



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

KONSTRUKCE KONCOVÉHO EFEKTORU PRŮMYSLOVÉHO ROBOTU PRO SKLÁDÁNÍ A LEPENÍ KARTONOVÝCH KRABIC

DESIGN OF END EFFECTOR OF INDUSTRIAL ROBOT FOR FOLDING CARTON
BOXES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Závodský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Kočiš

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Martin Závodský**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Petr Kočiš**
Akademický rok: 2018/19

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:

Konstrukce koncového efektoru průmyslového robotu pro skládání a lepení kartonových krabic

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student navrhne a vypracuje konstrukci koncového efektoru, který po usazení na průmyslový robot bude schopen kontinuálně skládat kartonové krabice různých rozměrů bez nutnosti ručního nastavování. Zařízení musí umožnit zalepení dna krabice lepicí páskou.

Cíle bakalářské práce:

Současný stav poznání v oblasti skládání kartonových krabic.

Systémový rozbor řešené problematiky a zdůvodnění způsobu řešení problému.

Nejméně 2 návrhové varianty, jejich zhodnocení a výběr vhodné varianty pomocí multikriteriální analýzy.

Konstrukční návrh vybrané varianty.

Technické výpočty.

Výkresová dokumentace vybraných prvků a sestavy.

Ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

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

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, 2014, 684 s. : il. ISBN 978-80-260-6780-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zaoberá problematikou skladania a lepenia kartónových krabíc v priemysle. V prvej časti práce je spracovaný prehľad a rozdelenie skladacích a zalepovacích strojov dostupných na trhu. V druhej časti sa práca zameriava na konštrukčný návrh efektora, ktorý po nasadení na priemyselného robota bude schopný kontinuálne skladať a zalepovať dno kartónových krabíc rôznych rozmerov bez nutnosti ručného nastavovania. Optimálna konštrukcia vzišla z dvoch návrhových variantov, ktoré boli náležite zhodnotené multikriteriálnou analýzou. Výsledkom tejto práce je 3D model efektora, doplnený o technické výpočty a výkresovú dokumentáciu vybraných súčiastok a zostavy. Rozpracovaný je tiež možný návrh robotického pracoviska, ktorý bol stručne ekonomicky zhodnotený.

ABSTRACT

This bachelor`s thesis deals with the issue of folding and sealing cardboard boxes in industry. The first part of the thesis is a processed overview and division of folding and sealing machines available on the market. In the second part, the thesis focuses on the design of the end-effector, which, after being attached on the industrial robot, will be able to continuously fold and seal the bottom of cardboard boxes of various sizes without the need for manual adjustment. The optimal design came up from two design variants that were properly evaluated by multi-criteria analysis. The result of this work is a 3D model of the end-effector, complemented by technical calculations and drawing documentation of selected parts and assembly. A possible design of a robotic workstation is also elaborated.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

priemyselný robot, automatizovaný skladač krabíc, lepiaci stroj, koncový efektor, podtlaková prísavka, automatizácia, priemysel

KEYWORDS

Industrial robot, case erector, case sealer, end-effector, vacuum suction cup, automation, industry

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

ZÁVODSKÝ, M. *Konstrukce koncového efektoru průmyslového robotu pro skládání a lepení kartonových krabic*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2019. 64 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Kočíš.

POĎAKOVANIE

Týmto by som rád poďakoval Ing. Petrovi Kočišovi za odborné vedenie, cenné rady a čas, ktorý mi v priebehu spracovania tejto bakalárskej práce venoval.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne pod vedením Ing. Petra Kočiša a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 23.5. 2019

.....
Závodský Martin

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	MOTIVÁCIA	17
3	PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA	19
3.1	Firma SIAT [3]	19
3.1.1	Poloautomatické skladače krabíc	19
3.1.2	Automatické skladače krabíc	20
3.1.3	Poloautomatické lepiace stroje	22
3.1.4	Automatické lepiace stroje	23
3.1.5	Technológia Hot Melt	25
3.2	Ďalšie významné firmy	27
3.2.1	Firma Comarme [5]	27
3.2.2	Firma Robopac [6]	28
3.2.3	Firma Verpama [7]	29
3.2.4	Firma TART [8]	30
3.3	Koncové efekторы	31
3.3.1	Všeobecný prehľad a rozdelenie [10]	31
3.3.2	Podtlakové úchopové prvky	33
4	SYSTÉMOVÝ ROZBOR PRÁCE	35
4.1	Formulácia problematiky	35
4.2	Formulácia cieľov a riešení	35
4.3	Predbežný návrh robotizovaného pracoviska	36
5	NÁVRHOVÉ VARIANTY EFEKTORA	37
5.1	Variant A	37
5.1.1	Návrh konštrukcie efektora	37
5.1.2	Popis manipulácie s krabicou	39
5.2	Variant B	40
5.2.1	Návrh konštrukcie efektora	40
5.2.2	Popis manipulácie s krabicou	42
6	MULTIKRITERIÁLNA ANALÝZA	43
6.1	Kritériá	43
6.2	Určenie významnosti kritérií	43
6.3	Hodnotenie navrhnutých variantov	44
6.4	Výsledky	45
7	ROZPRACOVANIE OPTIMÁLNEHO VARIANTU EFEKTORA	46
7.1	Návrh vákuových komponentov	47
7.2	Návrh rámu a pohonu	49
7.3	Návrh sklopnej čeľuste	51
8	NÁVRH ROBOTICKÉHO PRACOVISKA	53
8.1	Skladacia a zalepovacia konštrukcia	53
8.2	Robotické pracovisko	55
9	EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE	56
10	ZÁVER	57
11	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	58

12 ZOZNAM SKRATIEK, SYMBOLOV, OBRÁZKOV A TABULIEK	60
12.1 Zoznam skratiek a symbolov	60
12.2 Zoznam tabuliek	61
12.3 Zoznam obrázkov.....	62
13 ZOZNAM PRÍLOH	64

1 ÚVOD

V súčasnej dobe je automatizácia významným nástrojom pre zvýšenie efektivity, produktivity a kvality výroby a služieb. Aj z tohto dôvodu zaujímajú robotizované pracoviská stále väčší podiel v oblasti priemyslu. Účelom robotov je nahradenie monotónnej, fyzicky náročnej až nebezpečnej práce ľudí. Túto prácu roboty vykonávajú pomocou rôzne konštrukčne zameraných koncových efektorov, teda akýchsi výkonných orgánov.

Témou tejto bakalárskej práce je konštrukčný návrh koncového efektora priemyselného robota pre skladanie a lepenie kartónových krabíc. To je v súčasnej dobe realizované buď manuálnou prácou ľudí, alebo vo väčších firmách prostredníctvom finančne náročných strojov, ktoré sa na trhu objavujú pod viacerými názvami najmä u skladacích strojov: formátovacie stroje, skladačky kartónov, automatizované skladače krabíc. V nasledujúcich kapitolách budem uvádzať pojmy automatizované skladače krabíc a lepiace stroje. Bude im venovaná prvá rešeršná časť práce v rámci prehľadu súčasného stavu poznania danej problematiky.

V rámci prvej časti potrebné bližšie ozrejmiť pojem efektor a uviesť jeho základné delenie podľa funkcie. Zvláštna pozornosť však bude venovaná efektorom s podtlakovými úchopovými prvkami, ktoré si rozoberieme z hľadiska možných konštrukčných riešení a vysvetlíme si princípy ich funkcie.

Druhá, hlavná časť práce sa zaoberá samotným návrhom koncového efektora priemyselného robota pre skladania a lepenie krabíc. Na základe podrobnej analýzy manipulačnej úlohy budú rozpracované dve jedinečné návrhové varianty koncového efektora. Pomocou multikriteriálnej analýzy bude z daných dvoch riešení zvolený optimálny variant, ktorý bude ďalej rozpracovaný a doplnený technickými výpočtami spoločne s výkresovou dokumentáciou zvolených prvkov a zostavy. Rozpracovaný je tiež možný návrh robotického pracoviska. Navrhnuté riešenie bolo stručne ekonomicky zhodnotené.

2 MOTIVÁCIA

Automatizované skladače krabíc a lepiace stroje, o ktorých budeme pojednávať v nasledujúcich kapitolách sa na trhu objavujú ako plne automatické alebo cenovo úspornejšie poloautomatické. Druhé uvedené sa však už nezaobídu bez zásahu človeka. Jedná sa o veľkorozmerné jednoúčelové stroje, ktorých cieľom je príprava kartónových krabíc pred a po naplnení. Kartóny sú odoberané z bočného zásobníka, alebo privázané prostredníctvom dopravníka. Nasleduje poskladanie chlopní, pričom je akýkoľvek nežiaduci kontakt medzi nimi úplne odstránený.

Priemyselné roboty so správnymi koncovými efektormi však tento proces dokážu veľmi dobre napodobniť. Dochádza pritom k úspore priestoru, nakoľko roboty nie sú príliš náročné na veľkosť pracoviska. Môžu byť nainštalované na pevných podstavcoch, prípadne zavesené na stene či strope, čo svedčí o ich ďalšej veľkej výhode – adaptivite. Na spomínaný účel prípravy kartónových krabíc sú najvhodnejšie typy robotov so sériovou kinematikou charakteristické svojím otvoreným kinematickým reťazcom, konkrétne sa jedná o tzv. angulárne roboty. Tento typ robotov má v priemysle dominantné postavenie, o čom svedčí použitie takmer vo všetkých odvetviach priemyselnej výroby, od potravinárskeho až po automobilové [1].

Cieľom tejto práce je návrh koncového efektora priemyselného robota, ktorý za pomoci špeciálne usporiadanej konštrukcie zvládne nahradiť funkciu strojov na trhu pre účel skladania a lepenia krabíc aj ohľadom na ekonomickú stránku veci.

3 PREHĽAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA

Stroje na skladanie krabíc sú mechanické systémy, ktoré v logistickom priemysle pretvárajú zložené kartóny na trojrozmerné krabice. Do tejto kategórie strojov spadajú rovnako skladače krabíc, ktoré majú na starosti spodnú časť krabice pred naplnením, tak i lepiace stroje dokončujúce proces zložením a zalepením hornej časti krabice.

V súčasnej dobe sa vzhľadom k rýchlemu rastu obchodu a nových technológií vyžaduje od týchto strojov väčšia flexibilita týkajúca sa efektívneho skladania rôznych rozmerov krabíc. S touto požiadavkou sa naskytuje však otázka, ako zredukovať čas prestavovania rozmeru, ktorý predstavuje veľké narušenie prevádzky stroja na minimum. Jedno z možných riešení, dostupné zatiaľ len pre lepiace stroje, je automatizované nastavovanie prostredníctvom senzorov na rozpoznávanie rozmerov. Táto vymoženosť však nie je podmienkou ani u stroja so statusom „automatický“, kde sa tento pojem vzťahuje na potrebu obsluhy po samotnom nastavení. Momentálne v prevádzkach stále prevládajú stroje s manuálnym nastavovaním, no to by sa malo v blízkej budúcnosti zmeniť [2].

3.1 Firma SIAT [3]

Talianska firma SIAT vyrába rad prístrojov na prípravu širokej škály kartónových krabíc. Líšia sa spôsobom uzatvárania chlopní a mierou automatizácie. Jedná sa o poloautomatické až plnoautomatické skladače krabíc či lepiace stroje. V ponuke firmy nájdeme taktiež stroje využívajúce technológiu Hot-Melt, ktorá je z dlhodobého hľadiska ideálna pre veľké prevádzky z dôvodu výraznej úspory oproti zalepovaniu lepiacou páskou.

3.1.1 Poloautomatické skladače krabíc

Ide o skladače vyžadujúce obsluhu operátora. Ten do nich vkladá nezložené kartóny zo zásobníka, ktorý je v priamom dosahu operátora. Spodné chlopne sú zložené samotným vložením kartónu do stroja pomocou sklápacieho mechanizmu. Krabice sa ponechávajú v tomto stave až do náležitej plniacej operácie, po ktorej sú presunuté do lepiaceho stroja, prípadne na dopravník k ďalším operáciám.

Poloautomatické skladače krabíc modelovej rady **SIAT F105** (obr. 1) a rozšírenej rady **SIAT PS50-TB** (obr. 2) nachádzajú uplatnenie v menších až stredne veľkých prevádzkach. Presun krabice do lepiacej časti alebo samostatného lepiaceho stroja je u uvedených modelov zabezpečený pomocou pneumatického posúvača, ktorý operátor aktivuje stlačením tlačidla na ovládacom paneli. Oba stroje sú ďalej vybavené bočnými pneumatically ovládanými vedeniami, ktoré rozpoznávajú šírky krabíc a udržiavajú ich vo zvislej polohe. Nechýba ani možnosť manuálneho nastavenia pre rôzne dĺžky kartónov. Záujemca si podľa potreby môže tiež vybrať z voliteľného príslušenstva ako sú brzdené pojazďové kolieska, či typ dopravníka.

Model SIAT PS50-TB sa však výrazne odlišuje svojou vlastnou lepiacou časťou, vďaka ktorej umožňuje kompletnú prípravu krabice.



Obr. 1) SIAT F105



Obr. 2) SIAT PS50-TB

Tab. 1) Základné technické parametre

		SIAT F105	SIAT PS50-TB
Celkový príkon	[kW]	0,26	0,26
Rýchlosť	[krabice/h]	600	600
Spotreba stlačeného vzduchu	[NI ¹ /cyklus]	14,2	14,2
Pracovný tlak	[bar]	5,5 – 7	5,5 – 7
Hmotnosť	[kg]	110	225

Tab. 2) Rozmery stroja

	SIAT F105		SIAT PS50-TB		
	Min.	Max.	Min.	Max.	
Dĺžka	[mm]	1260	1660	1952	
Šírka	[mm]	570	933	733	
Výška	[mm]	695	855	1305	1505
Výška pracovnej dosky	[mm]	525	675	585	735

Tab. 3) Rozmery krabice

	SIAT F105		SIAT PS50-TB		
	Min.	Max.	Min.	Max.	
Dĺžka	[mm]	200	600	150	600
Šírka	[mm]	90	500	150	500
Výška	[mm]	90	500	100	500

3.1.2 Automatické skladače krabíc

Plnoautomatické stroje, ktorých úlohou je poskladanie a zväčša aj zalepenie spodných chlopní krabice bez potreby ľudského zásahu. Ak samozrejme nepočítame s počiatočným nastavením a spustením stroja cez ovládací panel. Kartóny sú uložené v gravitačnom zásobníku, z ktorého

¹ NI – množstvo vzduchu prepočítané späť na normálne fyzikálne podmienky (101 325 Pa, 0°C)

sú odoberané manipulačným zariadením s vákuovými prísavkami. Následne sklápací mechanizmus zloží spodné chlopne krabice a posiela ju na ďalšie operácie.

Automatické skladače krabíc modelovej rady **SIAT F44** (obr. 3) sú vhodné pre malé až stredné prevádzky, zatiaľ čo rýchlejšie stroje modelovej rady **SIAT F144** (obr. 4) nachádzajú uplatnenie aj vo väčších firmách. Oba stroje sú si konštrukčne podobné. Sú vybavené bočnými pásmi na posúvanie poskladaných krabíc, o ktorých chod sa starajú dva 0,18 kW elektromotory. Nechýbajú ani zabudované lepiace hlavy pre lepiacu pásku. Chod strojov zabezpečuje riadiaca jednotka OMRON PLC, ktorá mimo iného prostredníctvom senzorov kontroluje tiež počet kartónov v zásobníku a zalepovací proces. Najväčším konštrukčným rozdielom vyššie spomínaných strojov je riešenie spôsobu odobratia krabice zo zásobníka. Zatiaľ čo SIAT F44 disponuje pneumatickým ramenom, SIAT F144 rieši tento úkon pomocou prísavkového manipulátora na lineárnom vedení.

Bezpečnú údržbu umožňuje poistka pre odpojenie pneumatických a elektronických okruhov. Jedná sa o kvalitne spracované stroje v súlade s bezpečnostnými štandardmi CE a s jednoduchou obsluhou.



