



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

ROBOTIZOVANÉ PRACOVÍŠTĚ PRO PALETOVÁNÍ DÍLŮ

ROBOTIZED WORKPLACE FOR PALLETIZING PARTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Valenta

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Vetiška, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Jan Valenta**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Jan Vetiška, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

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

Robotizované pracoviště pro paletování dílů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Při stále zvětšujícím se tlaku na produktivitu práce, je jednou z možností jak tohoto dosáhnou robotizace rutinních činností. Jednou z takových je obsluha výrobní linky (paletování dílů). Cílem práce je zjistit aktuální stav dané problematiky a poznatky aplikovat při koncepčním návrhu takového pracoviště.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše dané problematiky.
Návrh variant řešení.
Rozpracování vybraného řešení.
Digitální zprovoznění.
Vyhodnocení dosažených výsledků.
Závěr a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

SICILIANO, B., KHATIB, O. Springer handbook of robotics. Berlin: Springer, c2008. ISBN 978-3-5-0-23957-4.
KOLÍBAL, Z. a kol.: Roboty a robotizované výrobní technologie. VUTIUM Brno, 2016, ISBN 978-8-214-4828-5.
NOF, S. Y. Springer Handbook of Automation. Springer, 2009. 1812 s. ISBN 978-3-540-78830-0.

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

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá tématem robotizovaných paletizačních pracovišť, jež jsou po teoretické stránce rozebrány v rešeršní části. V praktické části této práce jsou tyto poznatky využity pro návrh specifického robotizovaného pracoviště. Dále je tento návrh rozpracován tak aby byl čtenář seznámen s jednotlivými částmi pracoviště. Následně je pracoviště digitálně zprovozněno. Výsledkem práce je plně funkční CAD model pracoviště s programem připraveným k nahrání do robotu.

ABSTRACT

The subject of this thesis are robotic palletizing workplaces, which are theoretically analyzed in the research part. In practical part of this thesis, these findings are used to design a specific robotic workplace. Thereafter, this design is developed in order to acquaint the reader with each part of workplace. Subsequently the workplace is digitally commissioned. The result of this thesis is fully functional CAD model of the workplace with program ready to be uploaded to the robot.

Překlad výše zmíněného abstraktu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Robot, konstrukce, digitální zprovoznění, efektor, snímač, nástroj

KEYWORDS

Robot, design, digital commissioning, effector, sensor, tool

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Valenta, Jan. Robotizované pracoviště pro paletování dílů. Brno, 2020. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Ing. Jan Vetiška Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji rodině a přátelům za podporu. Děkuji Firmě N-rote mechanical s.r.o. za možnost realizovat tuto práci.

ČESTNÉ PROHLÁŠ ENÍ

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

V Brně dne 25.6.2020

.....

Jan Valenta

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	MOTIVACE	17
3	REŠERŠE DANÉ PROBLEMATIKY	19
3.1	Robotizace.....	19
3.2	Paletizace.....	20
3.3	Robot.....	21
3.3.1	Průmyslové roboty	22
3.3.2	Konstrukce průmyslového robotu.....	23
3.3.3	Kolaborativní roboty	24
3.3.4	Porovnání práce robotu s člověkem	24
3.3.5	Výrobci průmyslových robotů	25
3.3.6	Porovnání výrobců	26
3.3.7	Servisní roboty	26
3.4	Koncový efektor.....	27
3.4.1	Manipulační koncové efekторы.....	27
3.4.2	Mechanické koncové efekторы	27
3.4.3	Magnetické koncové efekторы	28
3.5	Senzory.....	28
3.5.1	Optické snímače.....	28
3.5.2	Indukční snímače	29
3.5.3	Koncové snímače pneumatických válců	29
3.6	Vstupní a výstupní periferie	29
3.7	Digitální zprovoznění.....	30
4	NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ.....	31
4.1	Návrh varianty řešení 1	32
4.2	Návrh varianty řešení 2	33
4.3	Návrh varianty řešení 3	34
4.4	Výběr varianty řešení	35
5	ROZPRACOVÁNÍ VYBRANÉHO ŘEŠENÍ.....	35
5.1	Celkový přehled robotizovaného pracoviště	35
5.2	Rám	36
5.3	Podavač rastru	37
5.4	Horní podavač beden.....	38
5.5	Výtah.....	39
5.6	Spodní odebírač beden	40
5.7	Nástroj.....	41
5.8	Komponenty v hlavní sestavě	42
5.9	Robot.....	42
6	DIGITÁLNÍ ZPROVOZNĚNÍ	42
6.1	Input/output tabulka	43
6.2	Proměnné parametry	45
6.3	Před spuštěním	45

6.4	Příprava na paletizaci	46
6.5	Algoritmus pracoviště	46
7	VYHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ.....	49
8	ZÁVĚR A DOPORUČENÍ PRO PRAXI.....	51
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	53
10	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	55
11	SEZNAM PŘÍLOH.....	57
	PŘÍLOHY	59

1 ÚVOD

V dnešní době se musí výrobci a podnikatelé neustále zlepšovat a nabízet lepší a kvalitnější služby než kdy předtím. Při stále se zvětšující konkurenci na trhu, kdy vzdálenosti již nehrají zásadní roli jako v nedávné době se zvyšuje tlak na nízkou výrobní cenu až na hranice možností. Jednou z možností, jak snížit výrobní náklady je využitím robotů a robotizovaných pracovišť. Často se jich využívá pro zautomatizování rutinních činností které, nejsou příliš náročné a k vrácení investice dochází relativně rychle.

Je však otázkou, při jakém počtu robotizovaných pracovišť se nahrazení lidské práce vyplácí. Pracoviště s roboty vyžadují více kvalifikovanou obsluhu která, očekává adekvátní odměnu za tuto kvalifikovanou práci.

Sociální faktor této další „průmyslové revoluce“ autor ponechává na projednání jiným studentům a akademikům na fakultách s odlišným zaměřením, než je fakulta strojního inženýrství.

V této práci se bude autor zabývat tématem robotizovaných pracovišť, které budou dále popsány a rozepsány v rešeršní části. Jelikož se jedná o velice komplexní téma, práce se bude zaměřovat hlavně na prvky které byly následně použity při reálné aplikaci.

V praktické části autor tyto poznatky využil při konstrukci a digitálním zprovoznění robotizovaného pracoviště pro paletování dílů, které se bude dle návrhu autora v dohledné době vyrábět.

2 MOTIVACE

Tato práce vznikla na základě snahy autora neustále se učit a zlepšovat. Zadání projektu k vytvoření robotizovaného pracoviště je ideálním podmětem k tomu naučit se něco nového a dále kariérně růst.

Při konzultaci k vytvoření zadání této bakalářské práce dále pan Vetiška pozvedl toto řešení na vyšší úroveň, kdy navrhl, aby to nebyla práce čistě konstrukční, ale obsahovala i digitální zprovoznění. Autor musí však zpětně poznamenat, že nevěděl, co vše to obnáší, o jak náročnou práci se jedná. Kdyby ale mohl toto rozhodnutí změnit, neměnil by.

Digitální zprovoznění je věc relativně nová a stále není tak rozšířená, jak si zasluhuje. Na další rozšiřování digitálního zprovoznění tak bude již autor připraven a schopen se zapojit.

3 REŠERŠE DANÉ PROBLEMATIKY

V této kapitole se bude autor zabývat problematikou robotizovaných pracovišť. Provozem těchto pracovišť dochází k zvýšení produktivity práce, snížení nákladů, a k dalším zaměstnavateli vítaným efektům. Proto dochází v poslední době, kdy roboty již dosáhly potřebné „intelligence“ a hlavně se staly cenově dostupnými pro širší okruhy podnikatelů, k jejich masivnímu rozšíření.

Robot je esenciální součástí pracoviště, avšak bez dalších přidaných prvků je téměř bezcenný (v rámci robotizovaného pracoviště). Dle požadavků kladených na robotizované pracoviště se odvíjí jeho složitost. Může se jednat pouze o robota s nástrojem, dopravníkem a jedním snímačem, avšak to by v dnešní době nebylo téma vhodné na bakalářskou práci.

V následujících podkapitolách budou uvedeny a rozebrány jednotlivé pojmy a prvky související s robotizovaným pracovištěm pro paletizaci dílů.

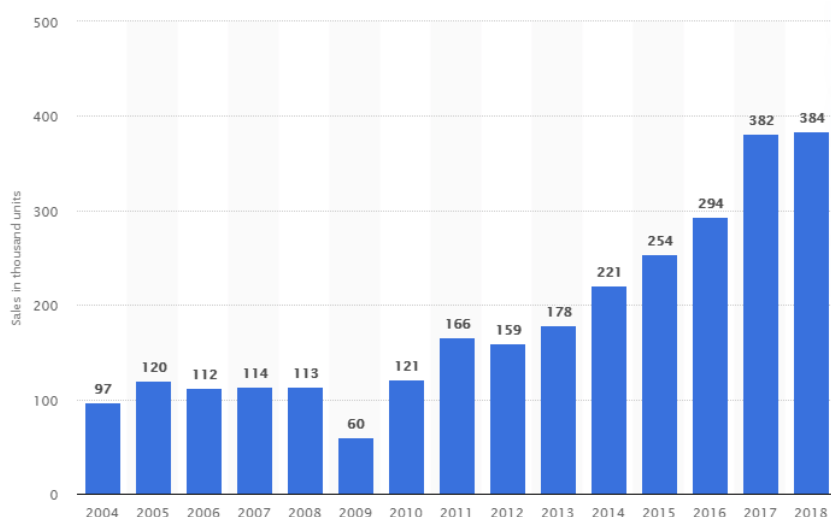
3.1 Robotizace

Robotizace je proces nahrazování lidské manuální práce při rutinních činnostech. Místo osoby se zde využívá robota, který je na tento účel adekvátně zvolen a připraven. Často se při tomto procesu využívají přednosti robota nad člověkem jako například možnost delšího dosahu nebo možnost většího zatížení. Jako jedna z hlavních předností robota nad člověkem zde vystupuje schopnost robota opakovat zadané pohyby a příkazy s vysokou přesností které v některých případech není člověk schopen.

Tento proces má však i své nevýhody. Mezi ty hlavní patří absence poznávacích schopností robota, kterými je člověk vybaven. Pokud jsou splněny všechny podmínky deklarované programátorem robot provede činnost, na kterou byl naprogramován i v případě kdy sice byly splněny všechny podmínky, avšak došlo k chybě. Tyto případy se však v praxi snažíme snížit na minimum pomocí různých čidel a snímačů.

Jako hlavní prvky v tomto procesu vystupují:

- Robot
- Koncový efektor
- Senzory
- Další mechanické prvky jako motory, pneumatické válce, ...
- Vstupní a výstupní periferie



Obrázek 1 prodeje průmyslových robotů

3.2 Paletizace

Paletizací se rozumí, jak již název napovídá ukládání výrobku na přesně vymezený prostor v určeném pořadí (často na paletu). Paletizace se většinou provádí jako poslední operace před expedicí hotových produktů, může však být prováděna kdykoli ve výrobním řetězci, pokud to technologický postup vyžaduje.

Paletizační roboty se odlišují od typických průmyslových robotů v počtu stupňů volnosti, typický paletizační robot má mezi 4 až 5 stupni volnosti. Můžeme však najít paletizační roboty i s 6 stupni volnosti, záleží na konkrétní aplikaci. Typicky jsou omezeny rotace „zápěstí“ tedy prvku na kterém je umístěn koncový efektor.

Robotizovaná paletizace nachází velké uplatnění při paletizování výrobků, které jsou svými vlastnostmi (hmotnost, rozměry) nad možnostmi jednotlivce. V této oblasti se výrazně angažuje firma Fanuc která nabízí paletizační roboty s velmi vysokou nosností a dosahem.

Dalším prvkem, který vystupuje v procesu paletizace je vstupní a výstupní periferie. Typickou vstupní periferií je dopravník, který dopravuje paletizované produkty na odebrací pozici. Na dopravníku často dochází také k úpravě orientace odebíraných produktů tak aby jejich orientace umožnila co nejspolehlivější uchycení a přepravu robotem. Pojem dopravník zde tedy často není výstižný, jelikož se může jednat o spojení dopravníku a dalších mechanismů.

Jako časté konstrukční řešení se objevuje i odebrání produktů přímo z výrobního stroje, pokud ve stroji dochází i k určení orientace výrobků.

Častou výstupní periferií, po které je celý proces pojmenován je standardizovaná paleta, těchto palet je několik druhů a s rostoucím počtem paletizačních pracovišť roste i různorodost výstupních periferií. Velká část výrobních podniků má své speciální výstupní periferie jako krabice a další nádoby specifických rozměrů a tvarů které se odvíjí od tvaru součástí, požadovaného počtu součástí v nádobě a variabilitě nádoby.

Častým požadavkem je vkládání tzv. proložek mezi jednotlivé patra výrobků nebo rastrů které určují počty kusů v nádobě. Tím dochází k zvyšování složitosti procesu paletizace,

v určitých případech jako je i případ této bakalářské práce není umožněno zástavbovými rozměry nebo jinými omezeními odebrání rastrů a proložek v horizontální poloze a potřeba robot s 6 ti stupni volnosti.

