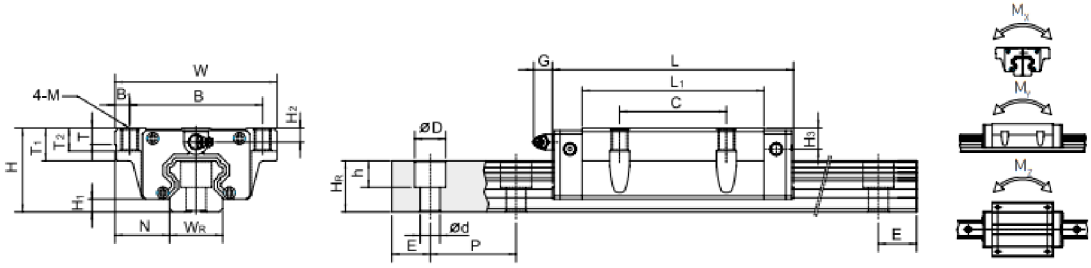
Označení	27 AT5/32
Počet zubů	32
Provedení	2F
dp - výpočtový průměr	50.94
de - hlavový průměr	49.70
Df - max. průměr	54.00
F - šíře věnce	21
L - celková šířka	27
Dm - průměr náboje	38.00
d - předvrtaná díra	8
Profil zubů	AT
Rozteč zubů	5.000
Hmotnost [kg/ks]	0.120
Materiál	hliník
Bočnice	pozinkovaná ocel

Příloha 7

HIWIN
Motion Control & Systems

Lineární vedení
Typ HG

3. HGW-CC / HGW-HC



kolejnice: HGR-R

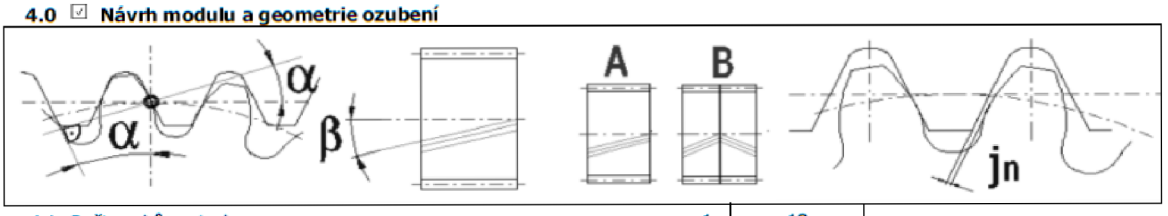
Typ	Montážní rozměry [mm]			Rozměry vozíku [mm]												Rozměry kolejnic [mm]							Šrouby pro kolejnici [mm]	Dynamická únosnost C_{dyn} [N]	Statická únosnost C_0 [N]	Statický moment			Hmotnost	
	H	H_1	N	W	B	B_1	C	L_1	L	G	M	T	T_1	T_2	H_2	H_3	W_R	H_R	D	h	d	P	E				M_1 [Nm]	M_2 [Nm]	M_3 [Nm]	vozík [kg]	kolejnice [kg/m]
HGW15CC	24	4,3	16,0	47	38	4,5	30	39,4	61,4	5,3	M5	6,0	8,9	6,95	4,5	5,5	15	15,0	7,5	5,3	4,5	60	*	M4x16	11380	25310	170	150	150	0,17	1,45
HGW20CC	30	4,6	21,5	63	53	5,0	40	50,5	77,5	12,0	M6	8,0	10,0	9,50	6,0	7,0	20	17,5	9,5	8,5	6,0	60	*	M5x16	17750	37840	380	270	270	0,51	2,21
HGW20HC								65,2	90,3																21180	48840	480	470	470	0,52	
HGW25CC	36	5,5	23,5	70	57	4,5	45	58,0	83,0	12,0	M8	8,0	14,0	10,00	6,0	9,0	23	22,0	11,0	9,0	7,0	60	*	M6x20	26480	56190	640	510	510	0,78	3,21
HGW25HC								78,6	103,6																32750	76000	870	880	880	0,80	
HGW30CC	42	6,0	31,0	90	72	9,0	52	70,0	97,4	12,0	M10	8,5	16,0	10,00	6,5	10,8	28	26,0	14,0	12,0	9,0	80	*	M8x25	38740	83060	1060	850	850	1,42	4,47
HGW30HC								93,0	120,4																47270	110130	1400	1470	1470	1,44	
HGW35CC	48	7,5	33,0	100	82	9,0	62	80,0	112,4	12,0	M10	10,1	18,0	13,00	9,0	12,6	34	29,0	14,0	12,0	9,0	80	*	M8x25	49520	102870	1730	1200	1200	2,03	6,30
HGW35HC								105,8	138,2																60210	136310	2290	2080	2080	2,06	
HGW45CC	60	9,5	37,5	120	100	10,0	80	97,0	138,0	12,9	M12	15,1	22,0	15,00	8,5	20,5	45	38,0	20,0	17,0	14,0	105	*	M12x35	77570	155930	3010	2350	2350	3,54	10,41
HGW45HC								128,8	169,8																94540	207120	4000	4070	4070	3,69	
HGW55CC	70	13,0	43,5	140	116	12,0	95	117,7	165,7	12,9	M14	17,5	24,5	17,00	12,0	19,0	53	44,0	23,0	20,0	16,0	120	*	M14x45	114440	227810	5660	4060	4060	5,38	15,08
HGW55HC								155,8	203,8																139350	301260	7490	7010	7010	5,96	
HGW65CC	90	15,0	53,5	170	142	14,0	110	144,2	198,2	12,9	M16	25,0	37,5	23,00	15,0	15,0	63	53,0	26,0	22,0	18,0	150	*	M16x50	163630	324710	10020	6440	6440	9,17	21,18
HGW65HC								203,6	257,6																208360	457150	14150	11120	11120	12,89	