Obr. 3) SIAT F44



Obr. 4) SIAT F144

Tab. 4) Základné technické parametre

		SIAT F44	SIAT F144
Celkový príkon	[kW]	0,36	0,36
Rýchlosť	[krabice/h]	480	700
Spotreba stlačeného vzduchu	[Nl/cyklus]	48	48
Pracovný tlak	[bar]	5,5 – 7	5,5 – 7
Hmotnosť	[kg]	550	600

Tab. 5) Rozmery stroja

	SIAT F44		SIAT F144		
	Min.	Max.	Min.	Max.	
Dĺžka	[mm]	3113	2280	3280	
Šírka	[mm]	1405	1720		
Výška	[mm]	1800	2150	1645	1800
Výška pracovného stola	[mm]	600	950	545	700

Tab. 6) Rozmery krabice

	SIAT F44		SIAT F144	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Dĺžka [mm]	200	450	150	450
Šírka [mm]	150	350	150	350
Výška [mm]	150	450	150	450

3.1.3 Poloautomatické lepiace stroje

Okrem automatizovaných skladačov krabíc je SIAT medzinárodne uznávaný aj za kvalitu a spoľahlivosť svojich lepiacich strojov, ktoré sa tiež môžu pochváliť širokou škálou modifikácií. Podľa spôsobu nastavovania rozmeru krabíc poloautomatické lepiace stroje ešte rozdeľujeme na manuálne a automatické. Prítomnosť operátora je opäť nevyhnutná, nakoľko vkladá do stroja naplnené krabice pripravené na zalepenie, prípadne krabice sám pred lepiacim procesom plní.

Poloautomatické lepiace stroje modelovej rady **SIAT SK20** (obr. 5) a **SIAT SR46** (obr. 6) predstavujú ideálne riešenie pre baliace linky v malých až stredne veľkých prevádzkach. O posúvanie krabíc cez lepiace hlavy sa starajú horné a dolné dvojité hnacie pásy, poháňané dvomi samostatnými elektromotormi o výkone 0,18 kW. Vďaka kvalitnej a robustnej konštrukcii rámu je zabezpečená stabilita stroja aj pri práci s väčšími kartónovými krabicami. O samotné zalepovanie lepiacou páskou sa starajú dve 75 mm lepiace hlavy K12R v hornej a dolnej časti. Umožňujú rýchlu výmenu pásky, čím dochádza k efektívnemu šetreniu času počas nastavovania a údržby. Jednou z možných voliteľných konfigurácií strojov je tiež čiernobiela atramentová tlačiareň s označením K-125, používaná na tlač základných údajov priamo na krabicu.

Zásadným rozdielom dvoch popisovaných strojov je spôsob prispôsobenia na požadované rozmery krabice. U stroja SIAT SK20 nastavuje rozmery operátor pomocou dvoch polohovateľných ramien na výšku a šírku, maximálna dĺžka nie je limitovaná.

SIAT SR46 však prichádza so sofistikovanejším riešením v podobe pneumatically riadeného systému pre automatické nastavovanie. Po pretlačení spúšťacieho mechanizmu krabicou sa bočné polohovacie ramená okamžite prilnú na jej steny. Následne operátor pritlačí krabicu o výškové polohovacie zariadenie, čím ho uvedie do prevádzky.



Obr. 5) SIAT SK20



Obr. 6) SIAT SR46

Tab. 7) Základné technické parametre

		SIAT SK20	SIAT SR46
Celkový príkon	[kW]	0,26	0,26
Rýchlosť	[krabice/h]	1200	900
Spotreba stlačeného vzduchu	[Nl/cyklus]	-	9
Pracovný tlak	[bar]	-	5,5 – 7
Hmotnosť	[kg]	150	180

Tab. 8) Rozmery stroja

		SIAT SK20		SIAT SR46	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Dĺžka	[mm]	1080		1395	
Šírka	[mm]	740		890	
Výška	[mm]	1290	1630	1560	1900
Výška pracovného stola	[mm]	485	825	480	800

Tab. 9) Rozmery krabice

		SIAT SK20		SIAT SR46	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Dĺžka	[mm]	150	∞	150	∞
Šírka	[mm]	170	500	170	650
Výška	[mm]	100	500	100	650

3.1.4 Automatické lepiace stroje

Po operácií poskladania spodných chlopní krabice automatizovanými skladačmi, nasleduje proces plnenia, poskladania horných chlopní a zalepenie krabice. O posledné dva úkony sa starajú práve lepiace stroje. Pre zvýšenie efektivity bývajú skladače krabíc a lepiace stroje radené za sebou, obsluhované jedným operátorom, ktorý má na starosti zároveň aj plnenie. Plnoautomatické lepiace stroje sa ešte podobne ako poloautomatické delia podľa spôsobu nastavovania rozmerov krabice na manuálne a automatické.

Zvolené automatické lepiace stroje modelovej rady **SIAT SM11** (obr. 7) a **SIAT SM44HD** (obr. 8) sú dobrou voľbou predovšetkým vo väčších prevádzkach. Posúvanie krabíc strojom majú na starosti dva hnacie pásy, ktoré sú napájané dvomi elektromotormi o výkone 0,13 kW u prvého modelu a 0,18 kW u druhého. Nad pásmi sú umiestnené prítlačné valčeky, zabezpečujúce tesný styk horných bočných chlopní krabice. Oba stroje disponujú automatickým systémom na poskladanie všetkých štyroch horných chlopní. Tento systém pozostáva z pneumatického ramena a vodiacich tyčí. Podľa šírky lepiacej pásy sa volí buď 50 mm (K11R), alebo 75 mm (K12R) lepiaca hlava. Bezpečnú prevádzku zaisťujú bočné ochranné poistky pripojené k elektropneumatickým vypínačom.

Rozdielom modelov je spôsob prispôsobenia na požadované rozmery krabice. SIAT SM11 je lepiacim strojom pre pevne stanovený formát. Znamená to, že všetky úpravy potrebné pre správne používanie stroja sa vykonávajú operátorom manuálne, a preto je vhodným kandidátom pre dlhodobú prácu s rovnakými rozmermi krabíc.

Model SIAT SM44HD je naopak lepiacim strojom pre rôzne formáty krabíc. O všetky formátové úpravy sa stará pneumatically ovládaný systém so senzormi na rozpoznávanie výšky. Súčasťou stroja je tiež zabudovaný ovládací panel na úpravu jednotlivých pneumatických komponentov, externý ovládací panel zase slúži na odstraňovanie možných chýb a voľbu lepiaceho programu.



Obr. 7) SIAT SM11



Obr. 8) SIAT SM44HD

Tab. 10) Základné technické parametre

		SIAT SM11	SIAT SM44HD
Celkový príkon	[kW]	0,26	0,36
Rýchlosť	[krabice/h]	1200	450
Spotreba stlačeného vzduchu	[Nl/cyklus]	2	9
Pracovný tlak	[bar]	5,5 – 7	5,5 – 7
Hmotnosť	[kg]	340	400

Tab. 11) Rozmery stroja

	SIAT SM11		SIAT SM44HD		
	Min.	Max.	Min.	Max.	
Dĺžka	[mm]	2526	3308		
Šírka	[mm]	1058		1121	
Výška	[mm]	1770	2110	1830	2050
Výška pracovného stola	[mm]	480	820	500	840

Tab. 12) Rozmery krabice

	SIAT SM11		SIAT SM44HD		
	Min.	Max.	Min.	Max.	
Dĺžka	[mm]	200	600	200	600
Šírka	[mm]	150	500	150	500
Výška	[mm]	100	600	140	500

3.1.5 Technológia Hot Melt

Firma SIAT produkuje tiež stroje, ktoré nahradzujú bežné lepiace hlavy s páskou za efektívnejšiu metódu. Jedná sa o technológiu Hot-Melt, ktorej názov už prezrádza, že pôjde o zalepovanie kartónov horúcim tekutým lepidlom. Táto technológia je používaná výhradne u plnoautomatizovaných strojov kvôli vyššej počiatocnej investícií a zníženiu nákladov z hľadiska dlhodobej prevádzky. Aplikovať ju teda možno rovnako na plnoautomatizované skladače krabíc i plnoautomatizované lepiace stroje.

Tekuté lepidlo je do strojov dodávané externou lepiacou jednotkou s pojazdvými kolieskami pre jednoduchú manipuláciu od firmy Robatech Gluing Technology. Jednotka je dodávaná s 5 l nádržou, hadičkami a lepidlovými tryskami. Je navrhnutá tak, aby bola vhodná pre termoplastické granulátové lepidlá a iné horúce taveniny. Ďalej je vybavená intuitívnymi ovládacími prvkami pre reguláciu teploty a množstva prepravovanej hmoty. Jednoduchú integráciu do akéhokoľvek výrobného systému umožňuje modulárna štruktúra jednotky [4].

Automatický skladač krabíc modelovej rady **SIAT HM145** (obr. 9) je z dôvodu využitia technológie Hot-Melt predurčený pre veľké prevádzky. Potom čo operátor manuálne nastaví stroj pre požadovaný rozmer krabice a naplní zásobník, ho spustí tlačidlom na ovládacom paneli. Jeho prítomnosť sa naďalej už nevyžaduje nakoľko riadenie chodu stroja preberá riadiaca jednotka OMRON PLC, ktorá mimo iného prostredníctvom senzorov kontroluje tiež počet kartónov v zásobníku a zalepovací proces. Rovnako ako ostatné automatické skladače je vybavený manipulačným zariadením s vákuovými prísavkami, pomocou ktorého odoberá zo zásobníka jednotlivé kartóny. U daného modelu je toto zariadenie riešené pomocou lineárneho vedenia. Následne je na spodné chlopne krabice nanosené tekuté lepidlo a sklápací mechanizmus sa postará o ich poskladanie. Lepenie má na starosti vyššie spomínaná externá lepiaca jednotka. Pneumatické rameno krabicu presunie medzi dva bočné hnacie pásy poháňané dvomi samostatnými elektromotormi o výkone 0,55 kW. Proces zakončuje pneumatický lis, ktorého úlohou je zabezpečiť čo najlepšiu kvalitu spoja.

Automatický lepiaci stroj modelovej rady **SIAT HM11-T** (obr. 10) využívajúci technológiu Hot-Melt je rovnako vhodný primárne pre veľké prevádzky. Dimenzovanie stroja taktiež prebieha manuálne, zvyšné procesy riadi PLC. Krabica s poskladanými spodnými chlopňami prichádzajúca zo skladača je unášaná pomedzi hnacie pásy poháňané dvomi 0,18 kW elektromotormi smerom k stroju, kde trysky nanesú celkovo štyri pásy horúceho tekutého lepidla. Systém pozostávajúci z pneumatického ramena a vodiacich tyčí ďalej poskladá horné chlopne s nanoseným lepidlom a prítlačné valčeky zase zabezpečujú potrebný tlak na hornú časť krabice. Nechýbajú ani bezpečnostné panely, ktoré zabraňujú kontaktu operátora s pohyblivými alebo horúcimi časťami v prípade údržby.



Obr. 9) SIAT HM145



Obr. 10) SIAT HM11-T

Tab. 13) Základné technické parametre

		SIAT HM145	SIAT HM11-T
Celkový príkon	[kW]	1,11	0,36
Rýchlosť	[krabice/h]	2,24	2,37
Spotreba stlačeného vzduchu	[Nl/cyklus]	500	1200
Pracovný tlak	[bar]	12	2,1
Hmotnosť	[kg]	5,5 – 7	5,5 – 7
Celkový príkon	[kW]	780	255

Tab. 14) Rozmery stroja

		SIAT HM145		SIAT HM11-T	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Dĺžka	[mm]	2290	3290	3498	
Šírka	[mm]	3110		938	
Výška	[mm]	1790	1890	1745	2085
Výška pracovného stola	[mm]	545	645	485	82

Tab. 15) Rozmery krabice

		SIAT HM145		SIAT HM11-T	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Dĺžka	[mm]	200	560	200	600
Šírka	[mm]	150	350	150	500
Výška	[mm]	200	450	150	500

3.2 Další významné firmy

Všetky firmy spomínané v tejto kapitole prichádzajú s veľmi podobnými konštrukčnými riešeniami ako vyššie popisovaná firma SIAT, na ktorej výrobkoch už boli vysvetlené princípy funkcie jednotlivých strojov. Z tohto dôvodu sa táto kapitola venuje už len stručnejšiemu prehľadu výrobkov od uvedených firiem, a to s dôrazom na odlišnosti od už vyššie popisovaných.

3.2.1 Firma Comarme [5]

Druhým popredným svetovým výrobcom a distribútorom strojov na prípravu krabíc je firma Comarme, ktorá je taktiež pôvodom z Talianska. Firma sa špecializuje predovšetkým na lepiace stroje využívajúce klasickú lepiacu pásku a papierovú zvlhčovaciu. Tá je šetrnejšia k životnému prostrediu, no zároveň slúži ako efektívna ochrana pred prachom. Zastúpenie má samozrejme aj už spomínaná technológia Hot Melt. Všetky ponúkané stroje sú dostupné v oboch stupňoch automatizácie.

Vybrané modely Comarme **F2000** (obr. 11) a **GEM XF62 HS** (obr. 12) sú aktuálne tým najlepším čo firma ponúka. Oba stroje sú vysokorychlostné, plnoautomatické a na vysokej bezpečnostnej úrovni, čo ich predurčuje do veľkých prevádzok. Skladač F2000 je vďaka špeciálne navrhnutému skladaciu mechanizmu vhodný i pre prácu s veľmi ľahkými kartónmi. Je dostupný taktiež vo verzii z nehrdzavejúcej ocele, ktorá je odporúčaná najmä pre potravinársky priemysel. Lepiaci stroj GEM XF62 HS pre rôzne rozmery krabíc disponuje dvomi lepiacimi hlavami, avšak horná je vybavená patentovým pružinovým systémom pre reguláciu sily pôsobiacej na kartón, čím eliminuje prípadné rozdiely v objeme naplnenej krabice.



Obr. 11) Comarme F2000



Obr. 12) Comarme GEM XF62 HS

Tab. 16) Základné technické parametre

		Comarme F2000	Comarme GEM XF62 HS
Celkový príkon	[kW]	0,4	2
Rýchlosť	[krabice/h]	900	600
Spotreba stlačeného vzduchu	[Nl/cyklus]	22	-
Pracovný tlak	[bar]	6	6
Hmotnosť	[kg]	490	450

3.2.2 Firma Robopac [6]

Opäť a do tretice sa jedná o firmu talianskeho pôvodu, čo vypovedá o jednoznačnej talianskej dominancii v tejto oblasti výroby. Je súčasťou skupiny Aetna Group, ktorá sa zameriava na distribúciu skladacích, lepiacich, či fóliou baliacich strojov po celom svete. Robopac je len jednou obchodnou značkou spomedzi štyroch celkových, ktorými skupina disponuje. Zvyšné firmy sa už však venujú predovšetkým baliacim systémom, ktoré sú pre túto prácu irelevantné. V Českej a Slovenskej republike si možno zaobstarať Robopac stroje prostredníctvom firmy Unipack.

Aj u tejto firmy bolo snahou vybrať zástupcu pre skladače krabíc a lepiace stroje s čo najvyššou technickou vybavenosťou. Ideálnymi kandidátmi sú plnoautomatické modely **SUPERBOX** (obr. 13) a **ROBOTAPE 50 CFA** (obr. 14) vhodné do väčších prevádzok. Skladač SUPERBOX predstavuje všestranné zariadenie s vysokou životnosťou vo viacerých veľkostných prevedeniach, ktoré rieši vyberanie kartónov zo zásobníka pomocou prísavkového manipulátora na lineárnom vedení. Krátko na to spodný sklápací mechanizmus zloží spodné chlopne a posieľa krabicu pomedzi dva postranné hnacie pásy, ktoré ju prevedú i lepiacou hlavou. Keďže u skladačiek automatické nastavovanie formátu zatiaľ nie je využívané, realizuje sa manuálnou úpravou zarovnávacích pojazdov a zmenou polohy prísaviek. Lepiaci stroj ROBOTAPE 50 CFA na zloženie všetkých štyroch horných chlopní využíva automatický systém pozostávajúci z pneumatického ramena a bočných vodiacich tyčí. Lepený spoj realizovaný dvomi lepiacimi hlavami je ešte posílený bočnými prítlačnými valčekmi. Jedná sa o stroj, ktorý sa dokáže automaticky prispôbiť formátom krabíc.