Snad nejdůležitějším prvkem v konstrukci celého paletizačního pracoviště se jeví koncový efektor. Při jeho správném návrhu můžeme znatelně zvětšit variabilitu paletizovaných produktů. Čímž snížíme čas nutný k odstávce robotu při změně odebíraného dílu.

Většina koncových effektorů má jeden a více stupňů volnosti, časté uplatnění zde nachází pneumatické systémy. Buďto pneumatické válce na sevření součásti nebo vakuová chapadla.

Vzhledem k důležitosti všech zmíněných prvků tvořící paletizační pracoviště bude každému z nich věnována samostatná podkapitola.



Obrázek 2 obrázek paletizace [1]

3.3 Robot

Jednoznačně definovat co přesně slovo robot znamená je téměř nemožné. Dnes si pod tím můžeme vybavit od terminátora(androida) z filmu Terminátor do průmyslového robota téměř cokoliv. Zde jsou uvedené některé definice pojmu robot.

Robot – automatický nebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní, cílově orientované interakce s přirozeným prostředím, podle instrukcí operátora. Tato interakce spočívá ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí a v manipulování s předměty, popř. v pohybování se v tomto prostředí. [2]

Robot – zařízení, automaticky reagující na podněty okolí a současně na toto okolí zpětně působící

Průmyslový robot – je autonomně fungující stroj-automat, který je určen k reprodukci některých pohybových a duševních funkcí člověka při provádění pomocných a základních výrobních operací bez bezprostřední účasti člověka a který je k tomuto účelu vybaven některými jeho schopnostmi (sluchem, zrakem, hmatem, pamětí a podobně), schopností samo výuky, samo organizace a adaptace, tj. přizpůsobivosti k danému prostředí. [3]

Kognitivní robot – je schopen za provozu se učit ze zkušeností a měnit svůj program dle potřeby, rozhodovat se za neúplných podmínek, předvídat události.

Roboty lze dále dělit dle několika kritérií, například dle inteligence, pohyblivosti, počtu stupňů volnosti.

Dále je lze rozdělit dle užití, a to na průmyslové a servisní roboty. [4] Jelikož robot, který bude použit při řešení praktické části bakalářské práce je robot průmyslový budou tyto kategorie dále podrobně rozepsány. V poslední době se však rozdíl mezi těmito kategoriemi stírá, a dochází k jejich spojení.

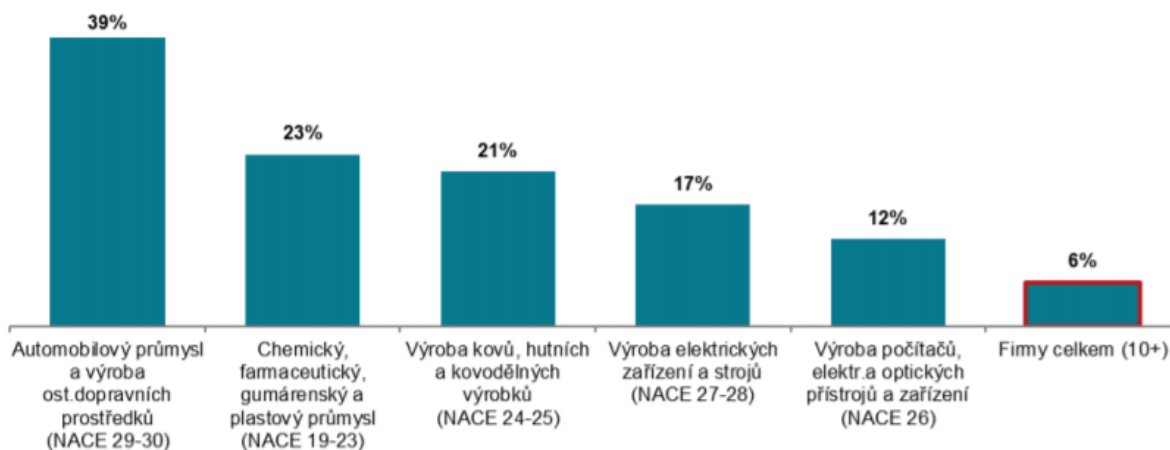
3.3.1 Průmyslové roboty

Průmyslové roboty, jak plyne z názvu se využívají v průmyslu. Jak pojem robot, tak i pojem průmyslový robot se definuje obtížně. Dle normy ISO 8373 je průmyslový robot definován takto:

Průmyslový robot je automaticky řízený, programovatelný, multifunkční manipulátor programovatelný v třech a více osách, který může být upraven na místě nebo být mobilní, užívaný pro průmyslové automatizované aplikace.

Historicky dříve, než průmyslové roboty byly zavedeny manipulátory. Tyto dva pojmy se často zaměňují, obecně lze říci že manipulátor je „hloupější“ než průmyslový robot ve smyslu že je schopen konat pouze automatizovanou a opakovatelnou činnost bez možnosti adaptovat se na prostředí. Zpravidla také není vybaven tolika senzory a čidly jako průmyslový robot.

Celkový počet průmyslových robotů v České republice je přibližně 4500. [4] S tím že tento počet se každým rokem zvyšuje. Nejvíce robotů se používá v automobilovém průmyslu (39 %) [5]. Roboty se používají pro různé operace, nejčastěji však pro paletizaci hotových dílů, přenosu dílu mezi pracovišti s definovanou orientací dílu. K využití průmyslových robotů nejčastěji sahají moderní výrobní podniky s masovou produkcí, kde dojde k relativně rychlému návratu počáteční investice.



Obrázek 3 Využívání průmyslových nebo servisních robotů v ČR 2018

Některé společnosti (Tesla, Fanuc, etc.) se snaží až o 100 % robotizaci výrobního procesu kdy nebude potřeba žádné lidské manuální práce. Zatím však jejich cíle nebyly splněny, ukazuje se, že nahradit člověka občas není zkrátka možné, nebo je to finančně tak náročné že se to míjí účelem. Pro tak velké provozy je poté i problémem najít dostatečný počet schopných programátorů a seřizovačů.

3.3.2 Konstrukce průmyslového robotu

Konstrukce robotu vychází z požadavků na něj kladených, které se pomocí úloh kinematiky a dynamiky převádí na informace které je nutné znát při dimenzování robotu. Při konstrukci robotu musíme brát v potaz několik hlavních požadavků mezi ty hlavní patří tyto:

- požadovaná nosnost
- požadovaný dosah
- počet stupňů volnosti
- požadovaná přesnost

Z hlediska kinematiky se roboty dělí na hlavní dvě skupiny podle kinematického řetězce. První je skupina robotů se sériovým kinematickým řetězcem, druhá je skupina s paralelním kinematickým řetězcem. První skupina robotů s otevřeným kinematickým řetězcem v dnešní době představuje většinu vyráběných robotů.

Průmyslové roboty se nejčastěji konstruují s 6 ti stupni volnosti, můžeme však najít roboty o různém počtu stupňů volnosti od 3 stupňů volnosti které používají pro manipulátory do 9 stupňů volnosti které se používají pro speciální roboty které operují v prostředí které to vyžaduje.

Roboty se sériovým kinematickým řetězcem

U robotu se sériovým kinematickým řetězcem dochází, jak již název napovídá k zapojení jednotlivým kinematických dvojic za sebou. Toto spojení je většinou realizováno na konci jednotlivých „ramen“. Celkový počet stupňů volnosti robotu se pak vypočítá jako součet všech stupňů volnosti jednotlivých kinematických dvojic. Nejčastější provedení kinematické dvojice je pomocí rotační kinematické dvojice.

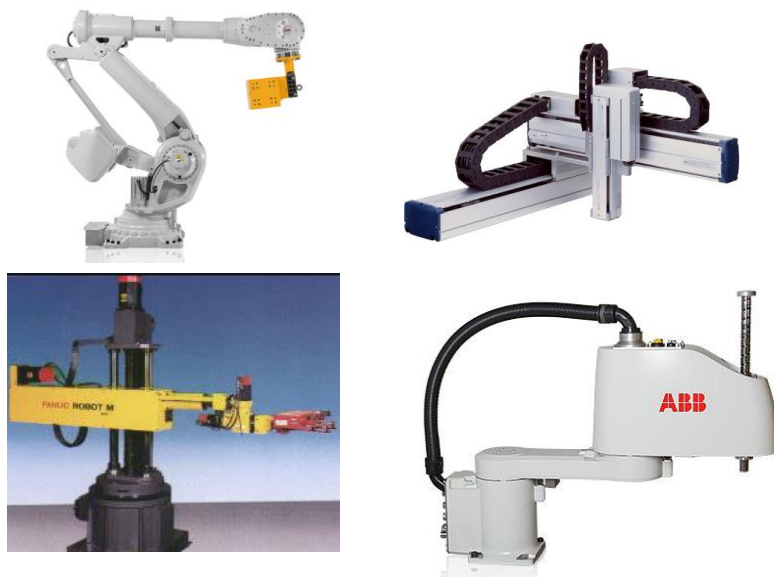
Spojením tří kinematických dvojic je umožněn pohyb v prostoru. Další tři kinematické dvojice se starají o natočení dílu v prostoru. V praxi jsou nejvíce rozšířeny tyto čtyři typy spojení kinematických dvojic [6]:

- | | |
|--|-----|
| • Spojení tří translačních KD | TTT |
| • Spojení jedné rotační a dvou translačních KD | RTT |
| • Spojení dvou rotačních a jedné translační KD | RRT |
| • Spojení tří rotačních KD | RRR |

Spojení těchto kinematických dvojic určuje výsledný pracovní prostor robotu.

Dle typů kinematických dvojic a jejich vzájemného uspořádání můžeme dále rozlišovat roboty do jednotlivých kategorií. Tyto 4 varianty jsou jedny ze základních a nejvíce využívaných.

- Kloubové roboty
- Kartézské roboty
- Cylindrické roboty
- Scara roboty



Obrázek 4 základní varianty robotů

3.3.3 Kolaborativní roboty

Aktuálně je jedním z hlavních trendů ve výrobě a vývoji robotů produkce tzv. kolaborativních robotů. Přestože jsou na trhu již několik let jejich možnosti využití se stále rozšiřují a zvětšují. Tyto roboty jsou schopny přímé spolupráce s člověkem bez nutnosti dalších bezpečnostních prvků jako jsou zábrany oddělující robotizované pracoviště od pracovníka.

Toho je dosaženo několika způsoby, jako nejjednodušší způsob se jeví monitorování proudu odebíraného motory. Jakmile robot narazí na překážku motory začnou odebírat větší proud ve snaze přesunout se na požadovanou pozici. Vzrůst proudu oproti očekávanému registruje řídicí jednotka a okamžitě zastaví robot.

Jeden z dalších způsobů, jak toho dosáhnout jsou silová a momentová čidla umístěna na vnějším povrchu robotu které při kontaktu s překážkou vysílají řídicí jednotce signál. Jakmile řídicí jednotka obdrží tento signál dojde k okamžitému zastavení robotu.

Je však třeba zdůraznit že za kolaborativní se prohlašuje celé pracoviště, a ne samotný robot. Nejenom robot ale i všechny ostatní akční členy pracoviště, včetně koncového efektoru musí být osazeny ochranou senzorikou tak aby nedošlo k úrazu obsluhy.

3.3.4 Porovnání práce robotu s člověkem

Roboty jsou v průmyslu využívány stále více, převážně u rutinních manuálních činností, kdy se plně projeví jejich výhody nad člověkem, roboty mohou pracovat nepřetržitě teoreticky neomezeně dlouhou dobu. Oproti tomu pracovník je limitován jak fyziologickými potřebami, tak legislativou, která mu určuje, jak dlouho může pracovat.

Pro zaměstnavatele je největší výhodou ekonomická návratnost. Návratnost se odvíjí od několika faktorů, například: rozdíl produktivity a kvality oproti lidem, ziskovosti na dílu, úspoře na platech nahrazených pracovníků atd...

Pořízení robotu a robotizovaného pracoviště je nákladné, tato investice je však vyvážena úsporami, které byly uvedeny výše. Návratnost závisí na individuálním pracovišti, obecně se však dá říci, že návratnost je 3 až 4 roky. Firma Universal Robots uvádí jako průměrnou dobu návratu investice při koupi kolaborativního robota pouze 195 dní.

Životnost robotů deklarovaná výrobcí se pohybuje přibližně mezi 70 000 až 100 000 hodinami provozu. [7] Tato hodnota platí pro pravidelně servisované a udržované roboty, zároveň však není konečná. Robot bude schopný překročit tuto hodnotu, avšak pravděpodobně s určitými servisními zákroky, výměnami opotřebovaných dílů.

Roboty jsou často nasazovány nejen kvůli vyšší produktivitě oproti člověku, ale také v prostředí, které má negativní účinky na člověka. Mezi takové prostředí patří například lakovna nebo svařovna. Obě tyto prostředí, pokud se v nich nachází člověk musí splňovat přísná nařízení o ochraně pracovníka (respirátory, odvětrávání, přívod vzduchu, ...) díky použití robotů však tato potřeba odpadá a je snížena pouze na hranici kde by prostředí mělo negativní vliv buďto na robot nebo na technologickou operaci prováděnou na díle.