* Pokud zákazník neurčí jinak, oba konce E_1 a E_2 jsou symetrické v rozmezí $E_{1/2}$ min. a $E_{1/2}$ max. - viz tab. 2.19.

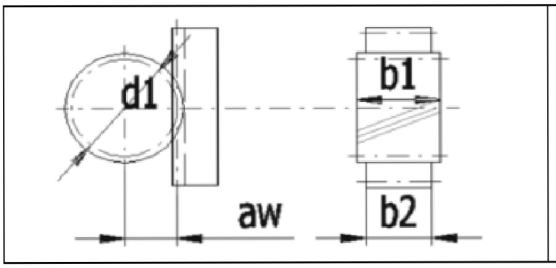
Příloha 8

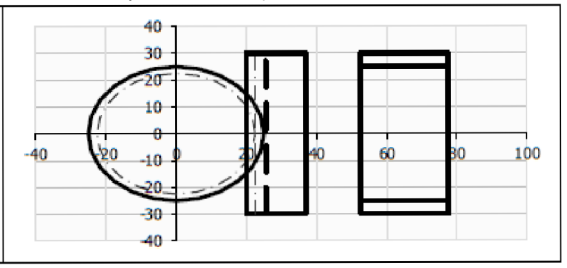
Čelní ozubení - ozubený hřeben [mm / ISO]

			Pastorek	Hřeben	
i	**Zkontrolujte řádek:9.19;**				
ii	☐ **Informace o projektu**				
?	**Kapitola vstupních parametrů**				
1.0	☑ **Volba základních vstupních parametrů**				
1.1	Obvodová síla, síla na hřebenu	Ft	217,50		[N]
1.2	Obvodová rychlost na roztečné kružnici	v | vmax	0,25	< 3	[m/s]
1.3	Přenášený výkon	Pw	0,054	0,054	[kW]
1.4	Otáčky pastorku	n	106,10		[/min]
1.5	Krouticí moment (pastorek)	Mk	4,89		[Nm]
2.0	☑ **Volba materiálů, režimu zatížení, provozních a výrobních parametrů.**				
2.1	Označení materiálu podle normy :		CSN		
2.2	Materiál pastorku :		E...Konstrukční ocel ušlechtilá 12051 (Rm=640 MPa) povrchově kalená po boku		
2.3	Materiál hřebene :		E...Konstrukční ocel ušlechtilá 12051 (Rm=640 MPa) povrchově kalená po boku		
2.4	Typ zatížení převodovky od hnacího stroje		A...Plynulé		
2.5	Typ zatížení převodovky od poháněného stroje		A...Plynulé		
2.6	Typ uložení soukolí		F. Letmo uložené soukolí - typ 2		
2.7	Stupeň přesnosti - ISO1328 | Ra max | v max.		9.....(Ra max.= 3,2 / v max.= 3)		
2.8	Koeficient jednorázového přetížení	KAS	3,00		
2.9	Počet cyklů	NK	1,00E+09	1,00E+08	
2.10	Koeficient bezpečnosti (dotyk/ohyb)	SH / SF	1,30	1,60	
2.11	Automatický návrh				
3.0	☐ **Parametry profilu nástroje a zubu**				
4.0	☑ **Návrh modulu a geometrie ozubení**				