Obr. 13) SUPERBOX



Obr. 14) ROBOTAPE 50 CFA

Tab. 17) Základné technické parametre

		SUPERBOX	ROBOTAPE 50 CFA
Celkový príkon	[kW]	1	0,4
Rýchlosť	[krabice/h]	720	500
Spotreba stlačeného vzduchu	[Nl/cyklus]	29	6
Pracovný tlak	[bar]	6	6
Hmotnosť	[kg]	-	510

3.2.3 Firma Verpama [7]

Pre stredoeurópsky logistický trh je dôležitá aj firma Verpama, tentokrát zo Švajčiarska. Po zlúčení s firmou SWF Packaging Solutions sa stala popredným výrobcom samostatných formovacích strojov rady TRAY a BLISS na medzinárodnom trhu. Firma kladie veľký dôraz na optimalizáciu spotreby, udržateľnosť zdrojov i na ergonómiu svojich zariadení. Prostredníctvom dotykového panelu umožňujú rýchlu obsluhu a zmenu formátu krabíc. Riadenie mechanických častí stroja má na starosti elektromotor v kombinácii s pneumatickým pohonom.

Zariadenia **TrayFormer** (obr. 15) a **BlissFormer** (obr. 16) sú automatickými kompaktnými skladačmi využívanými predovšetkým v potravinárskom a farmaceutickom priemysle, nakoľko dizajn a množstvo rôznych krabíc je takmer neobmedzené. Oba stroje využívajú tiež technológiu Hot Melt. Trayformer po nanosení horkého lepidla na jeden kartónový tvarový výsek premiestni kartón do časti s pneumatickým lisom, ktorý sa postará o jeho rýchle a presné sformovanie. BlissFormer sa odlišuje skutočnosťou, že krabice vytvára až z troch tvarových výsekov, na ktoré takto možno vyvinúť vyšší tlak pri lisovaní, vďaka čomu dochádza k šetreniu materiálu. Obe zariadenia sú ďalej dostupné v dvoch základných modeloch „Classic“ a „LM“. U modelu „Classic“ sú na dosiahnutie k zásobníku s kartónmi použité schody, zatiaľ čo u verzie „LM“ je možné kartóny nakladať priamo zo zeme, čím je dosiahnuté zvýšenie nosnosti a bezpečnosti.



Obr. 15) Verpama TrayFormer „Classic“



Obr. 16) Verpama BlissFormer „LM“

Tab. 18) Základné technické parametre

		Verpama TrayFormer „Classic“	Verpama BlissFormer „LM“
Celkový príkon	[kW]	7,5	7,5
Rýchlosť	[krabice/h]	2400	1440
Spotreba stlačeného vzduchu	[l/cyklus]	35	35
Pracovný tlak	[bar]	6	6
Hmotnosť	[kg]	1800	1200

3.2.4 Firma TART [8]

Aj Česká republika má svojho zástupcu v tejto oblasti. Firma TART je popredným výrobcom a dodávateľom baliacich strojov a obalových materiálov pre krajiny strednej Európy. V ústrety svojim zákazníkom vychádzajú profesionálnym poradenským servisom, v ktorom špecialisti spoločnosti podľa požiadaviek vypracujú ten najvhodnejší spôsob balenia. V ponuke môžeme nájsť stroje potrebné pre celý baliaci proces s výnimkou skladačov krabíc, zameriame sa teda na stroje, ktoré sa venujú hornej časti krabice po naplnení, lepiacim strojom.

Hoci lepiace stroje často patria k tým najlacnejším častiam celého automatizovaného balenia, ich prínos z hľadiska ekonomického je nespochybniteľne najvyšší. Pritom jedinou podmienkou použitia lepiacich strojov je, že krabice musia byť vycentrované tak, aby bol lepený spoj presne uprostred. To modely **EXPACK 105** (obr. 17) a **EXPACK 108** (obr. 18) dokonale spĺňajú vďaka postranným polohovateľným ramenám. Oba stroje môžu byť zaradené v prevádzke ako poloautomatické s obsluhou operátora, aj ako plnoautomatické bez potreby jeho prítomnosti. Klasickou výbavou sú dve lepiace hlavy pre zalepenie hornej a dolnej časti krabice.

Zalepovací stroj EXPACK 105 je vďaka automatickému prispôbavaniu na požadovaný rozmer krabice vhodný najmä do prevádzok s častými zmenami balených výrobkov a teda aj rozmerov krabíc. Naopak manuálne nastavovaný EXPACK 108 nachádza najefektívnejšie využitie v dlhodobých prevádzkach s rovnakým typom tovaru.



Obr. 17) EXPACK 105



Obr. 18) EXPACK 108

Tab. 19) Základné technické parametre

		EXPACK 105	EXPACK 108
Celkový príkon	[kW]	0,45	0,45
Rýchlosť	[krabice/h]	800	1200
Spotreba stlačeného vzduchu	[Nl/cyklus]	-	-
Pracovný tlak	[bar]	6	6
Hmotnosť	[kg]	150	170

3.3 Koncové efekторы

Začínajúci trend robotizovanej manipulácie s krabicami, ktorej je táto práca venovaná ide ruka v ruke s vývojom nových robotických ramien a ich funkčne samostatnou a aplikačne špecializovanou časťou nazývanou koncový efektor. Efektor tvorí výkonný subsystém robotického systému a podľa jeho charakteru sa určuje, k akej práci bude robot použitý. S koncovým členom mechanizmu robota je spojený mechanicky.

Pohyb aktívnych mechanických prvkov sa realizuje prostredníctvom pneumatických, hydraulických či elektrických pohonov. Tie sú s pohyblivým mechanickým prvkom prepojené buď priamo, alebo cez transformačný prvok. Jedná sa o mechanický prevod meniaci výstupný pohyb pohonu na požadovaný pohyb, silu či rýchlosť ovládaného prvku [9].

V starších publikáciách sa s koncovými efektormi môžeme stretnúť aj pod pojmiami pracovné hlavice, úchopné zariadenia či chápadlá. Pojem chápadlo dnes už nie je celkom presný, pretože označuje efekторы zamerané na manipuláciu s objektmi, čo je len jedno zo širokej škály využití. Koncové efekторы sa teda postupom času vyvíjali nielen konštrukčne, ale aj z hľadiska názvoslovía.

3.3.1 Všeobecný prehľad a rozdelenie [10]

Koncový efektor robota je určený k vykonávaniu určitých úkonov. U priemyselných robotov a manipulátorov ide predovšetkým o nasledovné:

- vkladanie a vynímanie objektov pracovného priestoru výrobných zariadení,
- technologické operácie,
- medzioperačná manipulácia,
- kontrolné operácie,
- špeciálne práce.

Z konštrukčného hľadiska možno koncové efekторы rozdeliť zase na výstupné hlavice:

- manipulačné (chápadlá),
- technologické,
- kombinované,
- špeciálne.

Manipulačné výstupné hlavice, nazývané aj chápadlá sú určené k uchopovaniu objektov za účelom ďalšej manipulácie. Časti prichádzajúce do priameho kontaktu s prenášanými objektmi sú označované ako úchopové prvky. Ak sú tieto prvky samy o sebe schopné ovládať úchopovú silu, tak sa jedná o aktívne prvky. Opakom sú pasívne úchopové prvky umožňujúce uchopenie prvku, no pre ich uvoľnenie je potrebný vonkajší zásah. Podľa spôsobu aktivácie uchopovacej sily a charakteru styku sa úchopové prvky ďalej delia na štyri základné skupiny.

1. Mechanické:

- aktívne (s hydromotorom, s pneumotorom či elektromotorom),
- pasívne (pružné a odpružené čeluste).

2. Magnetické:
 - aktívne (elektromagnety),
 - pasívne (pernamentné magnety).
3. Podtlakové
 - aktívne (s ejektorom alebo vývevou),
 - pasívne (deformačné prísavky).
4. Špeciálne



Obr. 19) Mechanický koncový efektor [11]



Obr. 20) Magnetický koncový efektor [12]

Technologické výstupné hlavice umožňujú realizáciu jednotlivých technologických operácií v robotizovanom systéme vybavenom podávacím zariadením. Typickými aplikáciami sú elektrické zvarovanie, montážne a kontrolné operácie, povrchové úpravy ako nanášanie náterových a ochranných hmôt, brúsenie, obrábanie a iné.

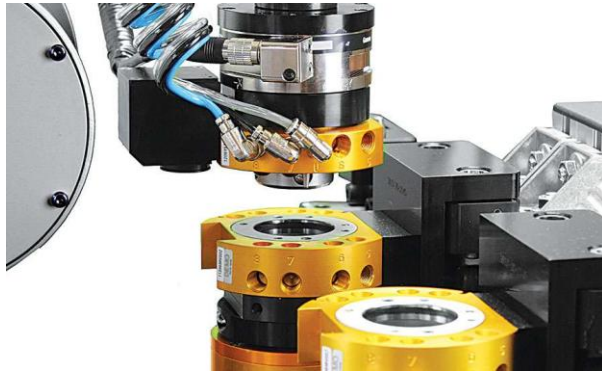


Obr. 21) Technologická operácia lakovania karosérie [13]

Kombinované výstupné hlavice zaisťujú pomocou jednej zväčša jednéhoúčelovej konštrukcie viacero funkcií. V praxi sa bežne kombinujú prvky manipulačnej a technologickej hlavice.

Špeciálne výstupné hlavice sú natoľko špecifické, že sa z pohľadu systémového prístupu nedajú zaradiť do žiadnej z vyššie spomínaných skupín. Využitie nachádzajú napríklad v armáde či medicíne.

Niektoré automatizované procesy však zakladajú na použití jedného priemyselného robota, od ktorého sa požaduje viacero technologických a manipulačných operácií a využitie kombinovaných ani špeciálnych efektorov nie je dostačujúce. Pre takéto prípady sa vyvinul ďalší stupeň automatizácie, a tým sú systémy automatickej výmeny koncových efektorov (obr. 22). Tieto systémy prispievajú k funkčnej samostatnosti a umožňujú pružne reagovať na zmeny objektov manipulácie a technologické procesy bez potreby prerušenia činnosti [14].



Obr. 22) Systém automatickej výmeny efektorov od firmy ATI [15]

3.3.2 Podtlakové úchopové prvky

Za konštrukčné riešenie efektora pre skladanie a lepenie krabíc bola zvolená podtlaková manipulačná hlavica, a preto je potrebné uviesť jej možnosti výberu podtlakových prvkov a vysvetliť princípy ich funkcie. Ako už bolo vyššie uvádzané, podtlakové úchopové prvky rozlišujeme podľa schopnosti ovládania uchopovacej sily na aktívne a pasívne

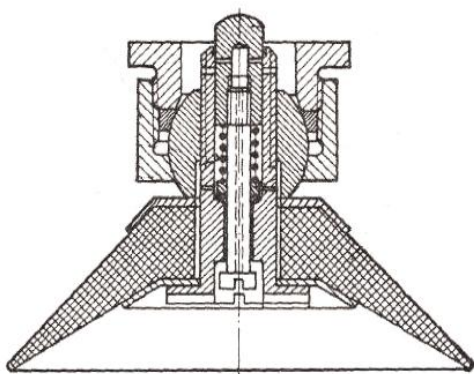
Pasívnymi podtlakovými úchopovými prvkami (obr. 23) sú pružné deformačné prísavky. Uchopenie objektu zabezpečuje podtlak vznikajúci deformáciou gumeného zvonu prísavky, v ktorom sa výrazne zmenší objem vnútorného priestoru a krátko po uchopení sa vplyvom pružnosti opäť o niečo zväčší. Tvar a tuhosť prísavky spoločne so stykovou plochou majú vplyv na výslednú uchopovaciu silu. Platí, že čím je prísavka tuhšia, tým väčšiu silu je schopná vyvinúť. Vysoká tesnosť styku, ktorá je závislá hlavne na kvalite povrchu manipulovaného objektu je pre bezpečné uchopenie kľúčová. Preto sa pasívne prvky využívajú predovšetkým na prácu s hladkými objektmi ako sú sklenené či plechové tabule. Často sa pre zaistenie tesného prilnutia aplikujú rôzne viskózne kvapaliny.

Nakoľko pasívne prvky neumožňujú ovládanie uchopovacej sily, nastáva problém s uvoľňovaním premiestňovaných predmetov. U základných prevedení deformačných prísaviek s uchytением na čap alebo s odpruženým piestom môžu byť riešením rôzne mechanické prvky na odtrhávajúce prísaviek. Možné však je aj využitie pomocných ventilov ovládaných prostredníctvom membrán reagujúcich na pneumatičké ovládací signál. Po jeho zrušení sa nad membránou vyrovná tlak v prísavke s okolím a dôjde k odpojeniu. Zrejme najväčšími výhodami pružných deformačných prísaviek sú ich jednoduchosť a adaptivita rôznym pracovným podmienkam.

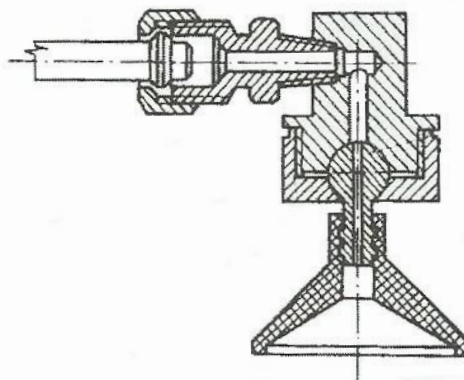
Pod pojmom aktívne úchopové podtlakové prvky (obr. 24) rozumieme tie, ktoré k vyvinutiu uchopovacej sily využívajú podtlak vytváraný externým zdrojom. Typicky používanými zdrojmi kvalitného vákuua sú ejektory a vývevy označované aj objemové dúchadlá. Vákuové vývevy používajú pre odsávanie vzduchu rôzne typy čerpadiel ako sú piestové, lamelové či membránové. Pri použití vývev sa na spoločné odsávacie vedenie pripojuje viacero podtlakových komôr. Z dôvodu vyšších nákladov sa však používajú len v obmedzenej miere. Ejektory sú tryskové zariadenia určené na odsávanie alebo čerpanie,

o pohon sa stará prúd vody, plynu či pary. Fungujú na princípe Venturiho trubice, kde pretekajúci stlačený vzduch vytvára na výstupe s prísavkou podtlak [17]. U úchopných hlavíc s ejektorom je možné použiť dva spôsoby pripojenia. Buď pripojíme viacero podtlakových komôr na spoločný ejektor, alebo má každá komora svoj vlastný, s ktorou tvorí jeden celok. Výhodou druhého riešenia je skutočnosť, že komory nie sú medzi sebou ovplyvnené. Celkovou nevýhodou ejektorových hlavíc je však veľká spotreba vzduchu a preto sa spravidla jedná o menšie manipulačné hlavice.

Aktívne úchopové prvky umožňujú ovládanie uchopovacej sily a uvoľnenie manipulovaného predmetu je realizované odstavením daného vzduchového zariadenia. Hoci uchopovacia sila závisí rovnako ako u pasívnych podtlakových prvkov aj na kvalite stykovej plochy, dokonalá tesnosť nie je podmienkou. V dnešnej dobe je uchytienie súčiastok použitím vákuových prísaviek tou najlacnejšou a najúčinnnejšou alternatívou, ktorá nachádza využitie nielen u robotov a manipulátorov. Dôvodom je cena, spoľahlivosť i jednoduchá a rýchla výmena [16].



Obr. 23) Prevedenie pasívneho (deformačného) podtlakového prvku [18]



Obr. 24) Prevedenie aktívneho podtlakového prvku

Základným úchopovým prvkom je prísavka, teda akýsi gumený zvon spravidla tanierovitého tvaru. Prísavka sa na daný povrch prisaje len za podmienky, že okolitý (atmosférický) tlak je vyšší ako tlak medzi prísavkou a povrchom. Toho sa docieľuje už vyššie spomínaným pasívnym alebo aktívnym spôsobom. Čím je v prísavke nižší tlak, tým je zase vyššia uchopovacia sila.

V dnešnej dobe existuje veľké množstvo tvarovo odlišných modelov prísaviek a doplnujúceho príslušenstva, čím je umožnená adaptácia podtlakového systému na konkrétne použitie. Základné rozdelenie prísaviek rozlišuje ploché a viacvrstvové vlnovité prísavky. Pri práci s hladkými povrchmi je plochá prísavka zväčša najlepšou voľbou, avšak u drsnejších či zakrivených povrchov sú vhodnejšie vlnovité, ktoré však majú tendenciu sa viacej deformovať a pri zdvíhaní ťažších súčastí majú niekedy problém s udrжанím podtlaku [16].