Hlavní výhody robotu oproti člověku:

- Úspora nákladu
- Nižší požadavky na bezpečnost práce
- Vysoká opakovatelná přesnost pohybu
- Možnost nepřetržitého, bez chybového provozu

3.3.5 Výrobci průmyslových robotů

Výrobci průmyslových robotů je velké množství, jejich nabídka se často překrývá a nabízejí roboty podobných specifikací (dosah, nosnost) často i podobných cen. V následující podkapitole bude uveden zběžný přehled vybraných výrobců.

Každý výrobce vyrábí své roboty s jedinečným designem a jednotnou barvou na všech svých robotech. V zásadě můžeme konstatovat, pokud víme barvu robotu víme i jeho výrobce.

FANUC

Japonský výrobce robotů, který je jedním z největších na světě. Zabývá se nejen výrobou robotů ale mimo jiné i výrobou CNC strojů. Jeho široké portfolium robotů zahrnuje více než 100 typů robotů. [8] Roboty FANUC jsou typické svou žlutou barvou, kolaborativní roboty mají zelenou barvu.

ABB

Nadnárodní společnost ABB je jedním z největších světových výrobců vysokonapěťových vedení, transformátorů a také robotů. Firma se snaží zaměřovat také na výrobu robotů které přesně vyhovují speciálním požadavkům zákazníkům tzv. roboty na míru. [9] Firma se zaměřuje spíše na výrobu a vývoj robotů s menší nosností, dosahem ale s větší přesností. Typickou barvou jejich robotů je bílá (starší roboty oranžová). Společnost ABB také mohutně investuje do rozvoje elektrické mobility a obnovitelných zdrojů. Robot a software této firmy bude použit v praktické části této bakalářské práce.

KUKA

Původem německá společnost založená v roce 1898. V roce 1971 představila první evropskou robotickou svařovací linku. [10] Společnost KUKA si na své roboty zvolila výrazně oranžovou barvu, některé modely jsou však bílé. Její portfolium zahrnuje spíše roboty s velkou nosností a dosahem.

Další významní výrobci robotu:

- Kawasaki Robotics
- Epson Robots

- Mitsubishi Robotics
- Rethink Robotics
- A další...

3.3.6 Porovnání výrobců

Jak již bylo řečeno výrobců je mnoho, každý z nich poskytuje kompletní nabídku od robotu přes řídicí jednotku, teach pendant po koncový efektor. Zde popsaní výrobci všichni používají pro pohon svých robotů elektrické pohony (pro naprostou většinu svých robotů).

Zde uvedená tabulka uvádí srovnání paletizačních robotů tří velkých výrobců. Pro srovnání byly vybrány roboty, které jednotlivé firmy představují jako své modely s největším dosahem a nosností.

Tabulka 1 porovnání paletizačních robotů

Výrobce	ABB	KUKA	FANUC
Model	IRB 760	KR 1300 titan PA	M-410iB/700
Dosah [mm]	3180	3202	3143
Nosnost [kg]	450	1300	700
Opakovatelná přesnost [mm]	0,05	0,1	0,5
Stupně volnosti [-]	4	6	4
Váha robotu [kg]	2310	4690	2700

3.3.7 Servisní roboty

Název servisní roboty je odvozen od anglického slova servis, což může být v češtině zavádějící a evokovat představu že tyto roboty se zabývají servisem tedy opravou. V angličtině má toto slovo spíše význam ve smyslu služba nebo pomoc.

Jak již bylo zmíněno rozdíl mezi servisními roboty a průmyslovými se v určitých oblastech stírá, nejprve však uvedeme pár definicí pojmu servisní robot. Dle normy ISO 8373 je servisní robot definován takto:

Servisní robot je volně programovatelné mobilní zařízení, jež částečně nebo plně automaticky vykonává úkony, které nejsou určeny přímo k průmyslové výrobě produktů, nýbrž poskytují lidem a zařízením služby

Servisní robot je robot, který pracuje částečně nebo zcela samostatně s vykonává služby užitečné pro blaho lidí, s výjimkou operací. [11]

Z této definice vyplývá že servisní roboty jsou všechny roboty, které neslouží k průmyslové výrobě. Pokud však použijeme vyřazený průmyslový robot k poskytování služeb lidem stává se tím robotem servisním, a ne robotem průmyslovým.

Kategorie servisních robotů je velice rozsáhlá zahrnuje například tyto roboty:

- Asistenční roboty
- Domácí roboty

- Zábavní roboty
- Roboty pro zásobování a logistiku
- Zemědělské roboty
- Vojenské roboty

3.4 Koncový efektor

Koncový efektor je nástroj, který je upevněn na koncovém rameni robotu. Pomocí něj může robot provádět činnosti ke kterým byl navržen. Koncových efektorů existuje velké množství, většina výrobců nabízí ke svým robotům již navržené koncové efekty. Nabídka koncových efektorů se značně odvíjí od poptávky, výrobci se svým portfoliem koncových efektorů snaží pokrýt největší oblasti poptávky, jedná se hlavně o efekty pro svařování, úchop a manipulaci s nákladem.

Koncové efekty mají většinou 0 až 1 stupeň volnosti. Občas se objevují efekty i s více stupni volnosti, které se využívají například u kartézských robotů.

Vzhledem k stále se rozšiřujícímu využití robotů se i nabídka koncových efektorů dále rozšiřuje. Častým případem je však výroba vlastního efektoru pro speciální aplikaci, což je i případ této bakalářské práce.

Koncové efekty můžeme dělit dle několika kritérií a oblastí použití, zde je uvedeno dělení dle konstrukčního hlediska:

- Manipulační
- Technologické
- Kombinované
- Speciální

3.4.1 Manipulační koncové efekty

Primární oblast využití těchto efektorů se nachází v oblasti manipulace s výrobky. Zde se manipulační efekty dají rozdělit na dvě hlavní kategorie, a to na pasivní a aktivní. [12] Dále zde existuje několik dalších druhů rozdělení.

Pasivní koncové efekty jsou efekty, které neumožňují ovládání úchopné síly. Využití těchto efektorů však klesá. Aktivní koncové efekty naopak umožňují ovládání úchopné síly, což je jeden z důvodů proč tyto efekty nacházejí větší využití.

Efekty můžeme dále dělit dle způsobů kterým „upínají“ přepravovaný výrobek. Volba konkrétního způsobu upínání závisí na mnoha faktorech například na vlastnostech předmětu, prostředí a požadovaném taktu. Jednotlivé způsoby budou dále rozebrány v jednotlivých podkapitolách.

3.4.2 Mechanické koncové efekty

Tyto efekty patří mezi nejpoužívanější efekty vůbec. Jako hnací člen zde často slouží pneumatické a hydraulické válce a elektrické motory.

Pneumatické a elektrické koncové efekty mohou pracovat při vysokém taktu, avšak s nižšími silami oproti hydraulickému uchopování, které je relativně pomalé, avšak dokáže předmět uchopit s několika násobně větší silou. [12]

Při návrhu čelistí se speciálním tvarem, kdy manipulovaný předmět není příliš těžký ani zahřátý na vysokou teplotu se zde začíná využívat technologie 3D tisku. Výhodou těchto čelistí je jejich nízká cena, krátký čas výroby a tvarová rozmanitost.

V poslední době je také hojně využívaným způsobem upnutí, upnutí pomocí vakuové přísavky. Tyto přísavky jsou vyráběny z velkého množství plastových materiálů, kdy volba konkrétního materiálu přísavky vychází z manipulovatelného materiálu.

3.4.3 Magnetické koncové efekty

Tyto efekty se dělí na hlavní 2 skupiny dle použitých magnetů, a to na efekty s permanentními magnety a efekty s elektromagnety.

Efekty s permanentními magnety jsou konstrukčně jednoduché a spolehlivé, avšak mají množství nevýhod, kvůli kterým jejich využití klesá.

Část těchto nevýhod eliminuje použití elektromagnetu, odpadá zde hlavně potřeba „odpoutacího přepnutí“ které odebírá díl z efektoru.

Tyto efekty mohou k upnutí součástí používat dva hlavní principy, konkrétně upnutí součástí, která je feromagnetická nebo upnutí součástí která není magnetická kdy dochází k upnutí pomocí klepet které jsou magnetické.

3.5 Senzory

Senzory na základě měření fyzikálních veličin převádí měřenou veličinu na signál, nejčastěji se jedná o elektrický signál, buďto digitální nebo analogový. V procesu robotizace slouží k nahrazení lidských smyslů. V procesu robotizace je možné jejich využití rozdělit na dva základní účely.

První účel slouží k měření a zjišťování hodnot které jsou potřebné k bezchybnému fungování robotického pracoviště.

Druhý účel, celkem ironicky, slouží k zajištění průběhu procesu bez lidské interrupce. Zároveň slouží k zajištění lidské bezpečnosti během procesu, většinou k ohraničení robotizovaného pracoviště tak aby při přerušení stanové hranice došlo k okamžitému přerušení procesu.

Senzory můžeme dělit do několika kategorií dle snímané hodnoty, fyzikálního principu, výstupní veličiny a dalších kritérií. Zde uvedené dělení je dle měřené veličiny [13]:

- Geometrické veličiny (poloha, posunutí, ...)
- Mechanické veličiny (rychlost, zrychlení, síly, tlaky, ...)
- Teplotní veličiny
- Elektrické a elektromagnetické veličiny

Dále budou vyjmenovány a blíže popsány určité senzory které budou použity při řešení praktické části této bakalářské práce.

3.5.1 Optické snímače

Optické snímače se nejčastěji skládají ze dvou komponent, a to vysílače a přijímače, společně tvoří tzv. optickou bránu. Existuje však i druhá varianta kdy je vysílač i přijímač umístěn v jedné komponentě a pro jako odrazový prvek se využívá tzv. odrazka. Jak z názvu vyplývá odrazka odráží signál z vysílače zpět do přijímače.

Vysílač vytváří skrz LED diodu světlo o určité vlnové délce, většinou je barva světla z vysílače červená, ale není to pravidlem. Paprsek z vysílače směřuje do přijímače, který detekuje pouze světlo o dané vlnové délce. Pokud dojde k přerušení paprsku jakýmkoli

objektem přijímač již nedetekuje světlo určité vlnové délky a vysílá o této změně digitální signál. Nastavení logické 0 a 1 je na programátorovi. [14]

Tento snímač je relativně levný a jednoduchý proto je často používán, avšak pokud je umístěn pod slunečním svitem nebo ve výrobní hale pod střešním oknem často dochází díky odrazům a dalšímu nasvětlení k jeho chybnému snímání.

3.5.2 Indukční snímače

Tyto snímače se dělí na několik typů dle několika parametrů. Co však mají všechny společné je to, že převádějí změnu polohy snímaného kovového předmětu na změnu indukčnosti a tím na změnu výstupního signálu se snímače. Tyto snímače mají obvykle nastavitelné rozmezí (vzdálenost od konce těla snímače) ve kterém jsou schopny snímat přítomnost kovových předmětů.

Jedna z hlavních výhod těchto snímačů je to, že k sepnutí není potřeba mechanického kontaktu se snímanou součástí. Obvykle snímač registruje snímaný předmět několik milimetrů před jeho tělem.

3.5.3 Koncové snímače pneumatických válců

Jedná se o velmi jednoduché jazýčkové snímače. V pístnici válce je umístěn kroužek z permanentně magnetického materiálu. Pokud je pístnice s magnetickým kroužkem přemístěna na pozici snímače jazýček sepne a snímač hlásí logickou 1.

3.6 Vstupní a výstupní periferie

Periferie slouží k vykonávání jednoduchých operací s dílem jako otáčení, aretování apod. Využívá se jich pro zjednodušení, zrychlení procesu, vytvoření zásoby atd. Můžeme si je představit jako jednoduché mechanismy, řízené stejnou řídicí jednotkou jako robot. [6]

Periferií je velké množství a většinou jsou přizpůsobeny jejich jedinečnému účelu. Těžko lze najít jejich nějaké společné konstrukční rysy. Lze je však rozdělit dle jejich funkce a to na:

- Periferie přemísťující díly tak že mění pozici těžiště, díl však nemění orientaci a nedochází k natočení dílu
- Periferie měnící orientaci dílu, díl však nepřemísťuje
- Periferie měnící polohu těžiště dílu i jeho orientaci

Vstupní a výstupní periferie jsou společným prvkem téměř všem robotizovaným pracovištím. Z hlediska výše uvedeného dělení je většinou můžeme zařadit do první kategorie. Často se jedná o dopravníky, které slouží zároveň jako zásobníky dílů.

Jedná se o relativně komplikovanější stroje (oproti periferiím z druhé kategorie) vybavené několika senzory, kterými detekují pozice dílů, které jsou připravené k odebrání a zároveň detekují, zdali byl díl správně vložen na dopravník. Zpravidla mají buďto společnou řídicí jednotku nebo mezi sebou komunikují, aby nedošlo k zbytečným prostojům a chybám.

U paletizačních pracovišť je časté že vstupní periferie je přímo výrobní stroj, pokud to umožňuje manipulační prostor. Dochází tak k úspoře díky vyřazení dopravníku z konstrukce stroje. Zde však záleží na složitosti zástavbového prostoru z hlediska složitosti cesty, kterou musí robot vykonat z místa vstupní periferie do výstupní. Což přímo ovlivňuje čas, za který je robot schopen díl přemístit. Tento čas musí být menší než takt stroje. Toto je také způsob, kterým je řešená vstupní periferie v praktické části této bakalářské práce.