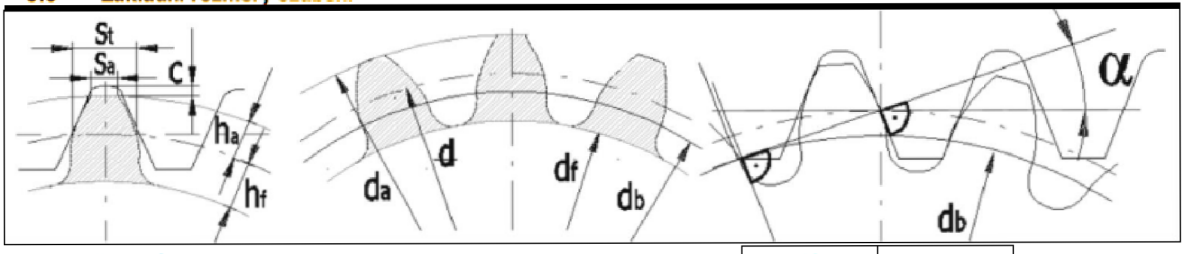
4.1	Počty zubů pastorku	z1	18		
4.2	Normálný úhel záběru	α	20		[°]
4.3	Základní úhel sklonu zubů	β	0		[°]
4.4	Nastavení poměru šířky pastorku k průměru				
4.5	Poměr šířky pastorku k jeho průměru	ψd / max	0,50	< 0,6	
4.6	Modul ozubení / normalizovaná hodnota	mn [mm]	2,5		[mm]
4.7	Průměr roztečné kružnice pastorku	d1	45,00	~	[mm]
4.8	Doporučená šířka ozubení		28,8 - 27		[mm]
4.9	Šířka pastorku / hřebene	b1/b2	25,00	25,00	[mm]
4.10	Pracovní šířka ozubení	bw	25	☑	[mm]
4.11	Poměr šířky pastorku k jeho průměru	ψd / max	0,56	< 0,6	
4.12	Pracovní vzdálennost os	aw	22,500		[mm]
4.13	Přibližná hmotnost soukolí	m	0,304	~	[kg]
4.14	Minimální koeficient bezpečnosti	SH / SF	1,39	4,59	





4.15	**Boční vůle v ozubení (normálná)**				
4.16	- Doporučená min | max. hodnota		0,214	0,856	[mm]
4.17	- Zvolená boční vůle	jn	0,0000		[mm]
5.0	☐ **Korigování ozubení**				
	Kapitola výsledků				

6.0 ☑ Základní rozměry ozubení



6.1	Počty zubů pastorku	z	18	~	
6.2	Šířka pastorku / hřebene	b	25	25	[mm]
6.3	Normálný modul	mn	2,5		[mm]
6.4	Tečný modul	mt	2,5000		[mm]
6.5	Normálná rozteč	p	7,854		[mm]
6.6	Čelní rozteč	pt	7,85398		[mm]
6.7	Základní rozteč	ptb	7,380		[mm]
6.8	Osová vzdálenost (roztečná)	a'	22,5000		[mm]
6.9	Osová vzdálenost (výrobní)	av'	22,5000		[mm]
6.10	Osová vzdálenost (pracovní)	aw'	22,5000		[mm]
6.11	Úhel záběru	α	20,00		[°]
6.12	Čelní úhel záběru	αt	20,0000		[°]
6.13	Valivý úhel záběru normálný	αwn	20,0000		[°]
6.14	Valivý úhel záběru čelní	αwt	20,0000		[°]
6.15	Úhel sklonu zubů	β	0,00		[°]
6.16	Základní úhel sklonu	β b	0,0000		[°]
6.17	Průměr hlavové kružnice	da	50,0000	~	[mm]
6.18	Průměr roztečné kružnice	d	45,0000	~	[mm]
6.19	Průměr základní kružnice	db	42,2862	~	[mm]
6.20	Průměr patní kružnice	df	38,7500	~	[mm]
6.21	Průměr valivé kružnice	dw	45,0000	~	[mm]
6.22	Výška hlavy zubu	ha	2,5000	2,5000	[mm]
6.23	Výška paty zubu	hf	3,1250	3,1250	[mm]
6.24	Tloušťka zubu na hlavové kružnici	sna	1,7041	2,0977	[mm]
6.25	Tloušťka zubu na hlavové kružnici (tečná)	sta	1,7041	2,0977	[mm]
6.26	Tloušťka zubu na roztečné kružnici	sn	3,9270	3,9270	[mm]
6.27	Tloušťka zubu na roztečné kružnici (tečná)	st	3,9270	3,9270	[mm]
6.28	Tloušťka zubu patní kružnici	sb	3,9591	6,2018	[mm]
6.29	Jednotková tloušťka zubu na hlavové kružnici	sa*	0,6817	0,8391	[modul]
6.30	Jednotkové přisunutí kol	dY	0,0000		[modul]
6.31	Celková jednotková korekce	x1+x2	0,0000		[modul]
6.32	Jednotkové posunutí	x	0,0000	0,0000	[modul]
6.33	**Dosažení požadovaného průměru hlavové kružnice změnou hlavové vůle ca* [3.11]**				
6.34	Jednotková hlavová vůle	ca*	0,2500	0,2500	[modul]
6.35	Hlavový průměr (výška hlavy zubu) je možné měnit od/do	da1/ha2	48,75/50	1,25/3,75	[mm]
6.36	Požadovaný hlavový průměr (výška hlavy zubu)	da1/ha2 req	50,000	2,500	