4 SYSTÉMOVÝ ROZBOR PRÁCE

Nasledujúce riadky tejto práce sa venujú objasneniu riešenej problematiky spoločne s formuláciou cieľov a riešení, ktoré sú ďalej doplnené o predbežný návrh robotického pracoviska. Dôraz je tiež kladený na popis objektu manipulácie a požiadaviek na samotný návrh koncového efektora.

4.1 Formulácia problematiky

Robotizované skladanie a lepenie krabíc je z pohľadu vykonávaných pohybov veľmi komplikovaným úkonom. Robotické rameno s príslušným koncovým efektorm musí najskôr zo zásobníka vytiahnuť ešte nezložený kartón, čo spôsobí jeho roztvorenie. Aby sa kartón znova nezatváral, musí byť zo strany zaistený sklápacím mechanizmom, ktorý bude súčasťou efektora. V tomto štádiu, keď má efektor kartón plne pod kontrolou, nastáva problém ako samotné poskladanie a zalepenie zrealizovať. Na tento účel bola zostrojená špeciálna konštrukcia, ktorá bude bližšie popísaná v ďalších častiach práce. Medzi prípravou dolnej a hornej časti krabice samozrejme počítame s tým, že bude naplnená tovarom o určitej hmotnosti, čomu musí byť prispôsobená celá konštrukcia koncového efektora.

4.2 Formulácia cieľov a riešení

Ciele praktickej časti tejto bakalárskej práce sú nasledovné:

- 2 návrhové varianty koncového efektora,
- zhodnotenie variant a výber vhodnej varianty pomocou multikriteriálnej analýzy,
- konštrukčné rozpracovanie optimálnej varianty spolu s technickými výpočtami,
- výkresová dokumentácia vybraných prvkov a zostavy,
- ekonomické zhodnotenie.

Pred samotným návrhom efektora je potrebné stanoviť, s akým objektom bude manipulovať. V našom prípade sa bude jednať o dve kartónové krabice rôznych rozmerov a hmotností, ktoré sú bližšie špecifikované v nasledujúcej tabuľke (tab. 20).

Tab. 20) Parametre objektu manipulácie

	Krabica 1	Krabica 2
Rozmery (d×š×v) [mm]	400×400×400	300×300×300
Hmotnosť po naplnení [kg]	14	10,5
Materiál	Kartón (lepenka)	Kartón (lepenka)

Vzhľadom k skutočnosti, že zadanie práce neudáva presné požiadavky na konštrukciu efektora, bolo by potrebné ďalej stanoviť medzné hodnoty jeho jednotlivých parametrov. Na základe nich boli navrhnuté dve možné konštrukčné riešenia.

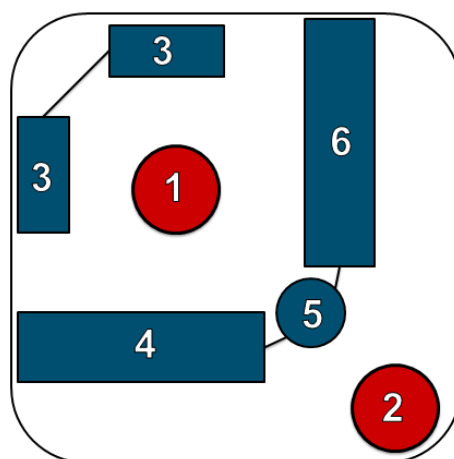
Tab. 21) Konštrukčné požiadavky koncového efektora

Požiadavka	Hodnota/údaj
Hmotnosť efektora [kg]	Max. 10
Pracovná teplota [°C]	0 ÷ 50
Pracovný tlak [bar]	6
Pohon	Pneumatický
Cieľ premiestňovania	Skladacia a zalepovacia konštrukcia
Náklady	Čo najmenšie

Zvolením maximálnej hmotnosti naplnenej krabice a efektora stanovujeme, že robotické rameno môže byť zaťažené bremenom o hmotnosti až 24 kg. Predpokladá sa tiež práca v interiéri a využitie pneumatického pohonu, ktorý bude súčasťou konštrukcie efektora. Po dokončení skladacej a zalepovacej operácie môže byť pripravená krabica ďalej presunutá na dopravníkový pás. Cieľom práce je vytvorenie cenovo čo najpriateľnejšej náhrady už popísaných strojov v teoretickej časti, preto bude snahou prísť s čo možno najjednoduchším a najefektívnejším konštrukčným riešením.

4.3 Predbežný návrh robotizovaného pracoviska

Celé pracovisko (obr. 25) bude pozostávať z dvoch robotov, dvoch zásobníkov pre rozmerovo odlišné kartóny, navrhutej skladacej a zalepovacej konštrukcie. Tá vo svojej prvej časti umožní poskladanie dolných chlopní krabice s následným zalepením. Bez prerušenia uchopovacej sily bude krabica ďalej umiestnená na podstavec, na ktorom ju iný robot naplní. Treba však zdôrazniť, že tento robot nie je predmetom záujmu tejto práce. Po naplnení krabica pokračuje do poslednej časti konštrukcie, kde je poskladaná a zalepená horná časť, čo je finálnym pojednávaným procesom tejto práce.



Obr. 25) Schéma usporiadania robotizovaného pracoviska:

1 – robot na prípravu krabice, 2 – plniaci robot, 3 – zásobníky kartónov (2 rôzne rozmery), 4 – konštrukcia na prípravu spodnej časti krabice, 5 – podstavec pre naplnenie krabice, 6 – konštrukcia na prípravu hornej časti krabice

5 NÁVRHOVÉ VARIANTY EFEKTORA

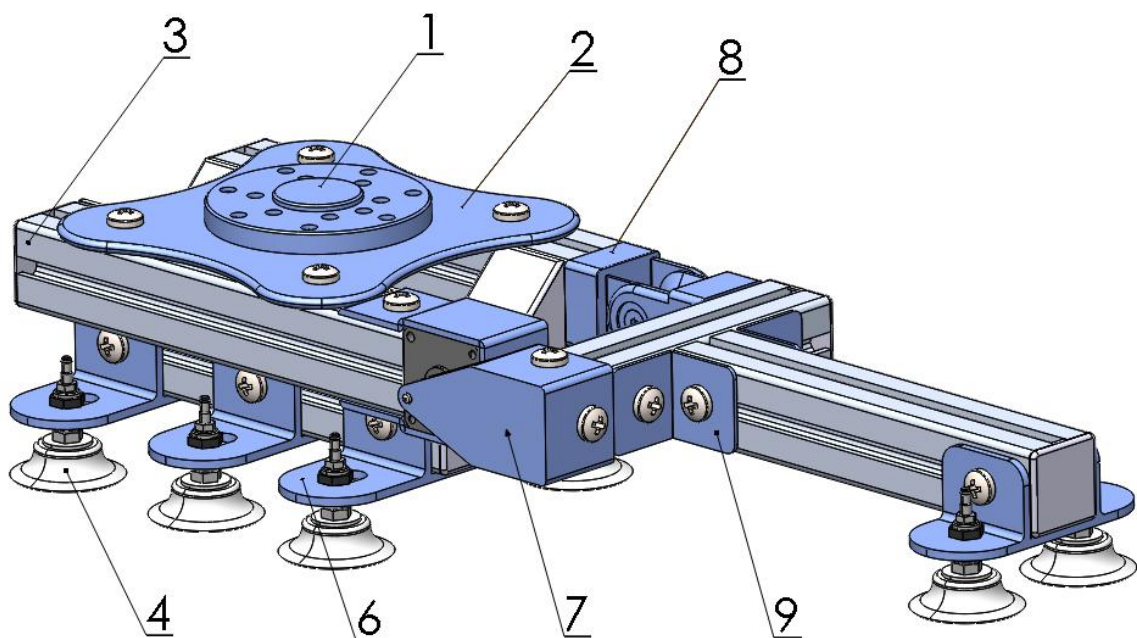
5.1 Variant A

V súčasnej dobe sú v oblasti konštrukcie koncových efektorov vo veľkej miere využívané hliníkové profilové tyče, preto je prvý návrhový variant A postavený práve na ich základoch. Maximálne rozmery efektoru v základnom stave (obr. 26) sú 565,7×200×130 mm a celková hmotnosť podľa programu SOLIDWORKS odpovedá hodnote 7,06 kg.

5.1.1 Návrh konštrukcie efektoru

Rám efektoru je tvorený štyrmi hliníkovými profilmi 40×40 a jedným profilom 40×80 od firmy ALUTEC KK [19], ktoré sú zmontované fixačnými uhoľníkmi a spojovacím materiálom rovnakej spoločnosti. Multifunkčne využiteľné postranné drážky profilov umožňujú jednoduchú montáž s rôzne tvarovanými oceľovými súčiastkami, navrhnutými pre potreby funkcie návrhu. Rovnako ponúkajú praktické uchytienie vzduchotechniky, pre ktorú bolo vo vnútornej časti vymedzený dostatočný priestor.

Konštrukciu možno z pohybového hľadiska rozdeliť na dve základné časti, a síce pevnú a pohyblivú časť. Prvá statická časť je pevno spojená s robotom pomocou príruby, ktorá však bola navrhnutá len ilustračne z dôvodov neznalosti pripojovacích rozmerov k robotu. Funkciu druhej kyvne pohybujúcej sa časti zabezpečuje pneumatický pohon spoločne s kĺbovým spojením na opačnej strane.



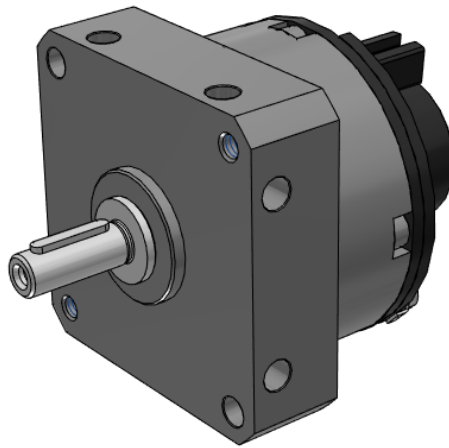
Obr. 26) Konštrukcia variantu A:

1 – príruha, 2 – základová doska, 3 – profilová tyč, 4 – prísavka, 5 – držiak prísaviek,
 6 – pneumatický pohon, 7 – otoč, 8 – kĺb, 9 – profilový spoj

Pre účely prvého návrhového variantu bol zvolený kyvný pneumatický modul DSM (obr. 27) od spoločnosti Festo. Jeho parametre sú uvedené v nasledujúcej tabuľke (tab. 22).

Tab. 22) Základné technické parametre pohonu (variant A) [20]

Kyvný pohon DSM-10-180-P-A		
Veľkosť	[mm]	10
Menovitý uhol kyvu	[°]	180
Krútiaci moment	[Nm]	0,85
Axiálna sila	[N]	10
Radiálna sila	[N]	30
Typ konštrukcie		Hriadeľ s perom
Tlmenie		Tlmiace krúžky na oboch stranách

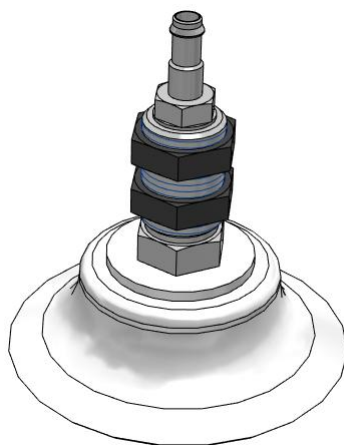


Obr. 27) Kyvný pohon DSM-10-180-P-A [20]

O uchopenie kartónovej krabice sa stará celkovo osem vákuových prísaviek, uchytенých v spodných držiakoch. Po prvotnom kontakte prvých šiestich sa po vyklopení mechanizmu pridávajú ďalšie dve postranné. Zvolené boli kruhové ploché prísavky (obr. 28) opäť z katalógu spoločnosti Festo. Viac o produkte už v tabuľke nižšie (tab. 23).

Tab. 23) Základné technické parametre prísavky (variant A) [22]

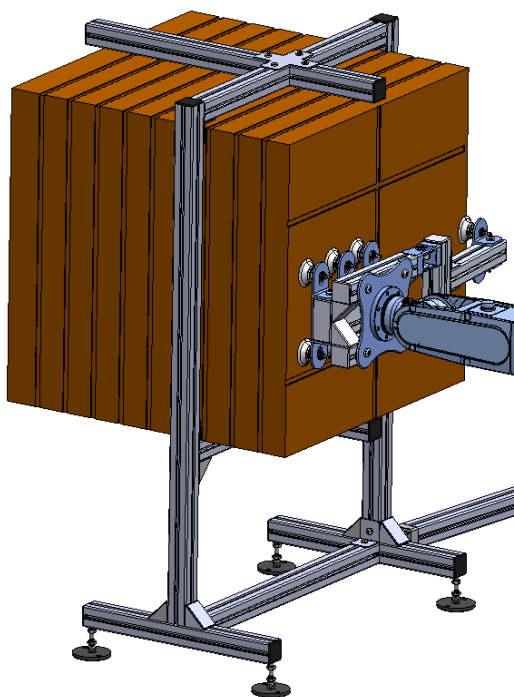
Vákuová prísavka s držiakom ESG-50-SS-HA-PK		
Priemer prísavky	[mm]	50
Prídržná sila pri menovitom tlaku -0,7 bar	[N]	105,8
Pracovná teplota	[°C]	-30÷180
Tvar prísavky		Kruhová, plochá
Spôsob upevnenia		Kontramaticou
Pripojenie vákua		Nátrubkom
Materiál		VMQ (silikón)



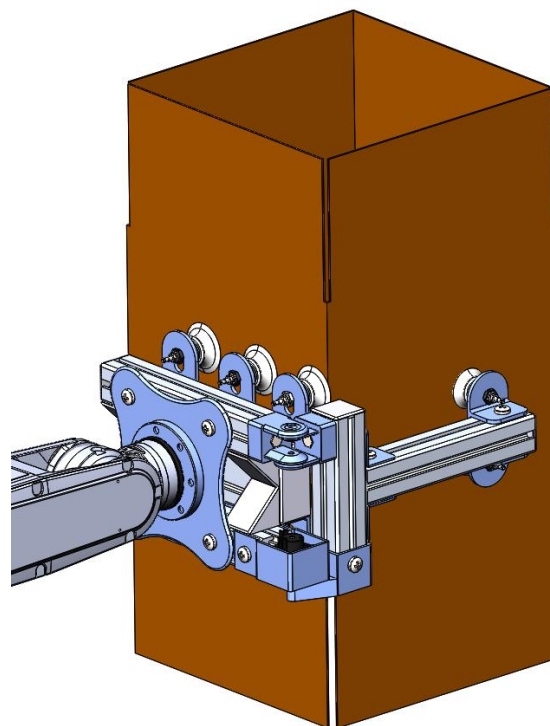
Obr. 28) Vákuová přísavka s držákem ESG-50-SS-HA-PK [21]

5.1.2 Popis manipulácie s krabicou

Prvým krokom celého procesu je uchopenie kartónového polotovaru (obr. 29) z jednoduchého zásobníka, ktorý bol zostrojený výhradne pre účely vizualizácie. Po aktivácii prísaviek dochádza k vysunutiu kartónu a vyklopeniu sklopného mechanizmu (obr. 30). V tomto štádiu je už krabica pripravená na kompletizáciu zahŕňajúcu poskladanie chlopní, naplnenie a zalepenie, o ktorú sa okrem už uvedeného efektora s robotickým ramenom postará skladacia a zalepovacia konštrukcia popísaná v neskorších kapitolách.