3.7 Digitální zprovoznění

Tento relativně nový pojem, který je úzce spojován s průmyslem 4.0 se stává výraznou součástí procesu zavádění výrobních strojů, automatizovaných linek a dalších strojů do výrobního procesu. V poslední době dochází k jeho rozmachu od výrobních strojů automobilek a dalších velkých výrobních podniků k menším výrobcům.

Využití digitální zprovoznění vede k výraznému zkrácení etapy ožívování a ladění na reálném zařízení. Zároveň také slouží jako společná platforma pro všechna vývojová oddělení, která by jinak pracovala pouze ve svém softwaru.

Základním prvkem digitálního zprovoznění je digitální dvojče výrobního stroje nebo linky která je vyráběna. Digitální dvojče vychází z CAD modelu, který je dále doplněn o kompletní kinematiku pohyblivých komponent, strukturu senzorů a logickou řídicí strukturu. Vzniklé dvojče je identické s budoucím výrobním strojem.

Jakmile je digitální dvojče vyrobeno začíná proces učení, při kterém programátor společně s konstruktéry a dalšími pracovníky „učí“ roboty, motory, senzory a další komponenty vykonávat dané operace v dané sekvenci. Již během této části je možné odhalit chyby v konstrukci a výrobním procesu které je možno eliminovat před výrobou daných komponent což přináší velkou finanční úlevu. Během procesu učení je možno taktéž zjistit případné kolizní chování včetně způsobu, jak mu zabránit.

Konečným produktem digitálního zprovoznění je virtuální prostředí, ve kterém je možno přesně simulovat algoritmus operací výrobního stroje. V tomto prostředí je poté možno testovat jednotlivé situace které by mohly nastat, bez poškození reálného stroje a s tím spojených nákladů. Dále je možno ověřit vhodnost zvoleného PLC systému. [15]

Mezi hlavní výhody digitálního zprovoznění patří:

- Odstranění kolizí
- Úspora času na oživení a odlazení
- Ověření vhodnosti PLC
- Odladění programu a algoritmu
- Testování chybových scénářů

tradiční přístup	sestavení, montáž		testování PLC, programování, ladění, školení	uvedení do provozu
nový přístup	sestavení, montáž		uvedení do provozu	úspora času
	vytváření virtuálního dvojčete	digitální zprovoznění		

Obrázek 5 výhody digitálního zprovoznění [16]

4 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ

Při návrhu variant řešení konkrétního pracoviště autor vycházel z požadavků zákazníka, který pro paletizování dílu tohoto pracoviště používá nestandardizované skladovací a přepravní přípravky. Jednotlivé díly se paletizují do krabice o několika patrech výrobků, které se vkládají do „rastrů“.

Dále jsou shrnuty důležité požadavky na konstrukci robotizovaného pracoviště pro paletování dílů zákazníkem.

- Použití specifických beden k paletizování dílů
- Možnost přesunu robotizovaného pracoviště
- 2 bedny na vstupním i výstupním dopravníku
- 5 rastrů na zásobníku rastrů



Obrázek 6 sestava zkompletované krabice, zdroj vlastní

Robotizované pracoviště bude připojeno na již existující výrobní stroj, jenž vyrábí hřídele spřádacích strojů. Jako další vstupní periferie zde slouží vstupní dopravníky pro krabice a rastry.

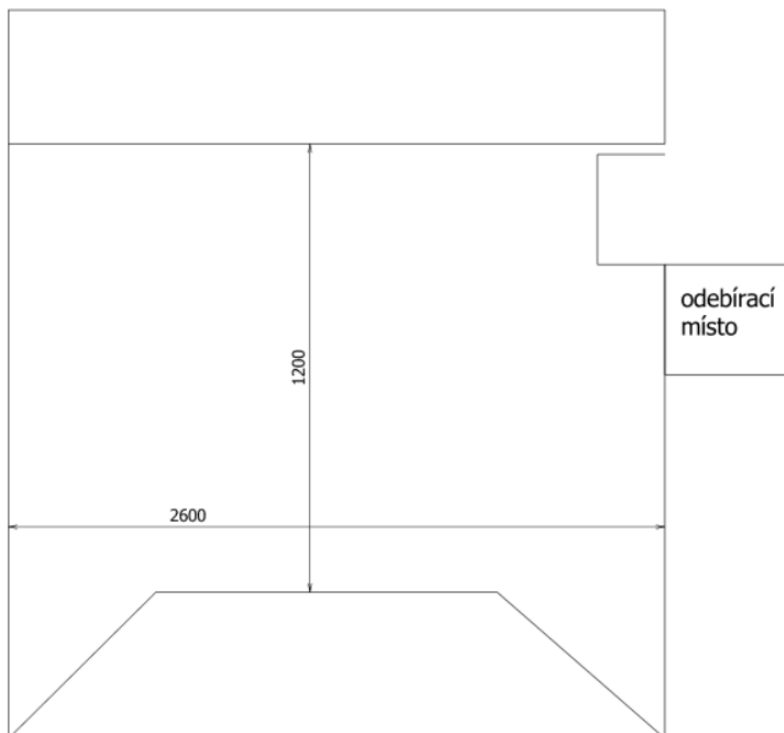
Hlavní výstupní periferie je výstupní dopravník, po kterém vyjíždí zkompletovaná sestava plné krabice s výrobky. Jako vedlejší periferii je třeba uvést stanoviště pro odkládání kusů kterou jsou výrobním strojem identifikovány jako zmetky.

Jeden z hlavních požadavků kladených na robotizované pracoviště je možnost jeho přesunu, jelikož zákazník má více těchto výrobních strojů, na které jej chce používat.

Při uvážení těchto požadavků a maximálních zástavbových rozměrů bylo vytvořeno několik variant řešení. Tyto varianty byly dále zhodnoceny z hlediska výrobních nákladů, stability a vhodnosti.

Zástavbové rozměry v kombinaci s velikostí přepravky zde zásadně ovlivňují počet možných řešení, kdy odpadá možnost bočního doplňování rastrů nebo beden. Zůstává tedy pouze možnost doplňování a odebrání materiálu pouze zadní stranou, jelikož je jediná přístupná.

Všechny varianty návrhu počítají s využitím robotu pro paletizování dílů a umístování rastrů do bedny.

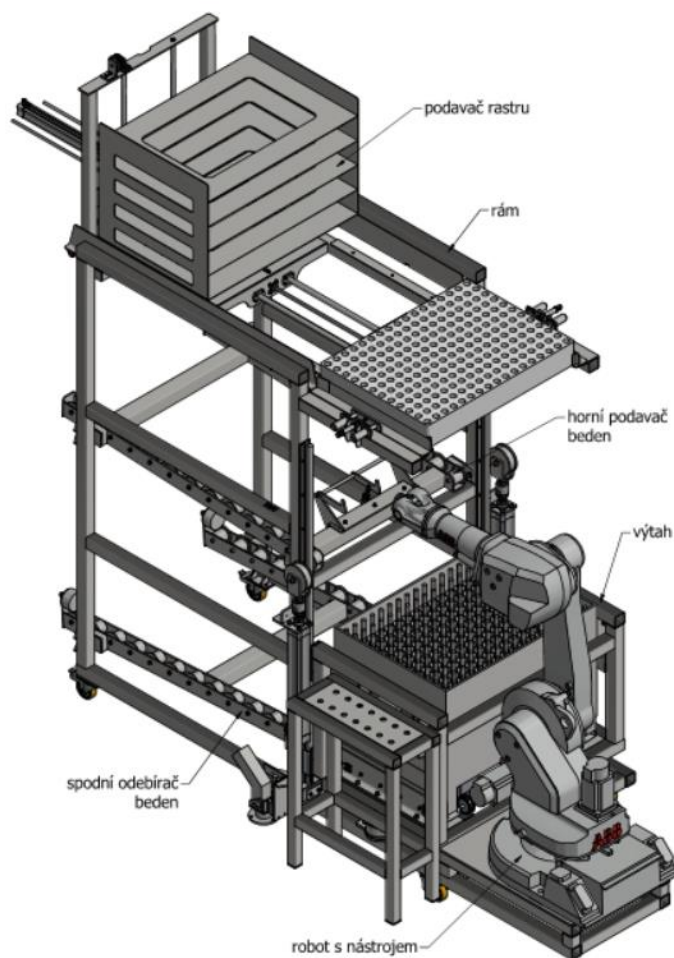


Obrázek 7 omezení přístupu zástavbovými rozměry, zdroj vlastní

4.1 Návrh varianty řešení 1

Varianta návrhu 1 počítá se svařeným rámem z uzavřených čtvercových profilů který nabízí vysokou tuhost a stabilitu stroje. Jako hlavní hnací prvky zde slouží pneumatické válce společně s elektromotory.

Prázdná krabice je vložena obsluhou na gravitační dopravník, který ji dopraví před výtah, jenž ji přepraví a za aretuje do pozice k nakládání. O založení rastru na pozici k odběru se stará série pneumatických válců společně s krokovým motorem. Výtah sjede dolů, kde dojde k naplnění krabice rasty a hřídelemi. Poté je krabice od aretována a přepravena na výstupní dopravník.



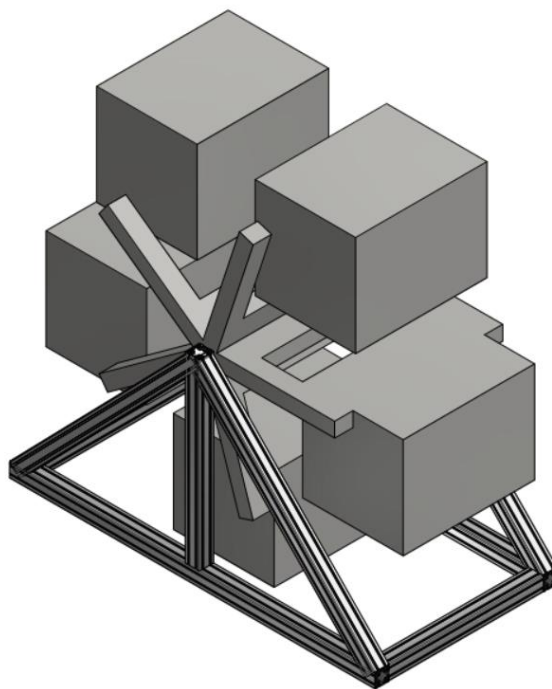
Obrázek 8 varianta řešení 1, zdroj vlastní

4.2 Návrh varianty řešení 2

Varianta návrhu 2 využívá rámů sešroubovaných z ítem hliníkových profilů, kdy odpadá nutnost svařování. Jako hlavní hnací prvky zde slouží pneumatické válce společně s elektromotory.

Prázdná krabice je vložena na rotační karusel konstrukci, kde dohází k jejímu za aretování pomocí pneumatických válců. Karuselová konstrukce slouží k přenášení jednotlivých beden k nakládací pozici, kde dochází k zajištění celého karuselu pomocí zářezek ovládaných pneumatickými válci. Rastry jsou dopraveny na pozici k odebrání sérií pneumatických válců a krokovým motorem.

Jakmile je prázdná krabice karuselem dopravena na pozici k naplnění dojde k zajištění karuselu a robot začne krabicí nakládat. Po naložení krabice hřídelem a rastry dochází k od aretování karuselu, následně se karusel otočí o jednu pozici.

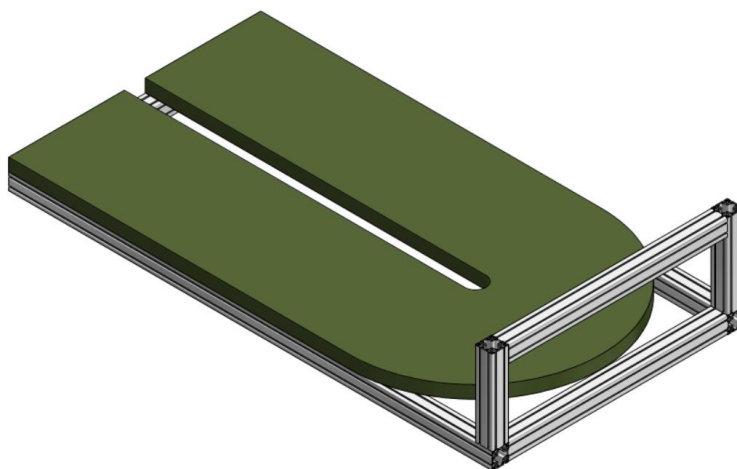


Obrázek 9 návrh varianty 2, zdroj vlastní

4.3 Návrh varianty řešení 3

Varianta návrhu 3 využívá rámu spojeného z item hliníkových profilů, Jako hlavní prvky zde slouží pneumatické válce společně s třífázovým elektromotorem, který zajišťuje pohyb dopravníku.

Prázdná krabice je vložena na dopravník se zatáčkou, který ji dopraví na pozici odebrání kde je za aretována pneumatickými válci. Rastry jsou dopraveny na pozici k odebrání pomocí série pneumatických válců a krokového motoru. Jakmile je krabice na pozici začne její nakládání pomocí robotu. Naložená krabice je od aretována a dopravník se dále posouvá o jednu pozici.