7.0 ☐ Doplňkové parametry ozubení

8.0 ☐ Kvalitativní ukazatele ozubení

9.0 ☐ Součinitele pro výpočet koeficientů bezpečnosti

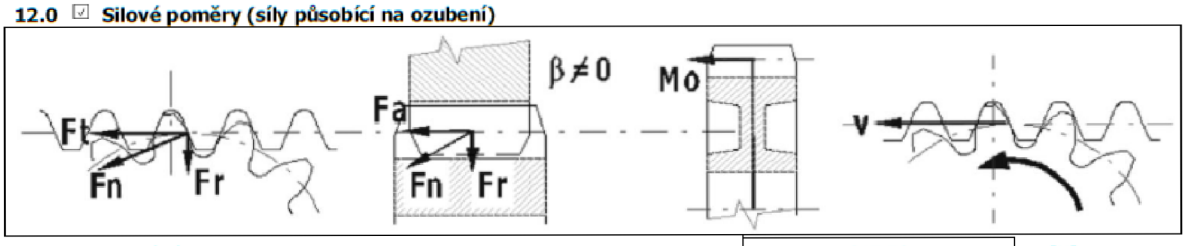
10.0 ☑ Napětí a koeficienty bezpečnosti

10.1	Na únavu v dotyku	SH	1,39	2,20	
10.2	Na únavu v ohybu	SF	4,59	4,79	
10.3	V dotyku při jednorázovém přetížení	SHst	2,53	2,87	
10.4	V ohybu při jednorázovém zatížení	SFst	10,01	9,83	
10.5	Variační součinitel pro výpočet pravděpodobnosti poruchy	vH/vF	0,06	0,1	
10.6	Pravděpodobnost poruchy	P	0,00		[%]
10.7	Jmenovité napětí v dotyku	SigmaH0	182,00		[MPa]
10.8	Výpočtové napětí v dotyku	SigmaH	547,48	482,80	[MPa]
10.9	Mez únavy v dotyku	SigmaHG	760,95	1060,95	[MPa]
10.10	Dovolené napětí v dotyku	SigmaHP	585,35	816,12	[MPa]

10.11	Jmenovité napětí v ohybu v patě zubu	SigmaF0	9,62	9,79	[MPa]
10.12	Výpočtové napětí v ohybu v patě zubu	SigmaF	47,79	48,67	[MPa]
10.13	Mez únavy v ohybu	SigmaFG	219,53	233,14	[MPa]
10.14	Dovolené napětí v ohybu	SigmaFP	137,21	145,71	[MPa]

11.0 ☐ **Kontrolní rozměry ozubení, Soustava přesnosti ISO 1328**

12.0 ☑ **Silové poměry (síly působící na ozubení)**



12.1	Obvodová síla	Ft	217,50		[N]
12.2	Normálná síla	Fn	231,46		[N]
12.3	Axiální síla	Fa	0,00		[N]
12.4	Radiální síla	Fr	79,16		[N]
12.5	Ohybový moment	Mo	0,00	~	[Nm]
12.6	Obvodová rychlost na roztečné kružnici	v | vmax [m/s]	0,25	< 3	[m/s]
12.7	Tečné zatížení na jednotkovou šířku zubu / měrné zatížení	wt | wt*	8,70	3,48	[N/mm | MPa]

13.0 ☐ **Parametry zvoleného materiálu**

Kapitola doplňků

14.0 ☐ **Výpočet ozubení na zadanou osovou vzdálenost**

15.0 ☐ **Výkon, oteplení, plocha skříně**

16.0 ☐ **Předběžný návrh průměru hřídelí (ocel)**

17.0 ☐ **Přibližný výpočet modulu existujícího kola**

18.0 ☐ **Výpočet KHbeta, výpočet YSg**

19.0 ☐ **Výpočet SHlim a SFlim podle ISO 6336-5, návrh vlastností materiálu**

20.0 ☐ **Grafický výstup, CAD sytémy**