Obr. 29) Uchopenie kartónu zo zásobníku



Obr. 30) Vyklopenie sklopného mechanizmu

5.2 Variant B

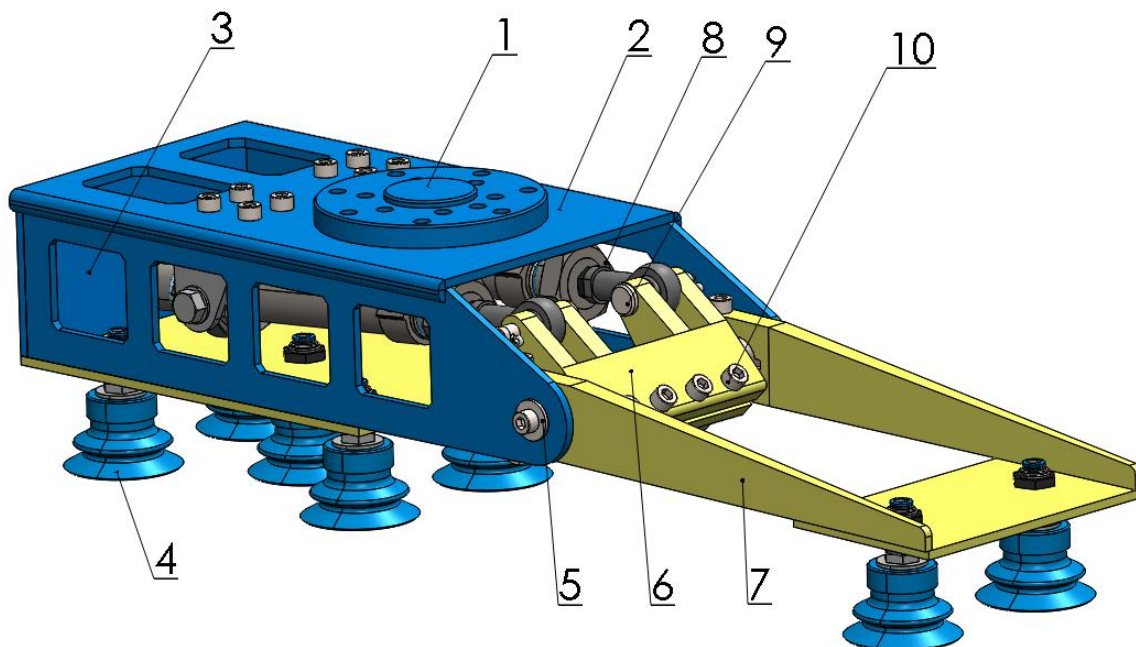
Efektor tohto variantu využíva na rozdiel od prvého výhradne zvarovaných oceľových konštrukcií. Podľa programu SOLIDWORKS sa jedná o menší i ľahší návrh. Maximálne rozmery efektora v základom stave (obr. 31) sú 531,7×142×126,5 mm a hmotnosť odpovedá hodnote 6,7 kg.

5.2.1 Návrh konštrukcie efektora

Rovnako ako u predchádzajúceho návrhu možno členiť konštrukciu na pevnú časť priamo spojenú s robotom pomocou príruby a pohyblivú sklopnú čeľusť.

Pevnú tvorí základový zvarovaný rám pozostávajúci z piatich oceľových plechov, pričom v hornej doske a bočniciach boli vystrihnuté otvory pre vedenia vzduchotechniky a zároveň slúžia ako odľahčenie konštrukcie. Na hornej doske rámu sú taktiež uchytené pneumatické pohony. Vnútorne priestory rámu opäť ponúkajú dostatok miesta pre potrebnú vzduchotechniku, zabezpečujúcu správny chod jednotlivých prísaviek.

Piestnice pneumatických pohonov sa v tomto prípade prostredníctvom čapového spojenia zapierajú do otočnej súčiastky, ktorá je zverným spojom uchytená na dutom hriadeľ so závitovými návarkami. Zverný spoj umožňuje jednoduché nastavenie uhlu, na ktorom závisí správne využitie celkového zdvihu použitého pohonu. Použitý bol rovnako aj u sklopnej čeľuste.



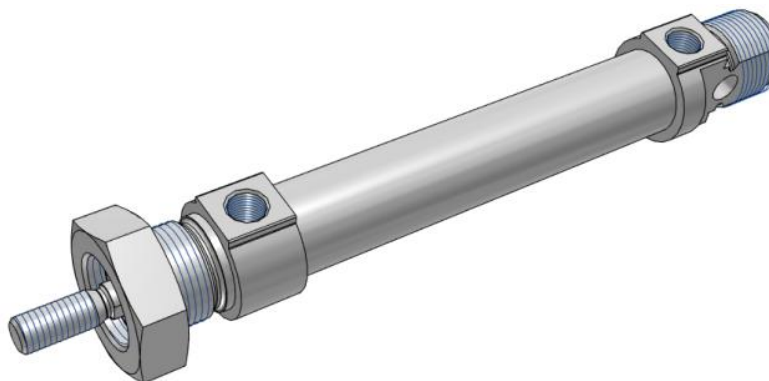
Obr. 31) Konštrukcia variantu B:

- 1 – príruha, 2 – základový zvarovaný rám, 3 – konštrukčné výrezy, 4 – prísavka, 5 – dutá hriadeľ s návarkami, 6 – otoč, 7 – sklopná čeľusť, 8 – pneumatický pohon, 9 – čapový spoj, 10 – zverný spoj

U druhej varianty bol použitý kruhový pneumatický valec s piestnicou (obr. 32) od spoločnosti Festo. Zdvih, ktorým valec disponuje bol približne stanovený počas procesu vytvárania modelu. Uvedený je spoločne s ďalšími parametrami v nasledujúcej tabuľke (tab. 24).

Tab. 24) Základné technické parametre pohonu (variant B) [24]

Kruhový pneumatický valec DSNU-20-70-P-A		
Priemer piestu	[mm]	20
Zdvih	[mm]	70
Teplota okolia	[°C]	-20÷80
Prevádzkový tlak	[bar]	1÷10
Tlmenie		Tlmiace krúžky na oboch stranách
Pneumatický prípoj		G1/8
Prevádzkové médium		Stlačený vzduch podľa normy ISO 8573:2010

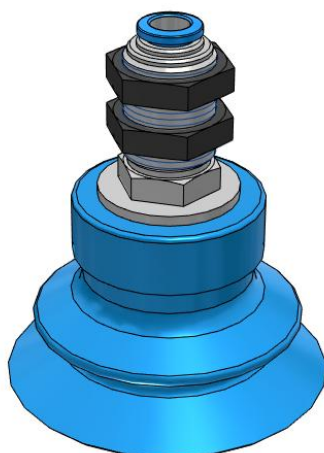


Obr. 32) Kruhový pneumatický valec DSNU-20-70-P-A [23]

Úchopová sila je u variantu B vyvíjaná prostredníctvom celkovo siedmych prísaviek, uchytených v spodnej časti rámu. Tento krát boli z dôvodu možných deformácií krabíc zvolené kruhové skladané prísavky (obr. 33) od spoločnosti Festo, o ktorých už viac v tabuľke nižšie (tab. 25).

Tab. 25) Základné technické parametre prísavky (variant B) [22]

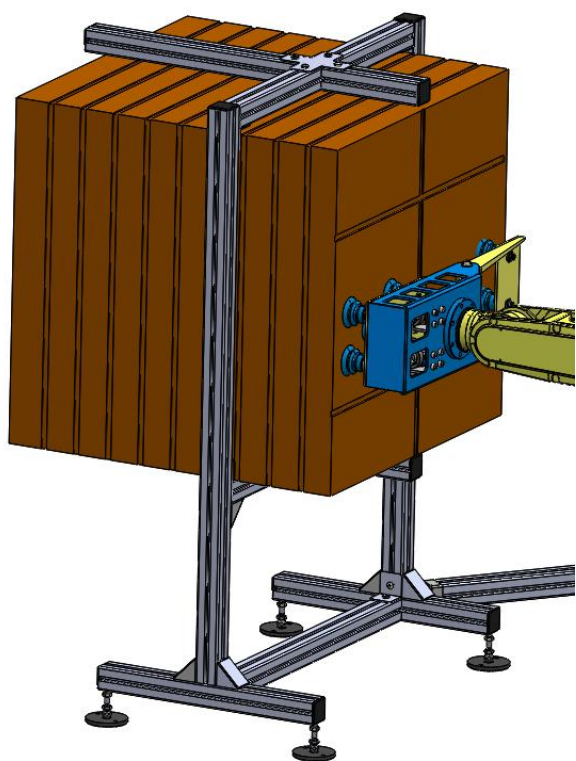
Vákuová prísavka s držiakom ESG-50-EU-HA-QS		
Priemer prísavky	[mm]	50
Prídržná sila pri menovitom tlaku -0,7 bar	[N]	72,6
Pracovná teplota	[°C]	-20÷60
Tvar prísavky		Kruhová, skladaná
Spôsob upevnenia		Kontramaticou
Pripojenie vákua		Nástrčné
Materiál		PUR (polyuretán)



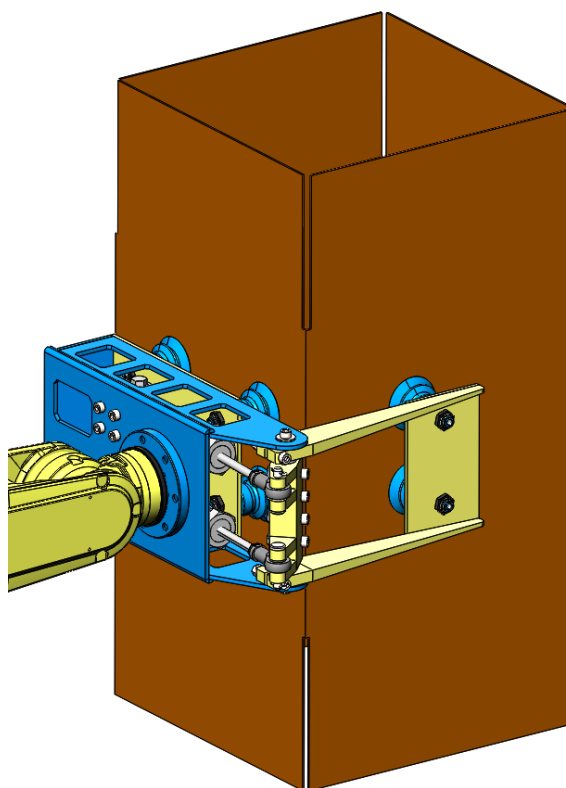
Obr. 33) Vákuová prísavka s držiakom ESG-50-EU-HA-QS [21]

5.2.2 Popis manipulácie s krabicou

Základný princíp manipulácie ostáva rovnaký ako u prvej varianty. Aktivované prísavky dotýkajúce sa kartónu v zásobníku umožnia jeho vysunutie (obr. 34) a sklopná čeľusť kartón následne roztvorí (obr. 35), čím ho uvádza do kompletizačnej polohy. V tejto polohe robotické rameno s efektorom prevedie kartón cez skladaciu a zalepovaciu konštrukciu bližšie popísanú v neskorších kapitolách.



Obr. 34) Uchopenie kartónu zo zásobníku



Obr. 35) Vyklopenie sklopnej čeľuste

6 MULTIKRITERIÁLNA ANALÝZA

Táto kapitola vychádza z poznatkov obsiahnutých v zdroji [25], ktorý pojednáva o možných spôsoboch viackriteriálneho hodnotenia.

Multikriteriálna analýza je metóda hodnotenia návrhov na základe vybraných kritérií, ktorá výrazne uľahčuje proces rozhodovania. Pre hodnotenie vyššie popisovaných návrhových variant bolo vybraných 6 kritérií, bližšie špecifikovaných v nasledujúcej tabuľke (tab. 26).

6.1 Kritériá

Tab. 26) Prehľad kritérií pre multikriteriálnu analýzu

	Kritérium	Charakteristika kritéria
K1	Hmotnosť	Maximálna hmotnosť efektora – 10 kg
K2	Rozmery	Maximálne rozmery efektora v základnom stave
K3	Finančné náklady	Orientačná cena konštrukcie a vzduchotechniky
K4	Zložitosť konštrukcie	Náročnosť dielov na výrobu, montáž a údržbu
K5	Univerzálnosť	Obmedzenia pre rôzne rozmery krabic

Každému z kritérií bola na základe splnenia požiadaviek u daného variantu efektora pridelená hodnota podľa tab. 27.

Tab. 27) Bodové ohodnotenie kritérií

Hodnoty kritérií	
Vysoká úroveň	6
Dobrá úroveň	5
Priemerná úroveň	4
Nízka úroveň	3
Nevyhovujúca úroveň	2
Nepriaznivý stav	1

6.2 Určenie významnosti kritérií

Kritériá boli voči sebe po dvojiciach porovnané z hľadiska významnosti a následne bol sčítaný počet volieb spomedzi jednotlivých kombinácií. Váha významnosti bola spočítaná podľa zvolenej lineárnej závislosti (1), kde v je spomínaný počet volieb. Všetky hodnoty v tab. 28 vychádzali z úsudku autora práce.

$$q = 0,25 \cdot v + 1 \quad (1)$$

Tab. 28) Stanovenie váhy významnosti kritérií

Porovnávané dvojice kritérií				Počet volieb	Poradie	Váha významnosti	Kritérium
K1	K1	K1	K1	2	3.	1,5	K1
K2	K3	K4	K5				
	K2	K2	K2	0,5	5.	1,125	K2
	K3	K4	K5				
		K3	K3	4	1.	2	K3
		K4	K5				
			K4	2,5	2.	1,625	K4
			K5	1	4.	1,25	K5

Bolo preukázané, že kritérium K3 zaoberajúce sa finančnými nákladmi je najvýraznejšie vplyvajúce na výber vhodného návrhového variantu. Rozhodujúcou položkou je pneumatický pohon, u ktorého sa počítalo s cenou pre 1 kus. Kritérium K2 hodnotiace rozmery návrhu sa ukázalo byť menej významné.

6.3 Hodnotenie navrhnutých variantov

Na základe parametrov daných kritérií uvedených v tab. 29 boli jednotlivé varianty hodnotené podľa už vyššie uvedeného systému viz tab. 27. Hodnotenie variant autorom práce je obsiahnuté v tab. 30.

Tab. 29) Prehľad navrhnutých variantov

	Kritérium	Variant A	Variant B
K1	Hmotnosť	7,06 kg	6,7 kg
K2	Rozmery (d×š×v)	565,7×200×130 mm	531,7×142×126,5 mm
K3	Finančné náklady	Vyššie (cez 900 €)	Nižšie (do 900 €)
K4	Zložitosť konštrukcie	Jednoduchšia	Zložitejšia
K5	Univerzálnosť	Obmedzenie rozmernejším sklápacím mechanizmom	Bez obmedzení

Tab. 30) Hodnotenie navrhnutých variantov

	Kritérium	Variant A	Variant B
K1	Hmotnosť	5	6
K2	Rozmery	4	5
K3	Finančné náklady	4	5
K4	Zložitosť konštrukcie	5	4
K5	Univerzálnosť	3	5

6.4 Výsledky

Vážené indexy kritérií u variantov A (tab. 31) a B (tab. 32) boli vypočítané ako súčiny jednotlivých bodových hodnôt a váh významnosti. Na základe súčtu vážených indexov všetkých piatich kritérií bol vybraný optimálny variant, ktorý bude rozpracovaný v nadchádzajúcich kapitolách.