Obrázek 10 návrh varianty 3, zdroj vlastní

4.4 Výběr varianty řešení

Z uvedených variant řešení byla vybrána varianta 1, která se pro danou aplikaci jeví jako nejvhodnější. Je to z důvodu jejích zástavbových rozměrů, které splňují omezení dané layoutem, vhodným pohonným systémem dopravníků, které využívají gravitačních sil, kdy je pro překonání výškového rozdílu nutný pouze pohyb konaný pneumatickými válci. Tato varianta však využívá složitější systém dopravování a aretace rastrů který vyplývá ze zástavby stroje.

Bližšímu popisu vybraného řešení je dále věnována samostatná kapitola.

Varianta 2 byla shledána jako nevhodná kvůli samotné konstrukci karuselu která klade vysoké požadavky na její pohon kvůli nevyvážení při výrobním procesu. Dále by vyžadovala příliš složitou konstrukci dopravníku rastrů, který by musel překonávat velkou výšku danou průměrem karuselu.

Varianta 3 se zdá být jako nejjednodušší a nejlevnější, avšak při dalším rozpracování byla zavrhnuta kvůli nevyhovujícím zástavbovým rozměrům. Po tomto zjištění nebyla varianta dále rozpracována.

Následuje tabulka, která shrnuje výhody a nevýhody jednotlivých variant. Varianty byly posuzovány několika zásadními parametry, kdy byly ohodnoceny na stupnici 1 až 10 kdy 1 je nejhorší a 10 nejlepší.

Tabulka 2 porovnání variant návrhu, zdroj vlastní

	Cena	Náročnost na obsluhu	Splnění požadavků	Zástavbové rozměry
Varianta 1	7	8	10	10
Varianta 2	5	4	10	7
Varianta 3	10	10	4	1

5 ROZPRACOVÁNÍ VYBRANÉHO ŘEŠENÍ

Varianta sestává z hlavního svařeného rámu, na který jsou připevněny jednotlivé podsestavy a komponenty. V této kapitole budou jednotlivé podsestavy a komponenty dále popsány. Jelikož tato práce se nezabývá samotnou konstrukcí a návrhem stroje ale jeho digitálním zprovozněním bude kladen důraz na pohyby které bude stroj vykonávat a jak budou snímány a řízeny.

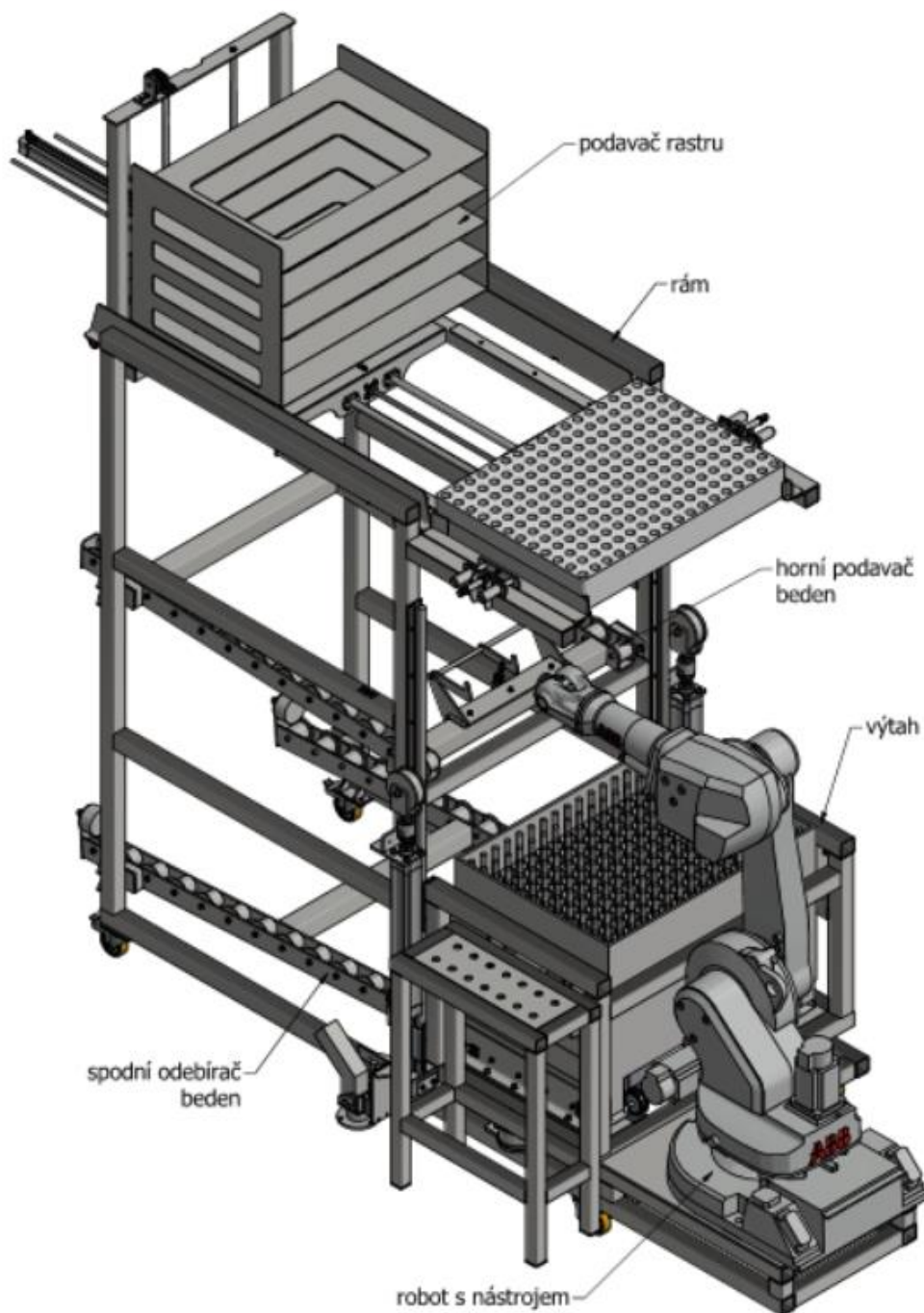
Pohyby na stroji, které mají konstantní délku zdvihu a není potřeba je polohově řídit dle aktuálního paletizovaného dílu jsou vykonávány pneumatickými válci. Pohyby jejichž polohy je třeba řídit jsou prováděny elektromotory.

5.1 Celkový přehled robotizovaného pracoviště

Na přiloženém obrázku lze vidět celé robotizované pracoviště. Pracoviště je členěno na šest hlavních sestav a několik komponent v hlavní sestavě které nebyly zařazeny do žádné z podsestav z důvodu přehlednosti a výrobního procesu. Hlavních šest podsestav jsou:

- Rám

- Podavač rastru
- Horní podavač beden
- Výtah
- Spodní odebírač beden
- Nástroj robotu



Obrázek 11 celkový přehled pracoviště, zdroj vlastní

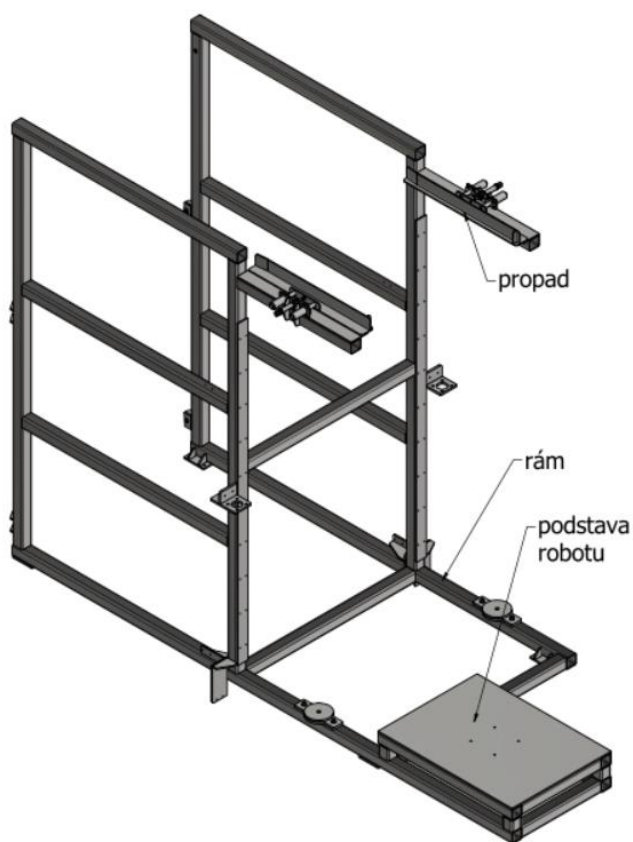
5.2 Rám

Sestava rám slouží především jako základní prvek konstrukce pracoviště, na který jsou dále uchyceny další sestavy včetně robotu. Rám je tvořen svařenou konstrukcí z uzavřených čtvercových profilů TR 4HR 50x3 ČSN 42 6935.1 – 11 373.0. Tyto profily byly vybrány na

základě dobré svařitelnosti materiálu a vhodné tuhosti vzhledem k zástavbovým rozměrům. Na tento základní rám se dále navažují jednotlivé konzoly, které slouží pro uchycení ostatních sestav a komponent.

Dále jsou na rám navaženy konzoly pro uchycení pneumatických válců a vodících tyčí jejichž funkcí je pohybování s propadem rastru. Propad je koncový prvek podavače rastru, kdy je rastr pneumatickým válcem posunut na doraz propadu a zde je připraven pro odebrání robotem. Válec propadu jej poté uvolní pro odebrání robotem. Tento pohyb je snímán koncovým čidlem, které je umístěno v dolní úvrati válce. Z důvodu působení gravitační síly a z toho vyvozeného radiálního namáhání pístnice je třeba opatřit tento pohyb vedením.

Vedení tohoto pohybu je realizováno pomocí dvojice vodících tyčí, které jsou pevně spojeny s pohyblivým propadem, jenž jsou vedeny v nehybných vodících pouzdrech. Tento způsob vedení byl zvolen na základě nízkého mechanického namáhání a nízké pořizovací ceny.



Obrázek 12 rám, zdroj vlastní

5.3 Podavač rastru

Úkolem této části pracoviště je dopravení rastru ze zásobníku rastru na propad, který je umístěn v sestavě rámu. Zásobník rastru má pět pozic, do kterých obsluha průběžně doplňuje rastry.

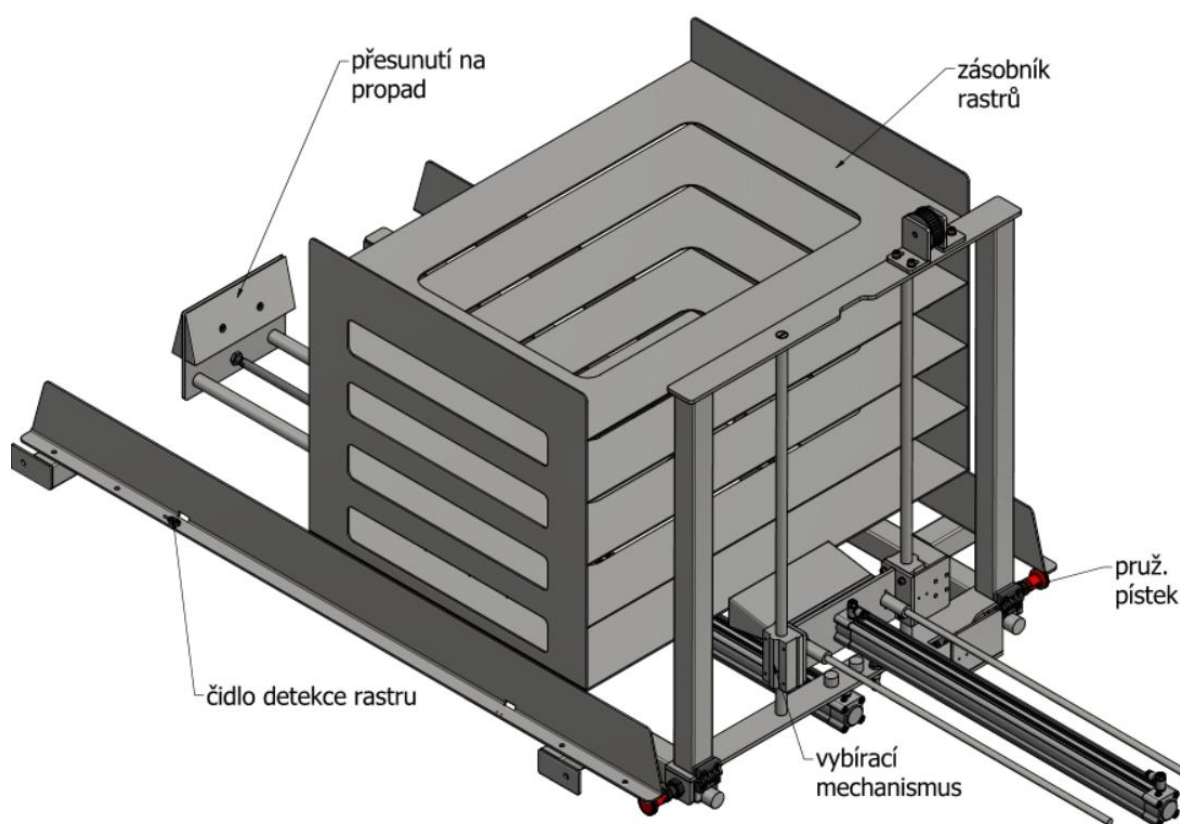
Vzhledem k zástavbovým rozměrům je zásobník rastrů umístěn v horní části stroje a mechanismus který jej vybírá ze zásobníku je umístěn za zásobníkem. Obsluha musí nejdříve odjistit pružinové pístky. Pozice těchto pístků musí být snímána, aby nedošlo k ohrožení obsluhy při pohybu vybíracího mechanismu. Zdali jsou pístky zajištěny snímá indukční čidlo.