Tab. 31) Výpočet celkového súčtu vážených indexov

Variant A			
Kritérium	Bodová hodnota	Váha významnosti	Vážený index kritéria
K1	5	1,5	7,5
K2	4	1,125	4,5
K3	4	2	8
K4	5	1,625	8,13
K5	3	1,25	3,75
			Σ 31,88

Tab. 32) Výpočet celkového súčtu vážených indexov

Variant B			
Kritérium	Bodová hodnota	Váha významnosti	Vážený index kritéria
K1	6	1,5	9
K2	5	1,125	5,625
K3	5	2	10
K4	4	1,625	6,5
K5	5	1,25	6,25
			Σ 37,375

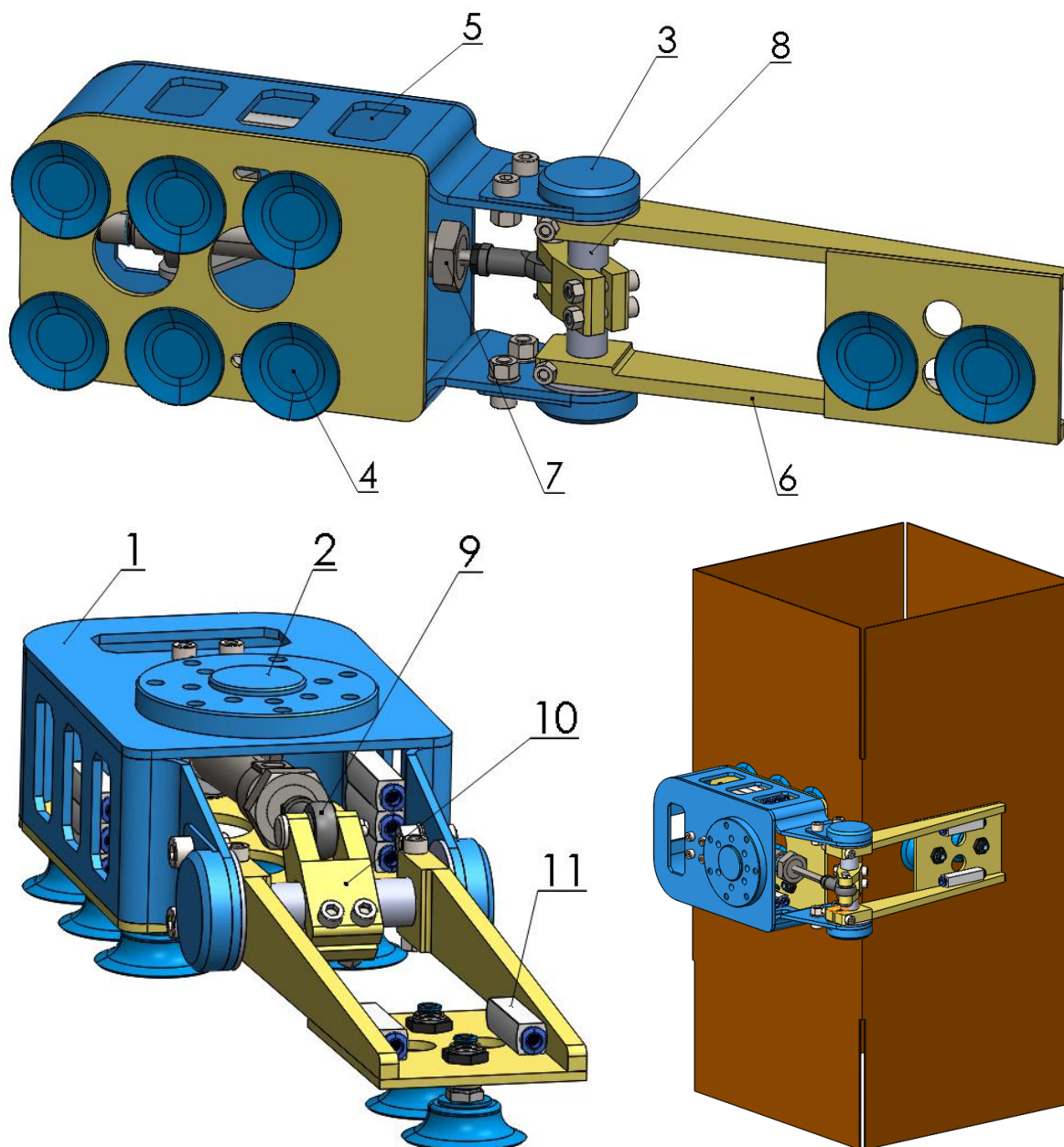
Tab 33) Výsledok multikritériálnej analýzy

Variant	Celkový súčet vážených indexov	Poradie
A	31,88	2.
B	37,375	1.

Z tab. 33 možno vyčítať, že návrhový variant B lepšie spĺňa zvolené kritériá, a preto bol zvolený pre podrobnejšie rozpracovanie.

7 ROZPRACOVANIE OPTIMÁLNEHO VARIANTU EFEKTORA

Optimálny návrhový variant B bol rozpracovaný do podoby zachytenej na obr. 36. Snahou bolo približné zachovanie vyhovujúcich rozmerov a hmotnosti návrhu, z toho dôvodu sú veľmi podobné. Maximálne rozmery v základnej polohe sú teda $533 \times 140 \times 120$ a hmotnosť 6,5 kg.



Obr. 36) Optimálny návrhový variant:

- 1 – základový zvarovaný rám, 2 – príruha, 3 – ložisková jednotka, 4 – ploché prísavky,
5 – konštrukčné výrezy, 6 – sklopná čeľusť, 7 – pneumtický valec, 8 – hriadeľ, 9 – kĺbová hlavica,
10 – otoč, 11 – ejetory

7.1 Návrh vákuových komponentov

Efektor bude manipulovať s dvomi rozmerovo a hmotnostne odlišnými krabicami a treba sa ubezpečiť, že prísavky tieto záťaž zvládnu. Pre maximálnu hmotnosť krabice 14 kg boli podobne ako u návrhových variantov zvolené vákuové prísavky od spoločnosti Festo. Prídržná sila prísaviek rovnajúca sa tej odtrhávacej bola spočítaná podľa podkladov od výrobcu. Zariadenie je v našom prípade robot, vykonávajúci kombináciu priamočiareho a rotačného pohybu. S ohľadom na tento fakt bol volený koeficient bezpečnosti. Hodnota trenia uvažuje s hladkým povrchom krabice s miestnymi deformáciami. Použité boli nasledovné vstupné parametre (tab. 34) [26]:

Tab. 34) Vstupné parametre výpočtu prídržnej sily

Parameter	Hodnota
Hmotnosť krabice	$m_K = 14 \text{ kg}$
Gravitačné zrýchlenie	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
Zrýchlenie zariadenia (odhad)	$a = 0,5 \text{ m/s}^2$
Hodnota trenia	$\mu = 0,5$
Koeficient bezpečnosti	$S = 2$

Požadovaná prídržná sila závisí na okolnostiach zaťažovania. Najhorší možný prípad nastáva, keď sú prísavky v zvislej polohe (obr. 37). Počas celého procesu manipulácie je v našom prípade všetkých 8 prísaviek práve v tejto polohe. Vydelením celkovej prídržnej sily (2) počtom prísaviek, dostávame silu na jednu prísavku (3) [26].

$$F_H = \frac{m}{\mu} \cdot (g + a) \cdot S \quad (2)$$

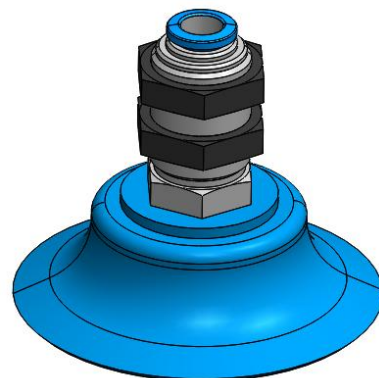
$$F_H = \frac{14}{5} \cdot (9,81 + 0,5) \cdot 2 = 577,36 \text{ N}$$

$$F_{H1} = \frac{F_H}{8} = \frac{577,36}{8} = 72,17 \text{ N} \quad (3)$$

Na základe vypočítanej prídržnej sily v zvislej polohe boli pre efektor navrhnuté prísavky s držiakom ESG-50-SU-HA-QS (obr.). Z dôvodu vyššej prídržnej sily dostali prednosť kruhové ploché prísavky. Zvoleným materiálom je polyuretán, dnes bežne využívaný vďaka svojej odolnosti v rôznych podmienkach. Ďalšie dôležité parametre sú uvedené v tab. 35.



Obr. 37) Zvislá poloha prísavky [26]



Obr. 38) Vákuová prísavka ESG-50-SU-HA-QS [21]

Tab. 35) Základné technické parametre navrhutej prísavky [22]

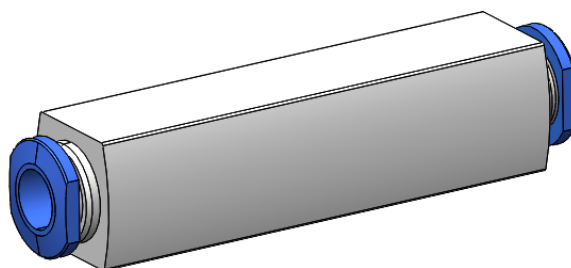
Vákuová prísavka s držiakom ESG-50-SU-HA-QS		
Priemer prísavky	[mm]	50
Prídržná sila pri menovitom tlaku -0,7 bar	[N]	105,8
Pracovná teplota	[°C]	-20÷60
Hmotnosť	[g]	22
Tvar prísavky		Kruhová, plochá
Spôsob upevnenia		Kontramaticou
Pripojenie vákua		Nástrčné
Materiál		PUR (polyuretán)

Z dôvodu rozsiahlosti problematiky práce je tvorbe vákua venovaná len malá časť. Treba preto brať na vedomie, že sa práca nezaobera kompletným návrhom pneumatického obvodu a jednotlivé komponenty treba skôr chápať ako ideovo zvolené do popisovaného optimálneho variantu.

Decentrálnu a bezúdržbovú výrobu vákua zabezpečuje zvolený pneumatický ejektor (obr. 39) fungujúci, rovnako ako aj inak riadené ejektory, na princípe Venturiho trubice. Celkovo bolo v návrhu efektora použitých 8 takýchto ejektorov, keďže každej prísavke pripadol jeden. Ku konštrukcii sú uchytené prostredníctvom sťahovacích pásov. U tohto zapojenia nedochádza k vzájomnému ovplyvňovaniu podtlakových komôr, čo umožňuje nezávislý chod jednotlivých prísaviek. Parametre zvoleného ejektora sú uvedené v tabuľke nižšie (tab. 36).

Tab. 36) Základné technické parametre zvoleného ejektora [27]

Vákuová sacia dýza VN-07-M-I3-PQ2-VQ2		
Konštrukčná veľkosť	[mm]	14
Svetlosť Lavalovej dýzy	[mm]	0,7
Prípojka stlačeného vzduchu	[mm]	6 (nástrčná spojka)
Prípojka vákua	[mm]	6 (nástrčná spojka)
Prípojka odvodu vzduchu		Odvetranie v telese
Tvar		Priamy
Charakteristika ejektora		Vysoké vákuum



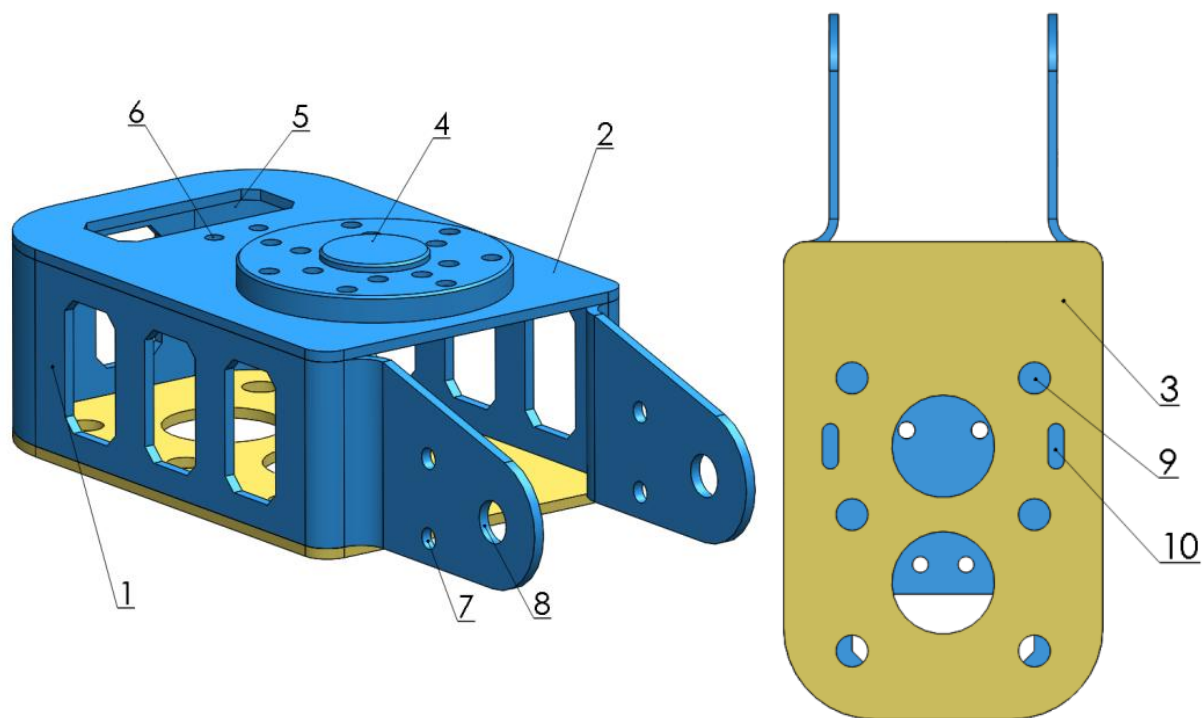
Obr. 39) Vákuový ejektor VN-07-M-I3-PQ2-VQ2 [27]

7.2 Návrh rámu a pohonu

Samotný návrhový variant bol dotiahnutý do pokročilejšieho štádia, z tohto dôvodu veľa konštrukčných prvkov ostáva podobných.

Jedným z nich je rám efektoru (obr. 40), ktorý je aj v tomto prípade tvorený oceľovými plechmi. Bol zvolený hrubý 4 mm plech, ktorý disponuje dostatočnou dynamickou nosnosťou. Počet plechov je redukovaný, nakoľko zadný plech konštrukcie bol zlúčený s bočnicami v podobe ohýbanej plechovej časti. Táto časť bola spoločne s horným a dolným plechom vnútorným zvarom spojená do jedného celku. Príruba bola navarená dodatočne pre umožnenie interakcie s robotom. Treba však podotknúť, že z dôvodu neznalosti pripojovacích rozmerov k robotu bola príruba vymodelovaná len ilustračne.

V celej konštrukcii rámu sa nachádza množstvo vystrihnutých otvorov, pričom niektoré slúžia na uchytenie jednotlivých prvkov a iné pre odľahčenie konštrukcie. Tieto konštrukčné výrezy zároveň umožňujú bezproblémové vedenie vzduchotechniky, ktorá je uložená vo vnútorných priestoroch rámu.



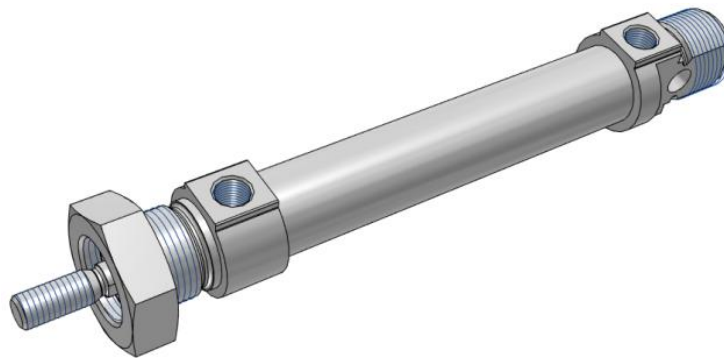
Obr. 40) Rám koncového efektoru:

- 1 – ohýbaný plech, 2 – horný plech, 3 – dolný plech, 4 – príruba, 5 – konštrukčný výrez, 6 – uchytenie pneumatického pohonu, 7 – uchytenie ložiskovej jednotky, 8 – diera pre hriadeľ, 9 – uchytenie prísaviek, 10 – uchytenie ejektorov

Vo vnútorných priestoroch rámu sa nachádza aj cenovo dostupný, kruhový pneumatický valec s piestnicou od spoločnosti Festo (obr. 41), ktorý bol z dôvodu vyhovujúcich parametrov zachovaný z návrhového variantu. Bol však použitý len jeden kus, čo sa ukázalo byť ako dostatočujúce. Jeho základné technické parametre možno nájsť v nasledujúcej tabuľke (tab. 37).

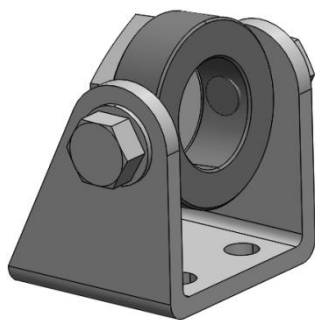
Tab. 37) Základné technické parametre zvoleného pohonu [24]

Kruhový pneumatický valec DSNU-20-70-P-A		
Priemer piestu	[mm]	20
Zdvih	[mm]	70
Teplota okolia	[°C]	-20÷80
Prevádzkový tlak	[bar]	1÷10
Teoretická sila pri 6 bar (spätný chod)	[N]	189
Teoretická sila pri 6 bar (chod dopredu)	[N]	158
Cena (približne)	[€]	50
Tlmenie		Tlmiace krúžky na oboch stranách
Pneumatický prípoj		G1/8
Závit na piestnej tyči		M8
Prevádzkové médium		Stlačený vzduch podľa normy ISO 8573:2010

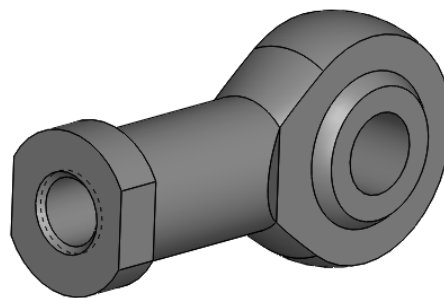


Obr. 41) Kruhový pneumatický valec DSNU-20-70-P-A [23]

Na účely uchytenia valca v plechovej konštrukcii bolo vybrané dodatočné príslušenstvo. Upevnenie valca je realizované prostredníctvom kyvného držiaka (obr. 42), ktorý je k hornej časti rámu prišraubovaný šraubami M6 (ISO 4762). Pohyb sklopnej čeluste umožňuje kĺbová hlavica (obr. 43).

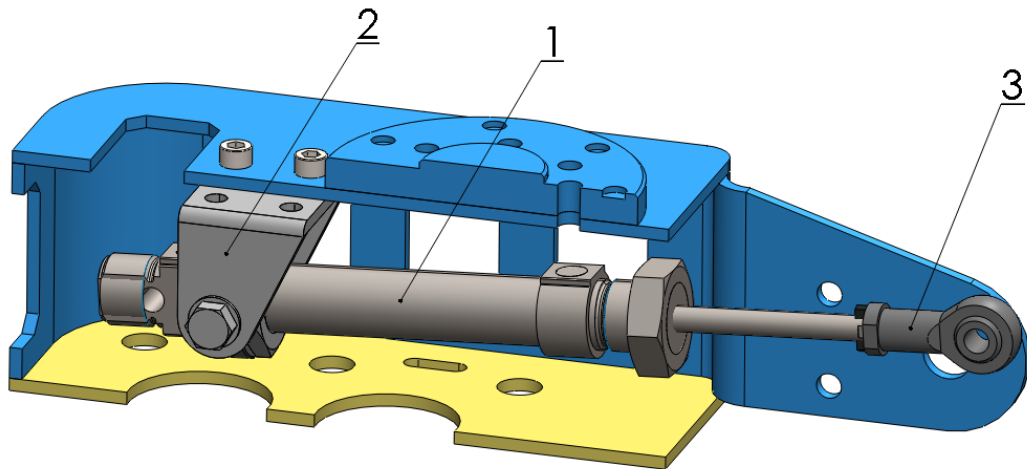


Obr. 42) Kyvný držiak SBN-20/25



Obr. 43) Kĺbová hlavica SGS-M8

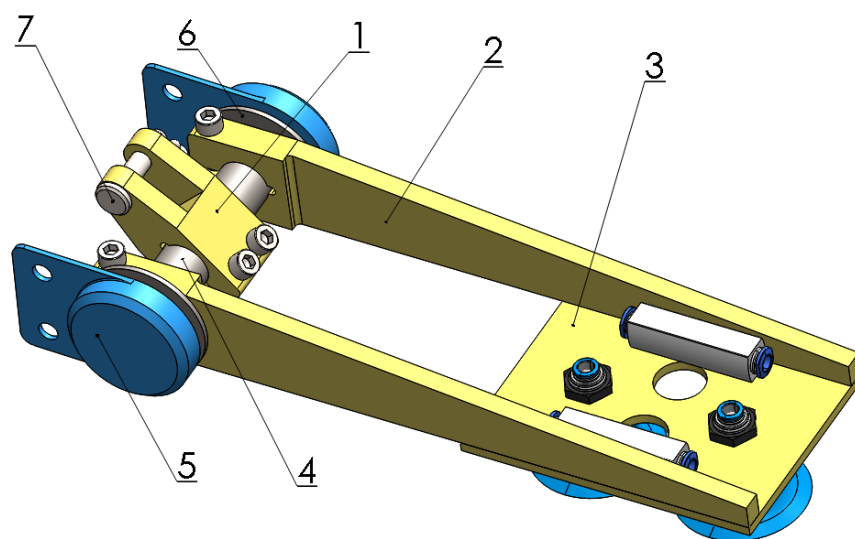
Na nasledujúcom obrázku je vyobrazená kompozícia vyššie popisovaných dielov v reze (obr. 44).



Obr. 44) Uchytenie pneumatického valca:
 1 – pneumatický valec, 2 – kynný držiak, 3 – kĺbová hlavica

7.3 Návrh sklopnej čeľuste

Na zaistenie úchopu krabice z dvoch strán bolo potrebné k základnému rámu navrhnuť sklopný mechanizmus s prísavkami, ktorý umožní prenos krútiaceho momentu od pohonu. Cieľom teda bolo pootočenie o 90° s tým, že čeľusť v tejto polohe zotrúva celý proces manipulácie s krabicou maximálnej hmotnosti 14 kg. Otočná časť bola zjednodušená nahradením dutého hriadeľa s návarkami plným hriadeľom otáčajúcim sa v ložiskovej jednotke, ktorú tvoria navrhnuté ložiskové teleso so zalisovaným klzným puzdrom. Na hriadeľi sú pomocou zverného spoja napevno uchytené nosníky s privareným plechom pre prísavky. Zverný spoj bol rovnako využitý u otoče, do ktorej sa cez čapový spoj zapiera piestnica pohonu. Sklopná čeľusť s jednotlivými komponentmi je na obr. 45.

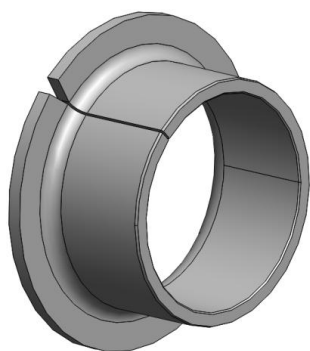


Obr. 45) Sklopná čeľusť:
 1 – zverná otoč, 2 – nosník, 3 – plech pre prísavky, 4 – hriadeľ, 5 – ložisková jednotka, 6 – distančný krúžok, 7 – čapový spoj

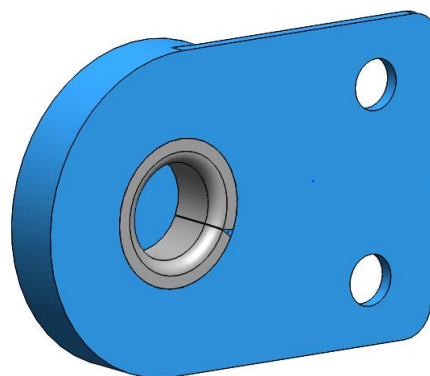
V ložiskovej jednotke, ktorá uľahčuje rotáciu sklopnej čeľuste bolo použité klzné puzdro od spoločnosti SKF (obr. 46). Pred montážou ložiskovej jednotky je nutné vnútorné plochy puzdra ošetriť mazivom, nakoľko sa nejedná o ložisko so suchým trením. Skompletizovaná ložisková jednotka je na obr. 47. Parametre tohto klzného puzdra sú uvedené v tabuľke nižšie (tab. 38).

Tab. 38) Základné parametre klzného puzdra [28]

Klzné puzdro PCMF 151709 E (SKF)		
Dĺžka klzného puzdra	[mm]	9
Priemer hriadeľa	[mm]	15
Prípustná klzná rýchlosť	[m/s]	2
Hmotnosť puzdra	[kg]	0,0042
Minimálny súčiniteľ trenia		0,03
Maximálny súčiniteľ trenia		0,25
Doporučené uloženie		H7/f7



Obr. 46) Klzné puzdro PCMF 151709 E (SKF) [28]



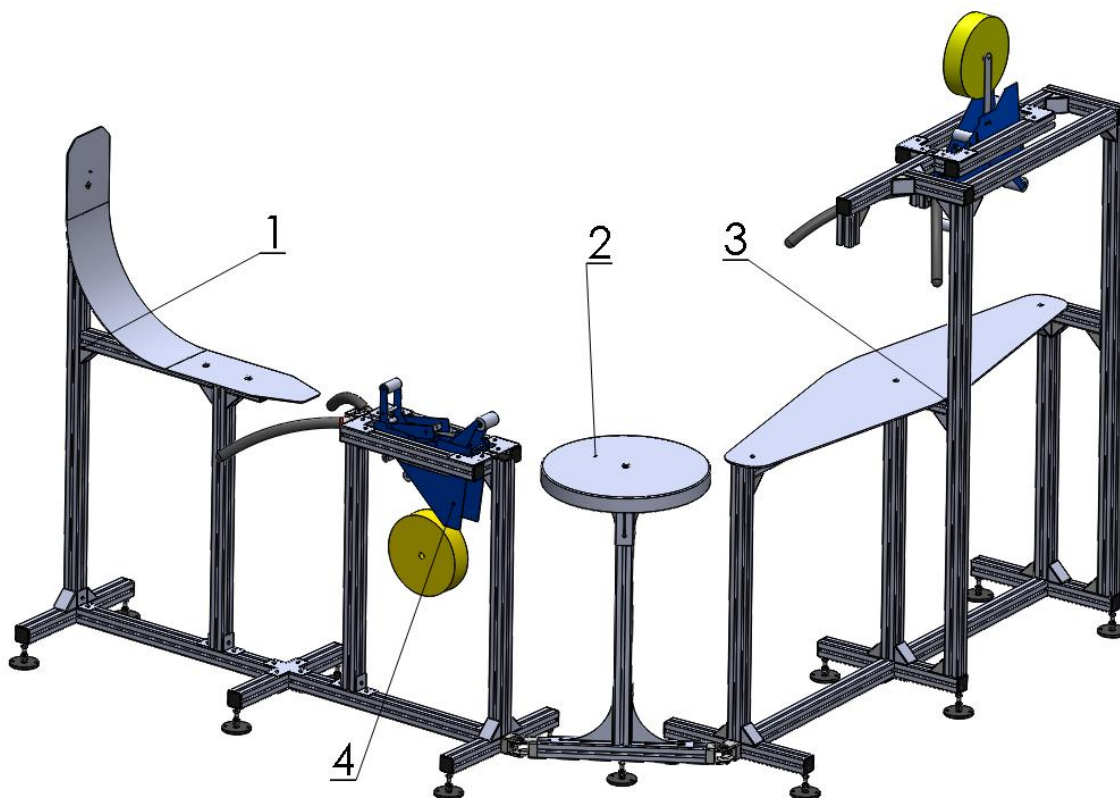
Obr. 47) Ložisková jednotka

8 NÁVRH ROBOTICKÉHO PRACOVISKA

8.1 Skladacia a zalepovacia konštrukcia

Ako bolo uvádzané v systémovom rozbere práce, na účel robotického skladania a lepenia krabíc bola zostrojená špeciálna konštrukcia z hliníkových 40 mm profilov (obr. 48) a plechových dielov. Je tvorená 3 základnými časťami, ktoré sú navzájom spojené prostredníctvom kĺbov. Tie zároveň umožňujú natáčanie konštrukcie podľa potreby. Maximálne rozmery krabice vstupujúcej do konštrukcie je 400×400×400 mm.

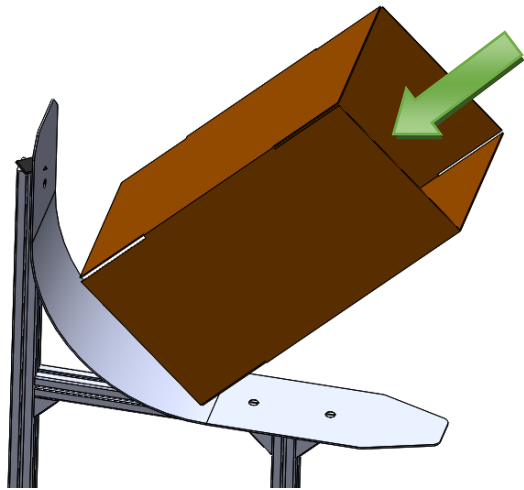
Ako už bolo uvádzané, prvá časť slúži na poskladanie a zalepenie spodných chlopní krabice. Druhá časť predstavuje medzi zastávku v podobe podstavca, na ktorom bude krabica naplnená zvolenou maximálnou hmotnosťou 14 kg. Posledná časť sa stará o kompletizáciu krabice, na starosti má teda hornú stranu.



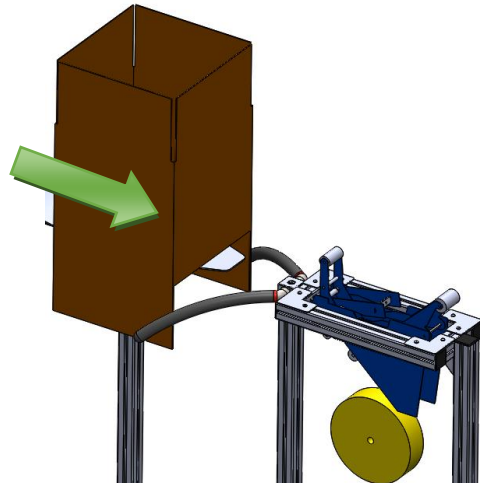
Obr. 48) Skladacia a zalepovacia konštrukcia:

1 – konštrukcia na prípravu spodnej časti krabice, 2 – podstavec pre naplnenie krabice, 3 – konštrukcia na prípravu hornej časti krabice, 4 – lepiaca hlava

Po odobratí krabice zo zásobníka spodnými prísavkami a vyklopení čeľuste pre jej zaistenie robotické rameno vchádza s krabicou do prvej časti pod uhlom 45 °. Pri kontakte so zaobleným plechom dochádza k zloženiu prednej a zadnej chlopne (obr. 49). Krabica v tomto stave pokračuje medzi 2 zahnuté tyče, ktoré svojím tvarom umožňujú zloženie zvyšných 2 bočných chlopní. Takto zložená spodná strana krabice je následne zalepená prechodom cez lepiacu hlavu uchytenú v hliníkových profiloch (obr. 50).

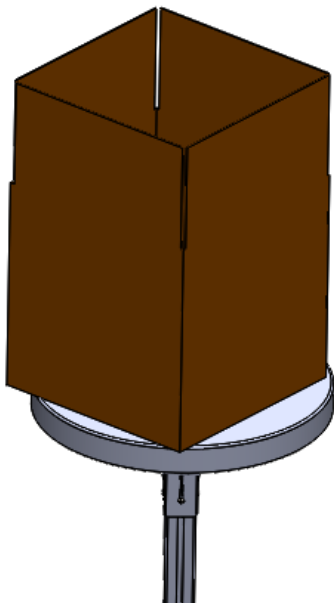


Obr. 49) Priebek manipulácie č. 1

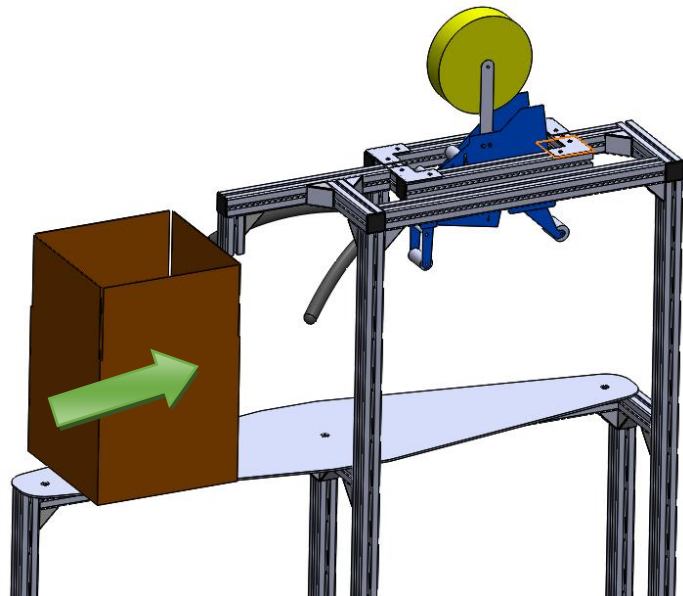


Obr. 50) Priebek manipulácie č. 2

Bez prerušenia úchopu krabice efektorom je položená na podstavec (obr. 51), na ktorom je naplnená iným robotom. Naplnená pokračuje do poslednej časti, kde vysunutá profilová tyč zloží prednú chlopňu a o bočné sa opäť postarajú dve zahnuté tyče (obr. 52). Nezložená však ostáva zadná chlopňa, ktorú touto konštrukciou nie je možné zložiť správnym smerom. Z tohto dôvodu bola plniacemu robotu pridaná ďalšia úloha, v ktorej by z vonkajšej strany zaklapol problematickú zadnú chlopňu.