Vertikální pohyb vybíracího válce zajišťuje krokový motor přes řemenici a ozubený řemen. Pro určení „home“ pozice vybíracího mechanismu je opět použito indukční čidlo. Vedení tohoto pohybu zajišťuje dvojice vodících tyčí, na nichž je umístěn válec vybíracího pohybu horizontálního a jeho vedení.

Samotný vybírací pohyb, kdy je rastr vyhozen ze zásobníku rastru na pozici k přesunutí na propad je obstarán pneumatickým válcem, který je osazen dvěma čidly koncové polohy. Pistnice je uchycena v přírubě společně s vodícími tyčemi, jež jsou vedeny v nepohyblivých vodících pouzdrech. Samotný vyhazovač je vyrobený na 3D tiskárně.

O přítomnosti nebo nepřítomnosti rastru na pozici k přesunutí na propad informuje optické čidlo jenž snímá přítomnost komponent na této pozici. Informace z tohoto snímače rozhoduje o tom, zdali byl rastr uložen v zásobníku či nikoliv.

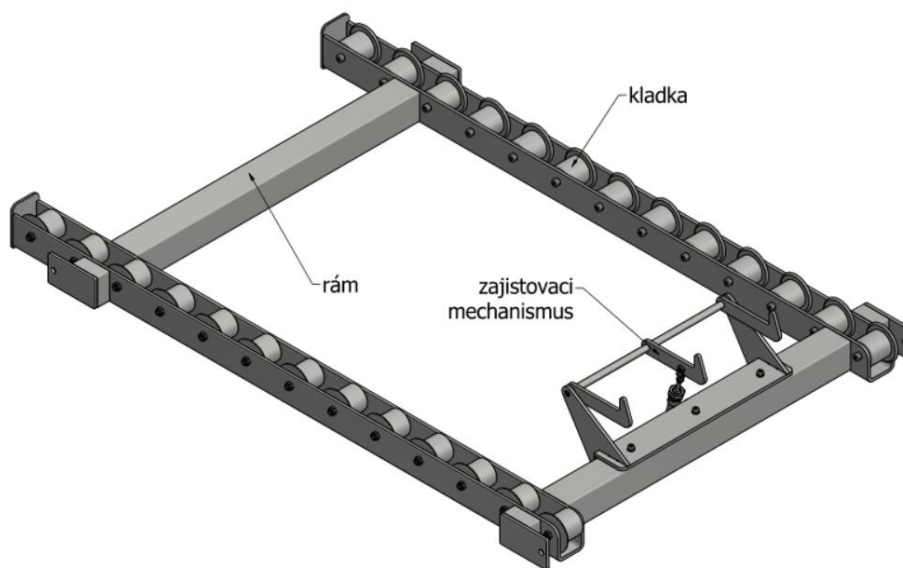
Přesunutí rastru na propad zajišťuje pneumatický válec osazený dvěma čidly koncové polohy. O jeho vedení se opět stará dvojice vodících tyčí v nepohyblivých vodících pouzdrech.



Obrázek 13 podavač rastru, zdroj vlastní

5.4 Horní podavač beden

Tato sestava se skládá ze svařeného rámu, na němž jsou umístěny kladky, které slouží k přepravě prázdné bedny do pozice k odebrání. K zastavení prázdné bedny a k jejímu uvolnění na výtah slouží pneumatický válec vybavený snímačem koncové polohy. Přítomnost bedny je detekována optickým snímačem umístěným na rámu (v hlavní sestavě).



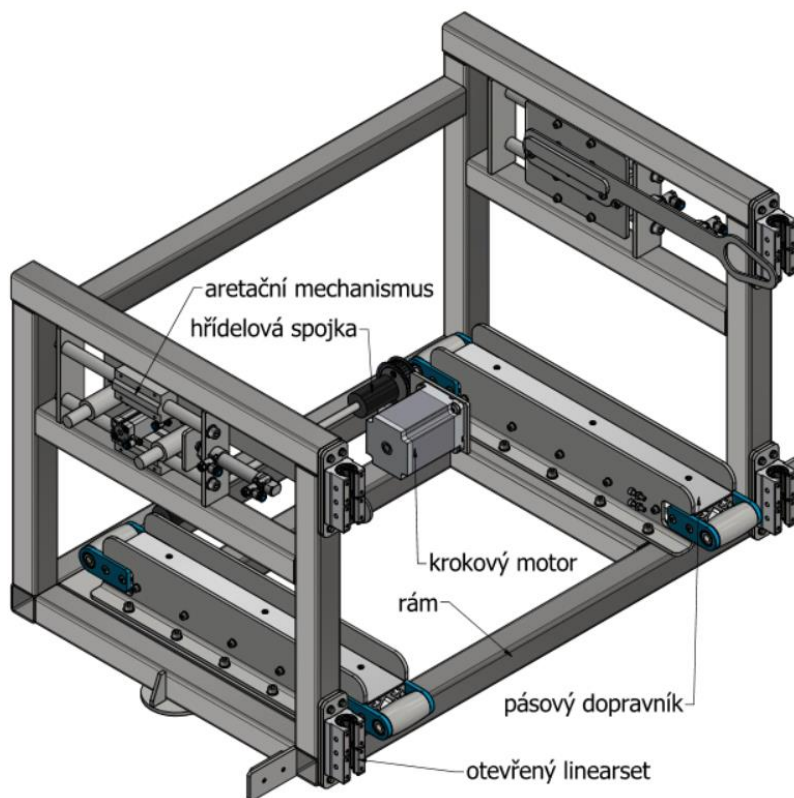
Obrázek 14 horní podavač beden, zdroj vlastní

5.5 Výtah

Sestava výtahu tvoří druhou nejdůležitější část robotizovaného pracoviště, slouží k přepravení bedny z horního podavače beden na odebrací pozici a po naplnění bedny k jejímu přepravení na spodní odebráč beden. Vertikální pohyb výtahu je zajištěn pneumatickými válci, které se nacházejí v hlavní sestavě. Tento pohyb je z důvodu vyššího mechanického namáhání veden po dvojici podepřených kolejnic které, jsou umístěny na rámu. Výtah je osazen čtyřmi dvojíty vozíky.

Sestava je tvořena svařeným rámem z uzavřených čtvercových profilů a laserových výpalků. Na tento rám jsou uchyceny dopravníkové pásy a sestavy zajišťující aretaci bedny. K zajištění dostatečné síly dopravníku slouží výkonný krokový motor, který dále přes převod do pomala pohání pásy. Vzhledem ke konstrukci pásu, kde je hnací hřídel uchycena na dvou bodech v každém pásu je hnací hřídel složena ze tří kusů, které jsou spojeny spojkami umožňující vysokou radiální vůli.

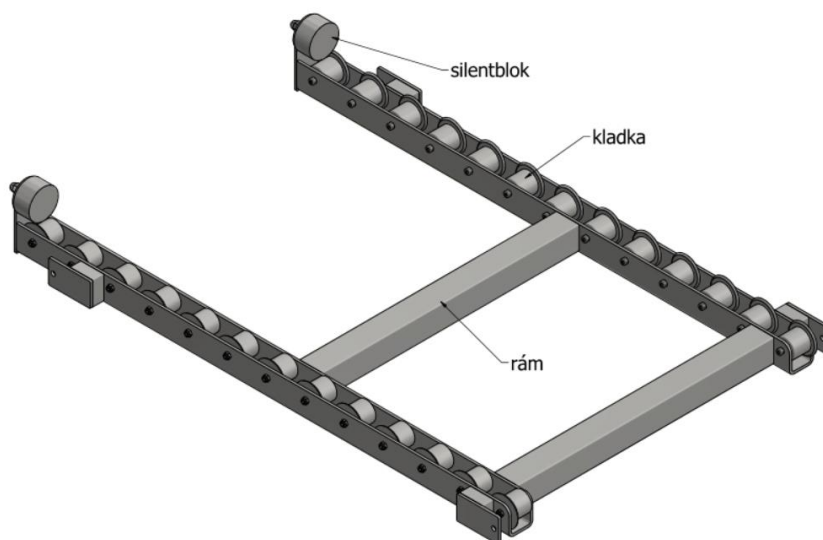
Aretaci prázdné bedny zajišťují 4 pneumatické válce s aretačním hákem. Válce jsou umístěny po dvojicích na každé straně. Jeden pneumatický válec z dvojce zajišťuje aretaci bedny na střed výtahu, druhý válec zajišťuje aretaci bedny na doraz výtahu umístěný v jeho přední části. O dosažení aretační pozice na všech válcích rozhodují koncová čidla jednotlivých pneumatických válců.



Obrázek 15 výtah, zdroj vlastní

5.6 Spodní odebírač beden

Tato sestava je konstrukcí téměř totožná se stanicí horního podavače beden, avšak není vybavena žádným řízeným prvkem. Naložená bedna je pásovými dopravníky výtahu přesunuta na kladkovou dráhu, kde je pomocí gravitační síly přesuta na konec dráhy. Zde je následně odebrána obsluhou stroje.



Obrázek 16 spodní odebírač beden, zdroj vlastní

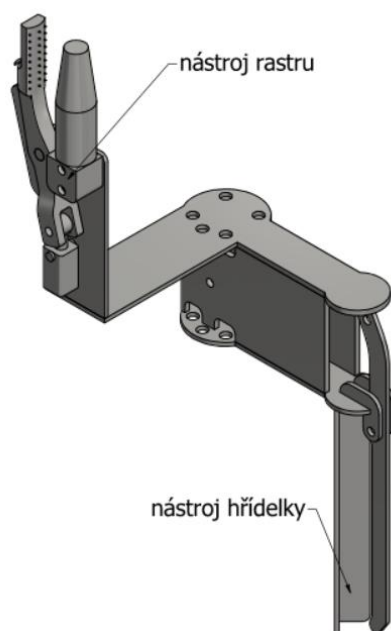
5.7 Nástroj

Nástroj umístěný na koncovém kloubu robotu je tvořen laserovými výpalky, které byly následně svařeny do výsledného tvaru. Nástroj má dva stupně volnosti, jelikož se stará o dva pohyby, které nelze vykonávat jedním nadstavcem.

Nástroj je vybaven dvěma pneumatickými válci. První válec přes pákový mechanismus, na jehož konci se nachází tři kroužky kruhového průřezu, jenž přitlačí hřídel do pogumovaného lůžka. Poloha pístnice ve válci a tím i průměr uchycené hřídele je snímána digitálním snímačem. Snímání rozevřené polohy nástroje hřídelky, kdy je válec v horní úvrati zajišťuje koncové čidlo.

Druhý válec opět přes pákový mechanismus ovládá „čelisti“ jejichž účelem je uchopení rastru který se po uchopení vloží do bedny. Tyto čelisti, z nichž jedna je pevná a druhá posuvná jsou vyrobeny technologií FDM 3D tisku. Zda-li byl rastr uchycen správně signalizuje digitální čidlo umístěné na pneumatickém válci. Snímání rozevřené polohy nástroje rastru, kdy je válec v horní úvrati zajišťuje koncové čidlo.

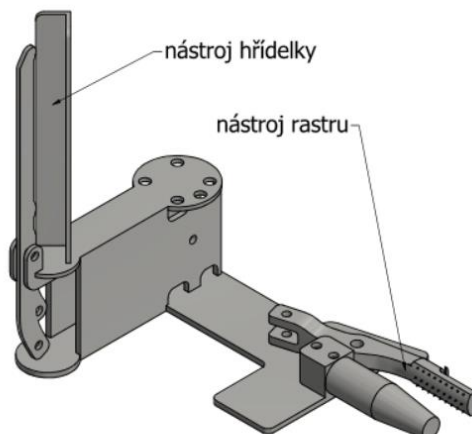
Celková váha nástroje je 2,5 kg.



Obrázek 17 nástroj varianta 1, zdroj vlastní

Při digitálním zprovoznění bylo však zjištěno že nástroj tvarově nevyhovuje a není možné s ním dosáhnout ve správné orientaci na propad rastru k zachycení rastru. Proto byl nástroj předělán tak aby bylo možno robotem odebrat rastr z propadu a založit jej do bedny. Pokud by nebylo provedeno digitální oživení tato chyba by byla zjištěna až při ožívování stanoviště.

Zde je přiložen obrázek druhé iterace nástroje, který již splňuje požadavky na něj kladené. Váha nového nástroje je 2,2 kg.



Obrázek 18 nástroj varianta 2, zdroj vlastní

5.8 Komponenty v hlavní sestavě

Zde je uveden výčet prvků, které mají zásadní vliv na fungování stroje, avšak nebyly zmíněny v žádné sestavě. Jedná se především o akční členy a snímače.

- Pneumatické válce výtahu
 - Tyto válce slouží k pohybu výtahu mezi jednotlivými podavači beden, válce jsou vybaveny snímači koncové polohy jak v dolní, tak i v horní úvrati
- Jištění pozice pracoviště
 - Jelikož pracoviště je mobilní, je potřeba snímat, zdali je ve správné poloze vůči výrobnímu stroji. Před spuštěním stroje musí obsluha stroj dovézt na pozici určenou aretačními patami a stroj za aretovat. Provedení tohoto kroku snímají indukční snímače.
- Optické snímače bedny na horním podavači
 - Tento snímač je umístěn na rámu stroje snímá, zdali je prázdná bedna přítomna na pozici k odebrání na horním podavači beden.

5.9 Robot

Nejdůležitější prvek robotizovaného pracoviště. Jako konkrétní robot byl vybrán robot IRB 1600 s nosností 10 kg a dosahem 1,45 m vyrobený firmou ABB. Jeho předností je velký dosah, který pokrývá všechny potřebné body pracoviště. Robot bude umístěn na podstavě ze svařených uzavřených čtvercových profilů a laserových výpalků. Tato konstrukce je součástí svarku rámu, díky tomu je zajištěna potřebná tuhost uložení robotu. Robot bude vybaven výše popsaným nástrojem.

6 DIGITÁLNÍ ZPROVOZNĚNÍ

V této kapitole se autor bude zabývat digitální zprovozněním digitálního dvojčete robotizovaného pracoviště pro paletizování dílů. Pracoviště bylo navrženo a vymodelováno

v programu Inventor 2020, jelikož má autor s tímto programem již víceleté zkušenosti. Jako prostředí pro digitální zprovoznění bylo využito programu poskytovaného výrobcem robotu tedy ABB, RobotStudio.

Předmětem práce je pracoviště paletizační, celé pracoviště je tedy strukturou podřízené stroji výrobnímu. K jeho aktivizaci proběhne pouze v případě, že je za aretováno a připojeno k výrobnímu stroji. Výrobní stroj předává robotizovanému pracovišti informace o výrobním taktu, typu hřídele, jestli se jedná o dobrý kus nebo o zmetek a v případě poruchy, prodlevy jej i zastaví.

Jak pro digitální zprovoznění, tak i pro zprovoznění přímo na místě je potřeba mít velké množství dopředu známých informací o pracovišti které budou ovlivňovat jeho reálný provoz.

V první řadě je potřeba si udělat přehled o jednotlivých prvcích robotizovaného jejich zařazení jako vstup, výstup nebo oboje. Dále je potřeba se rozhodnout, jak budou jednotlivé prvky pracoviště řízeny.

6.1 Input/output tabulka

Ke správné funkci pracoviště je potřeba za definovat jednotlivé zdroje (snímače) informací ze kterých bude řídicí jednotka přijímat informace a akční členy které bude řídicí jednotka na základě těchto informací ovládat.

Tyto zdroje informací budou s řídicí jednotkou komunikovat na základě elektrických signálů které mohou být buďto digitální (binární), nebo analogové. U většiny vstupů se v tomto případě nejedná o obousměrnou komunikaci. Vstupy pouze posílají informace řídicí jednotce, která je vyhodnocuje, avšak neposílá žádné informace zpět do snímače.

U výstupů panuje opačná situace, akční členy jsou řídicí jednotkou ovládány, avšak neposílají žádné informace zpět do řídicí jednotky. Toto jednoduché rozdělení platí ve většině případů, najdou se však výjimky jako například servomotory. Ty však po úvaze nebyly použity v konstrukci robotizovaného pracoviště.

Vstupy a výstupy se dále přiřadí k jednotlivým pohybům a prvkům které snímají a ovládají. Jednotlivým pohybům je důležité přiřadit unikátní výstižné jméno které nám pomáhá s jeho identifikací.

Všechny tyto informace se následně spojí do takzvané i/o (input/output) tabulky. Tato tabulka je nesmírně důležitá, neboť z ní vychází celá řídicí struktura pracoviště.

Před uvedením tabulky je důležité zdůraznit že první sloupec tabulky Skupina nezohledňuje umístění prvků v jednotlivých sestavách. Několik prvků muselo být umístěno do různých sestav navzdory faktu, že na sebe vzájemně navazují a ovlivňují společný proces.

Tabulka 3 Input/output tabulka, zdroj vlastní

Skupina	Název pohybu	Prvek	funkce	Typ signálu
Aretace pracoviště		2 x indukční čidlo	Detekce pozice aretace „za aretováno/nearetováno“	Digitální
Podavač beden		Optické čidlo	Detekce pozice „k odebrání/není k odebrání“	Digitální
Podavač beden	Uvolnění bedny	Dvojčinný válec	Odjištění bedny	

		Koncové čidlo	Detekce pozice „zajištěno/nezajištěno“	Digitální
Podavač rastru	Zajištění pístku	Indukční čidlo	Pístek zajištěn	Digitální
Podavač rastru		Indukční čidlo	Home vybírače	Digitální
Podavač rastru	Vybírací posuv vertikální	Krokový motor	Vybírací posuv vertikální	Digitální (PWM)
Podavač rastru	Vybírací posuv horizontální	Dvojčinný válec	Vybírací posuv horizontální	
Podavač rastru		Koncové čidlo	Detekce pozice „Před vybráním/vybráno“	Digitální
Podavač rastru		Optické čidlo	Detekce rastru	Digitální
Podavač rastru	Přesunutí na propad	Dvojčinný válec	Přesunutí na propad	
Podavač rastru		Koncové čidlo	Detekce pozice „zasunuto/vysunuto“	Digitální
Podavač rastru	Otevření propadu	Dvojčinný válec	Otevření propadu	
Podavač rastru		Koncové čidlo	Detekce pozice “Propad uzavřen/propad otevřen“	Digitální
Výtah	Vyjetí výtahu	Dvojčinný válec	Vyjetí výtahu	
Výtah		Koncové čidlo	Detekce pozice „Výtah dole/výtah nahore“	Digitální
Výtah	Pohon pásu	Krokový motor	Pohyb pásu	Digitální (PWM)
Výtah	Aretace na střed	Dvojčinný válec	Aretace bedny na střed	
Výtah		Koncové čidlo	Detekce pozice “Střed nearetován/střed aretován“	Digitální
Výtah	Aretace na doraz	Dvojčinný válec	Aretace bedny na doraz	
Výtah		Koncové čidlo	Detekce pozice „Doraz nearetován/doraz aretován“	Digitální
Nástroj	Úchop hřídelky	Dvojčinný válec	Úchop hřídelky	
Nástroj		Digitální čidlo	Poloha nástroje hřídelky	Digitální

Nástroj		Koncové čidlo	Úchop otevřen	Digitální
Nástroj	Úchop rastru	Dvojčinný válec	Úchop rastru	
Nástroj		Digitální čidlo	Poloha nástroje rastru	Digitální
Nástroj		Koncové čidlo	Rastr nesevřen	Digitální

Vysvětlivky pro tabulku:

- Pojmem dvojčinný válec se rozumí dvojčinný pneumatický válec. Válce použité pro tento projekt jsou vyrobeny firmou Festo. Jejich pozice je řízena signálem do elektromagnetického ventilu. Všechny ventily krom ventilů válců uvolnění bedny, vyjetí výtahu a nástroje jsou jedno cívkové.
- Válce, u nichž má detekce pozice dvě hodnoty znamená, že válec je vybaven dvěma koncovými čidly.

6.2 Proměnné parametry

Jelikož je již známo, jaké informace bude řídicí jednotka přijímat a jaké akční členy bude ovládat můžeme přistoupit k definování jednotlivých proměnných. Pojem proměnná zde znamená parametr řídicí jednotky, jehož hodnota se mění dle stavu snímaného čidlem.

Proměnné již byly definovány v tabulce input/output, a to ve sloupci funkce. Zároveň byly definovány i jejich typy. Proměnné, jenž mají uvedený digitální signál nabývají hodnot pouze logické 0 a 1.

Dále je potřeba definovat několik proměnných typu bool, které slouží k uložení informací o splnění nebo nesplnění jednotlivých podmínek. Jejich vytvoření značně ulehčuje programování. Jedna proměnná informuje o tom, zdali bylo splněno několik požadavků v podmínce.

6.3 Před spuštěním

Samotnému spuštění stroje předchází kontrola celistvosti stroje, a uvedených komponent. Kontrolu, údržbu a obsluhu stroje smí provádět pouze osoby které jsou řádně proškoleny a seznámeny s funkcí robotizovaného pracoviště a výrobního stroje a s návody k nim přiloženými. Tuto kontrolu a údržbu zařízení lze provádět pouze v případě kdy je robotizované pracoviště paletizace odpojeno od výrobního stroje a v zastaveném stavu.

Před spuštěním pracoviště je potřeba provést tyto úkony:

- Zajištění pístku vybíracího mechanismu
- Kontrola řemene vybíracího mechanismu
- Kontrola popruhu zdvihání výtahu
- Kontrola mazacího filmu na podepřených kolejnicích výtahu
- Kontrola řemene pohonu pásů výtahu
- Kontrola pásu pásového dopravníku výtahu
- Vyprázdnění zásobníku zmetků a spodního odebírače beden

Po provedení těchto úkonů může obsluha robotizované pracoviště převést k výrobnímu stroji, za aretovat jej a dále postupovat dle návodu pro připojení robotizovaného pracoviště, který je součástí návodu k obsluze výrobního stroje.

6.4 Příprava na paletizaci

Po připojení robotizovaného pracoviště k výrobnímu stroji dochází k zreferování pracoviště, kdy jsou všechny akční členy včetně robotu zreferovány tak aby se nacházeli ve své domovské „home“ pozici. Toto se netýká pásového dopravníku výtahu.

Home pozice pneumatických válců se nachází v horní nebo dolní úvrati dle koncového čidla které bylo zvoleno pro home pozici.

Home pozice vybíracího mechanismu podavače rastru je určena indukčním čidlem.

Během přípravy řídicí jednotka kontroluje, zdali se akční členy nachází v home pozicích určenými jednotlivými čidly. Pokud se prvek v této poloze nenachází je do něj vyslán odpovídající signál. V reakci na tento signál by mělo dojít k přesunu akčního prvku do home pozice. Pokud se tak nestane je obsluha na tuto skutečnost upozorněna a vyzvána ke kontrole dráhy daného prvku. Prvek je před vyzváním obsluhy deaktivován tak aby při případném uvolnění překážky nedošlo k poranění obsluhy důsledkem pohybu akčního prvku.

Následně je obsluha vyzvána k vložení vstupního materiálu tedy prázdné bedny na horní podavač beden, a pěti rastrů do podavače rastru. Při vkládání rastrů do podavače dojde k změně signálu snímače píستku z logické jedničky na nulu. Tato změna je zaznamenána řídicí jednotkou.

6.5 Algoritmus pracoviště

Pokud příprava na paletizaci proběhla v pořádku a z výrobního stroje byl vyslán signál ke zahájení výroby může začít paletizační proces. Proces se řídí daným algoritmem, který bude v této kapitole popsán nejprve slovně a poté zjednodušeným vývojovým diagramem který je přiložen v příloze.

Obsluhou vložena prázdná bedna je detekována na podavači beden optickým čidlem na pozici k odebrání. Jestliže jsou splněny následující podmínky výtah vyjede nahoru do pozice výtah nahoře.

- Detekce pozice: výtah dole
- Detekce pozice: střed nearetován
- Detekce pozice: doraz nearetován
- Robot v home pozici
- Detekce pozice: zajištěno

Tyto podmínky zajišťují že výtah je v dolní pozici, aretační páky v krajní pozici tak že umožní nekolizní nakládání bedny, robot nekoliduje s dráhou výtahu a zajištění bedny proti posunutí po horním podavači beden.

Vyjetí výtahu do správné pozice snímá koncové čidlo detekce pozice výtah nahoře. Pokud logický výstup snímače je 1 výtah je ve správné pozici. Následuje funkce uvolnění bedny, o tom, zdali proběhl pohyb uvolnění bedny rozhoduje koncový snímač v dolní úvrati pneumatického válce detekce pozice nezajištěno. Doba, po kterou se válec nachází v pozici nezajištěno rozhoduje optický snímač detekce pozice na horním podavači beden. Jelikož na

podavači mohou být až dvě bedny je potřeba při změně signálu z k odebrání na není k odebrání a zpět posunout válec zpět do horní úvratě, aby nedošlo ke kolizi beden s výtahem.

Zároveň při pohybu uvolnění bedny dochází k aktivaci pohybu pásu, jenž zajišťuje pohyb bedny směrem k jejímu mechanickému dorazu na výtahu. Motor vykoná přesný počet kroků, který odpovídá dvojnásobku šířky bedny.

Jakmile je splněn počet kroků motoru dochází k aretaci bedny na střed. Pohyb je vykonáván dvojicí protiběžných pneumatických válců. Pokud byl pohyb správně vykonán koncové čidlo detekce pozice střed za aretován vysílá logickou jedničku. Možnost špatné aretace, kdy bedna není správně za aretována je ošetřena pozicí koncového čidla aretace bedny na střed, které se nenachází v horní úvratí válce.

Vysílají-li oba koncové snímače detekce pozice střed za aretován logickou jedničku může se přejít k dalšímu kroku jímž je aretace bedny na doraz.

V tomto kroku dochází k pohybu pneumatického válce aretace na doraz z dolní úvratí na pozici detekovanou koncovým čidlem detekce pozice doraz za aretován. Možnost špatné aretace, kdy bedna není správně za aretována je ošetřena pozicí koncového čidla, které se nenachází v horní úvratí válce.

Nyní kdy je bedna za aretována dochází k pohybu výtahu na pozici detekovanou koncovým snímačem detekce pozice výtah dole. K této akci však nedojde, pokud nejsou splněny následující podmínky:

- Detekce pozice: výtah nahoře
- Detekce pozice: střed za aretován
- Detekce pozice doraz za aretován
- Robot v home pozici

Pokud by nebyla jakákoli z těchto podmínek splněna pracoviště vyhlásí chybu založení bedny na výtah. Jestliže jsou všechny tyto podmínky splněny dochází ke spuštění výtahu na pozici výtah dole.

Po dokončení přesunu bedny dochází k přepravě rastru ze zásobníku na propad rastru. Před začátkem pohybu krokového motoru podavače rastru musí být splněny následující podmínky:

- Pístek zajištěn
- Home vybírače logická 1
- Detekce pozice: před vybráním
- Detekce pozice: zasunuto
- Detekce pozice: propad uzavřen
- Detekce rastru logická 0

Pokud dojde ke splnění těchto podmínek krom detekce rastu logická 1 znamená to, že jeden rast je již založen na podavači. V tomto případě odpadávají nutnost dopravovat rastr ze zásobníku na podavač. Proces se redukuje pouze na přesunutí rastru z podavače na propad, tento pohyb je vykonáván pneumatickým válcem a jeho vykonání je určeno detekcí pohybu vysunuto. Po vykonání tohoto pohybu se robot přesunuje na pozici k nabrání rastru a nástrojem rastru svírá rastr. O vykonání tohoto pohybu informuje digitální čidlo nástroje rastru. Poté dochází k pohybu otevření rastru. Vykonání tohoto pohybu signalizuje koncové čidlo propad otevřen. Následně je rastr robotem vložen do bedny, robot se poté přesouvá do home pozice.

Jestliže jsou splněny všechny podmínky realizuje se vybírací pohyb vertikální vykonávaný krokovým motorem. Počet kroků, který má motor vykonat je variabilní dle pozice vybíraného rastru. Jako první je vybrán rastr umístěný v nejvýše v zásobníku a sestupně se vybírají další.

Jakmile motor vykoná počet kroků nutných pro dosažení požadované výšky, dochází k vybíracímu pohybu horizontálnímu, kdy válec se přesunuje do horní úvratě. O vykonání tohoto pohybu informuje koncové čidlo detekce pozice vybráno. Následuje pohyb zpět do dolní úvratě válce. Úspěšnost vybrání rastru rozhoduje optické čidlo detekce rastu. Logická 1 znamená vybráno, logická 0 nevybráno. Následně se vybírací mechanismus vrací do home pozice. Poté následuje stejný proces, jaký byl popsán výše pokud snímač detekce rastru vysílá logickou 1.

Pokud byl rastr odebrán robotem a vložen do bedny proces probíhá znovu tak aby byl připraven další rastr na propadu k odebrání robotem.

Nyní jsou připraveny a provedeny všechny akce nezbytné k paletizaci. Robot vysílá výrobnímu stroji signál `pracoviste_pripraveno` a paletizace může začít, jakmile je na odebírací pozici připravena hřídelka.

Robot nyní zakládá hřídelky do bedny s rastrem v obdélníkovém vzoru a případně na zásobník zmetků pokud byly výrobním strojem vyhodnoceny jako zmetky. Po založení celého patra robot odebírá z propadu rastr a zakládá jej do bedny na již naložené hřídelky. Proces se opakuje, dokud není naložena celá bedna.

Po naložení celé bedny dochází k jejímu vyjetí na výstupní dopravník. Bednu je nejprve třeba od aretovat. Nejprve se vrací do polohy doraz nearetován válec aretace na doraz a následně se vrací do polohy nearetován válec aretace na střed. Pokud by kterýkoli z koncových snímačů nevysílal logickou 1 pracoviště vyhlásí chybu a k vyložení bedny nedojde.

Pokud však koncové snímače vysílají správné signály zaktivuje se pásový dopravník, jenž bednu dopraví na výstupní zásobník. Dopravník vykoná počet kroků odpovídající dvounásobku délky bedny.

Celý algoritmus se poté znova opakuje.

7 VYHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

Na základě objednávky zákazníka bylo vytvořeno robotizované paletizační pracoviště pro konkrétní aplikaci. Co se týče konstrukce pracoviště jako největší problém se jevily limitované zástavbové rozměry které, značně ovlivnili konstrukci pracoviště. Kvůli limitovaným rozměrům bylo upuštěno od nejjednodušší varianty řešení 3, následně byla vytvořena varianta řešení 1.

Varianta řešení 1 klade relativně vysoké mechanické požadavky na konstrukci výtahu, který byl dle těchto požadavků navrhnut a dimenzován.

Pracoviště, jak je nyní navrženo je vyrobitelné a splňuje na něj kladené požadavky. Jeho nevýhodou je však jeho komplexnost, která klade vyšší nároky na obsluhu, jenž musí být pro jeho obsluhu řádně vyškolená.

Při realizaci dalšího cíle této práce tedy digitálního zprovoznění, byly nejprve za definovány vstupy a výstupy pracoviště. Již v této fázi bylo zjištěno několik chyb a úprav které musí být vykonány pro správnou funkci pracoviště.

Po odstranění těchto chyb bylo následně pracoviště digitálně zprovozněno. Což se ukázalo jako více náročné, než autor očekával.

Během digitálního zprovoznění došlo k několika úpravám pozic, orientací nástroje tak aby proběhlo vše v pořádku bez kolizí a interrupcí.

Pouze díky tomu že bylo provedeno digitální zprovoznění bylo zjištěno několik špatně navržených komponent např. nástroje předtím, než se zadaly do výroby a mohly tedy být upraveny tak aby mohly správně plnit jejich funkci.

8 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ PRO PRAXI

V této práci se autor věnoval tématu robotizovaných paletizačních pracovišť, toto téma bylo v rešeršní části práce dále rozvedeno a blíže popsáno.

Dále bylo dle zjištěných informací takové pracoviště navrženo a rozpracováno. V programu autodesk Inventor byl vytvořen CAD model tohoto pracoviště. Při konstrukci pracoviště autor vycházel ze svých zkušeností, firemního know-how a poznatků které získal v rámci svého studia.

Při finalizaci modelu a přípravě technologických operací nutných pro výrobu bude třeba model dále upravit pro usnadnění výroby a vymezení potřebných vůlí a přesahů.

Dopravník rastru je nutné po vyrobení následně otestovat, při testování se můžou vyskytnout problémy s vedením rastru, respektive jeho zaklíněním. Pokud tato situace nastane je pracoviště vybaveno nevyužitými díry, které bude možno využít pro přidání dalšího vedení rastru.

Po zhotovení CAD modelu pracoviště přišel na řadu další krok, a to digitální zprovoznění, které probíhalo v programu ABB RobotStudio. Bez žádných předchozích zkušeností s tímto programem bylo pro autora zprvu náročné se orientovat v tomto programu a správně využívat výhody které RobotStudio přináší.

Pracoviště však bylo digitálně zprovozněno a jeho výsledkem je program připravený pro nahrání do robotu. Je však třeba podotknout že autor v této práci neřešil reálné propojení robotu s jednotlivými komponenty pracoviště.

Je tedy dále potřeba společně s elektro projektantem vyřešit, jak budou jednotlivé signály posílány do a z robotu.

Pro obsluhu bude dále nutné připravit detailnější hlášení o všech o operacích které na pracovišti probíhají tak aby byly více intuitivní a minimalizovali požadavky kladené na obsluhu.

Pracoviště je funkční, avšak musí se dále dle stanovených norem vyřešit jeho bezpečnost vůči obsluze. Pracoviště je sice ze tří stran prakticky nepřístupné pro obsluhu, ale z pohledu norem je stále přístupné. Proto je potřeba pracoviště dále opatřit bezpečnostními prvky tak aby vyhovovalo bezpečnostním normám.

Dále bude třeba na reálném pracoviště odladit pozici všech pracovních bodů které byly použity pro digitální zprovoznění. Pozice celého pracoviště dále závisí na aretačních patkách umístěných v podlaze, jejich přesná pozice je zásadní pro správné fungování pracoviště, tudíž jejich montáž musí být provedena co nejpřesněji.

Závěrem by chtěl autor podotknout, že doufá v využití zkušeností, které získal při tvorbě robotizovaného pracoviště a této práce dále v profesním životě, jelikož v digitálním zprovoznění vidí velkou příležitost v dalším kariérním rozvoji a konkurenční výhodu.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Premier Tech, „Robotic palletizing system,“ [Online]. Available: <https://www.ptchronos.com/en-ru/products/palletizing-robots/robotic-case-palletizer/robotic-palletizing-system>. [Přístup získán 3 2 2020].
- [2] I. M. HAVEL, Robotika. Úvod do teorie kognitivních robotů., Praha: SNTL, 1980.
- [3] P. BELJANIN, Promyšlené roboty, Moskva: Mašinostrojenie, 1975.
- [4] W. Robotics, Industrial Robots, Germany: IFR Statistical department, 2011.
- [5] „Český statistický úřad,“ 2018. [Online]. Available: <https://www.czso.cz/documents/10180/61601888/06200518k07.pdf/1c788638-8535-4c4e-ad75-ee2bd43f51ce?version=1.1>. [Přístup získán 14 12 2019].
- [6] C. Doc. Ing. Zdeněk Kolíbal, Průmyslové roboty 1, konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů (PRaM), Nakladatelství VUT Brno.
- [7] R. Svoboda, „Factory Automatization,“ 2015. [Online]. Available: <https://factoryautomation.cz/zivotnost-prumyslovych-robotu-vic-jak-20-let-loajalni-pracanti/>. [Přístup získán 14 12 2019].
- [8] „FANUC,“ FANUC, [Online]. Available: <https://www.fanuc.eu/cz/en>. [Přístup získán 2019].
- [9] ABB, „ABB,“ 2018. [Online]. Available: <https://new.abb.com/news/detail/5148/abbs-fundamental-new-portfolio-approach-for-the-robotics-enabled-digital-factory-of-the-future>. [Přístup získán 2019].
- [10] KUKA, „KUKA,“ [Online]. Available: <https://www.kuka.com/en-de/about-kuka/history>. [Přístup získán 2019].
- [11] P. Bartošík, „Co je to servisní robotika a jaké jsou její perspektivy,“ AUTOMA, 5 2014.
- [12] C. Doc. Ing. Zdeněk Kolíbal, Průmyslové roboty II: Konstrukce výstupních hlav a periférií, Brno: VUT, 1993.
- [13] „obecné rozdělení senzorů,“ [Online]. Available: http://www.umel.feec.vutbr.cz/~adamek/uceb/DATA/s_1_2.htm. [Přístup získán 2019].
- [14] B. K. O. SICILIANO, Springer handbook of robotics, Berlin, 2008.
- [15] AXIOM TECH s.r.o., „Virtual Commissioning pomáhá navrhovat robotické linky,“ AUTOMA, pp. 39-40, 5 2016.

- [16] U. Robots, „Universal Robots,“ [Online]. Available: <https://www.universal-robots.com/cs/>. [Přístup získán 2019].
- [17] N. Systems, „Indiamart,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.indiamart.com/proddetail/cartesian-robots-9395943997.html>. [Přístup získán 2019].
- [18] I. Wagner, „Statista worldwide,“ 30 1 2020. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/264084/worldwide-sales-of-industrial-robots/>. [Přístup získán 17 2 2020].
- [19] xcelgo, „What is virtual commissioning,“ [Online]. Available: <https://xcelgo.com/virtual-commissioning/>. [Přístup získán 2 3 2020].

10 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 prodeje průmyslových robotů	20
Obrázek 2 obrázek paletizace [1]	21
Obrázek 3 Využívání průmyslových nebo servisních robotů v ČR 2018	22
<i>Obrázek 4 základní varianty robotů</i>	24
Obrázek 5 výhody digitálního zprovoznění [16].....	30
Obrázek 6 sestava zkompletované krabice	31
Obrázek 7 omezení přístupu zástavbovými rozměry	32
Obrázek 8 varianta řešení 1	33
Obrázek 9 návrh varianty 2	34
Obrázek 10 návrh varianty 3	34
Obrázek 11 celkový přehled pracoviště	36
Obrázek 12 rám	37
Obrázek 13 podavač rastru	38
Obrázek 14 horní podavač beden	39
Obrázek 15 výtah.....	40
Obrázek 16 spodní odebírač beden.....	40
Obrázek 17 nástroj varianta 1	41
Obrázek 18 nástroj varianta 2	42
Tabulka 1 porovnání paletizačních robotů	26
Tabulka 2 porovnání variant návrhu.....	35
Tabulka 3 Input/output tabulka	43

11 SEZNAM PŘÍLOH

1. Vývojový diagram
2. Pack and Go soubor s digitálním zprovozněním

PŘÍLOHY