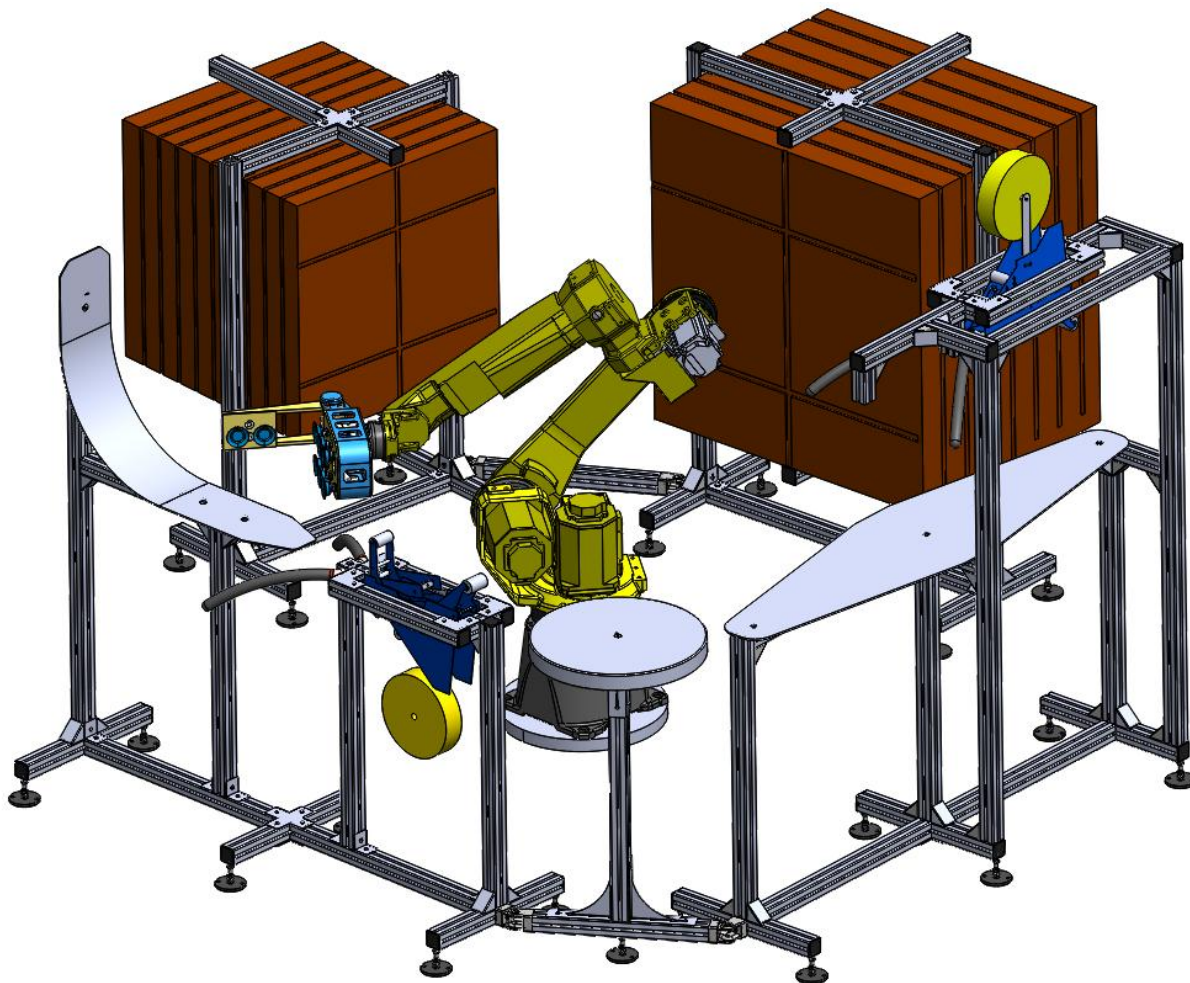
Obr. 51) Priebek manipulácie č. 3



Obr. 52) Priebek manipulácie č. 4

8.2 Robotické pracoviisko

Finálny návrh robotického pracoviiska pre skladanie a lepenie krabíc je na obr. 53. Zahrnutá je popisovaná skladacia a zalepiaca konštrukcia, zásobník kartónov a ilustračný model robota M100 [29] od spoločnosti Fanuc [30] s rozpracovaným variantom navrhovaného efektora. V dnešnej dobe sa však pracoviisko s robotom, ktorý nie je kolaboratívny ako v tomto prípade nezaobíde bez ochranných bariér, čo už však výrazne presahuje hranice témy tejto bakalárskej práce.



Obr. 53) Návrh robotického pracoviiska

9 EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE

Najdrahšou položkou v navrhnutom robotickom pracovisku je nepochybne robotické rameno, ktoré však bolo zvolené len pre ilustráciu a jeho cenu možno určiť len odhadom. Ďalšou významnou položkou je koncový efektor, u ktorého bolo možné dohľadať presné ceny niektorých z použitých komponentov od spoločnosti Festo (tab. 39).

Tab. 39) Finančné náklady – efektor [31]

Rozpracovaný koncový efektor	
Komponent	Cena
Kruhový pneumatický valec DSNU-20-70-P-A	65 €
Vákuová prísavka s držiakom ESG-50-SU-HA-QS	46 €
Vákuová sacia dýza VN-07-M-I3-PQ2-VQ2	31 €
Rám a ocelové súčiastky	do 200 € (odhad)

Nemožno opomenúť ani skladáciu a zalepovaciu konštrukciu (tab. 40). Cena jej najdrahšej položky, ktorou je lepiaca hlava je ťažko dohľadateľná.

Tab. 40) Finančné náklady – skladacia a zalepovacia konštrukcia

Skladacia a zalepovacia konštrukcia	
Komponent	Cena
Lepiaca hlava	-
Hliníkovo-ocelová konštrukcia	do 500 € (odhad)

Rovnako náročné je zistenie cien skladacích a zalepovacích strojov, ktoré výrobcovia zasielajú výhradne vo vypracovaných cenových ponukách na mieru podľa požiadaviek zákazníka.

Vo všeobecnosti však možno povedať, že robotické pracovisko mierne prevyšuje zriaďovacie náklady skladacích a lepiacich strojov. Z dlhodobého hľadiska ale možno túto investíciu považovať za ekonomicky výhodnú, nakoľko sa roboty vedia flexibilne prispôbiť požiadavkám trhu a využitie v súčasnosti nachádzajú takmer vo všetkých výrobných oblastiach. V prípade skladacích a lepiacich strojov sa jedná o jednúčelové zariadenia.

10 ZÁVER

Práca bola koncipovaná na základe toho, že pre samotný efektor bez špeciálne uspořobenej konštrukcie je úloha poskladania a zalepenia krabice prinajmenšom veľmi komplikovaná. V prvom rade bolo treba zistiť, akým spôsobom sa v súčasnej dobe realizuje skladanie a lepenie krabíc.

Tomu sa venuje prvá rešeršná časť tejto práce. Prieskumom trhu bolo v práci zistené, že na požadovaný úkon sú aplikovateľné dve riešenia. Jedným z nich sú momentálne často využívané jednoúčelové skladacie a lepiace stroje, ktoré si je možné zaobstarat' vo všetkých stupňoch automatizácie. Princíp funkcie týchto strojov bol popísaný na zariadeniach od najvýznamnejších svetových predstaviteľov tohto výrobného odvetvia. Druhým možným riešením je robotizované skladanie a zalepovanie krabíc, ktorým sa zaoberá táto práca.

Pred samotným návrhom koncového efektora v druhej praktickej časti práce bolo potrebné objasniť podmienky manipulácie a požiadavky, ktoré by mal návrh spĺňať. Boli navrhnuté dva konštrukčné varianty zahŕňajúce 3D modely, u ktorých sa kladol dôraz na jednoduchosť, nízku hmotnosť, kompaktné rozmery, ale i na finančné náklady nakupovaných dielov. Tieto kritériá boli spracované v multikriteriálnej analýze, z ktorej vzišiel optimálny návrhový variant.

Vhodnejší variant B síce oproti konkurenčnému variantu disponuje mierne zložitejšou konštrukciou, avšak vo všetkých ostaných kritériách ho prevyšuje. Jednotlivé časti tohto variantu boli následne detailnejšie rozpracované a tri vybrané súčiastky boli spoločne so zostavou efektoru doplnené o výkresovú dokumentáciu.

Pre účel robotického skladania a zalepovania krabíc bola vytvorená konštrukcia z hliníkových profilov, ktorá je zahrnutá v rozpracovanom návrhu robotického pracoviska otvoreného možným bezpečnostným úpravám.

V stručnom ekonomickom zhodnotení bolo porovnané robotické pracovisko voči skladacím a zalepovacím strojom. Jedná sa však len o veľmi hrubý odhad, nakoľko ceny uvedených zariadení sú bez vypracovania kompletnej cenovej ponuky nedohľadateľné.

Vzhľadom na rozsah problematiky nebolo možné spracovať pevnostné výpočty a experimentálne overiť funkčnosť návrhov. To vytvára podklad pre možné pokračovanie v uvedenej štúdií.

11 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] Daily Automation, s.r.o [online]. ČSA 1306/1, Kysucké Nové Mesto 02404 - Slovenská republika, 2019 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://dailyautomation.sk/01-zaklady-priemyselnej-robotiky-zakladne-delenie/>
- [2] KIM, Woo Ram, Nam Uook KIM, Dong Woo SON a Yoon Seok CHANG. Disruption Management for a Box Erecting Machine. IFAC-PapersOnLine[online]. 2015, 48(3), 1055-1060 [cit. 2019-04-05]. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.06.223. ISSN 24058963. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405896315004620>
- [3] SIAT S.p.A. [online]. Via Puecher 22 22078 Turate (CO) - Taliansko, 2019 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://siat.com>
- [4] Robatech AG [online]. Pilatusring 10, 5630 Muri - Švajčiarsko, 2019 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://www.robatech.com/en-ch>
- [5] Comarme S.r.l. [online]. Via Chiesa di Camerano, 30 – 47824 Poggio Torriana (RN) - Taliansko, 2019 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://comarmesrl.com>
- [6] Robopac S.p.A. [online]. S.P. Marecchia, 59 47826 Villa Verucchio (RN) - Taliansko, 2019 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <http://www.robopac.com>
- [7] Verpama AG [online]. Schwerzistrasse 20, CH-8807 Freienbach - Švajčiarsko, 2019 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <http://www.verpama.com>
- [8] TART s.r.o. [online]. Vinohradská 366/91, 618 00 Brno, Česká republika, 2019 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.tart.cz>
- [9] KOLÍBAL, Zdeněk. Průmyslové roboty II: Konstrukce výstupních hlavíc a periférií : Určeno pro posl. fak. stroj. Vys. učení techn. v Brně. Brno: PC-DIR, 1993. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0533-3.
- [10] KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016, 787 s. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [11] Daily Automation, s.r.o [online]. ČSA 1306/1, Kysucké Nové Mesto 02404 - Slovensko, 2019 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://dailyautomation.sk/zakladne-pojmy-priemyselnej-robotiky/>
- [12] Robotiq [online]. 11-13 Avenue du Bel-Air, 69100 Villeurbanne - Francúzsko, 2019 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://blog.robotiq.com/bid/65794/Magnetic-Robot-End-Effector-Top-5-Pros-and-Cons>
- [13] RoboDK Inc. [online]. Carrer de Cerignola 13, Barcelona 08022 - Španielsko, 2019 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://robodk.com/blog/tasks-offline-programming/>
- [14] Daily Automation, s.r.o [online]. ČSA 1306/1, Kysucké Nové Mesto 02404 - Slovenská republika, 2019 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://dailyautomation.sk/12-zaklady-priemyselnej-robotiky-systemy-automatickej-vymeny-efektorov/>
- [15] ATI Industrial Automation [online]. 1031 Goodworth Dr., Apex, NC 27539 - USA, 2019 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: https://www.ati-ia.com/products/toolchanger/robot_tool_changer.aspx

- [16] EMI Corporation [online]. 28300 Euclid Ave. Wickliffe, OH 44092 - USA, 2019 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.emicorp.com/eoat/forms-pdfs/vacuum-cup-basics.pdf>
- [17] FESTO, Vakuové efekty [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_CS/PDF/CZ/VAD-VAK_CZ.PDF
- [18] PALKO, Anton a Juraj SMRČEK. Robotika: koncové efekty pre priemyselné a servisné roboty : navrhovanie - konštrukcia - riešenie. Košice: [Technická univerzita], 2004. ISBN 80-8073-218-3.
- [19] ALUTEC KK s.r.o. [online]. Zálužská 120, 250 88 Čelákovice - Záluží, Česká republika, 2019 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://katalog.aluteckk.cz/produkt/profil-40x40-104040/>
- [20] Festo DSM-10-180-P-A [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DSM
- [21] Festo: Suction cups ESG [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_ESG
- [22] Prísavky ESG [online]. s.46 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/sk_sk/data/doc_sk/PDF/SK/ESG_SK.PDF
- [23] Festo DSNU-20-70-P-A [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DSNU
- [24] Kruhové valce DSNU/ESNU [online]. s. 83 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_sk/PDF/SK/DSNU_SK.PDF
- [25] VIACKRITERIÁLNE (MULTIKRITERIÁLNE) ROZHODOVANIE (ROZHODOVACIA ANALÝZA) [online]. s. 14 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.fsi.uniza.sk/ktvi/leitner/2_predmety/OA/Semester/EX01_PRIKLADY_VHV
- [26] Festo: Často kladené otázky - Vakuová technika [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://www.festo.com/cms/cs_cz/9830.htm
- [27] Vákuové sacie dýzy VN [online]. s. 45 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/sk_sk/data/doc_sk/PDF/SK/VN_SK.PDF
- [28] SKF: Kluzná pouzdra [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/plain-bearings/bushings-thrust-washers-strips/table-bushings/index.html?designation=PCMF%20151709%20E&unit=metricUnit>
- [29] GrabCAD: Robot model M100 [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/robot-model-m100-1>
- [30] FANUC s.r.o. [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/cz/en>
- [31] Festo: Katalog [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products

12 ZOZNAM SKRATIEK, SYMBOLOV, OBRÁZKOV A TABULIEK

12.1 Zoznam skratiek a symbolov

q	Váha významnosti	[-]
v	Počet volieb	[-]
m_K	Hmotnosť krabice	[kg]
μ	Súčiniteľ trenia	[-]
g	Gravitačné zrýchlenie	[m/s^2]
a	Zrýchlenie zariadenia (robota)	[m/s^2]
S	Koeficient bezpečnosti	[-]
F_H	Celková prídržná sila prísaviek	[N]
F_{H1}	Prídržná sila na jednu prísavku	[N]

12.2 Zoznam tabuliek

Tab. 1) Základné technické parametre	20
Tab. 2) Rozmery stroja	20
Tab. 3) Rozmery krabice	20
Tab. 4) Základné technické parametre	21
Tab. 5) Rozmery stroja	21
Tab. 6) Rozmery krabice	22
Tab. 7) Základné technické parametre	23
Tab. 8) Rozmery stroja	23
Tab. 9) Rozmery krabice	23
Tab. 10) Základné technické parametre	24
Tab. 11) Rozmery stroja	24
Tab. 12) Rozmery krabice	24
Tab. 13) Základné technické parametre	26
Tab. 14) Rozmery stroja	26
Tab. 15) Rozmery krabice	26
Tab. 16) Základné technické parametre	27
Tab. 17) Základné technické parametre	28
Tab. 18) Základné technické parametre	29
Tab. 19) Základné technické parametre	30
Tab. 20) Parametre objektu manipulácie.....	35
Tab. 21) Konštrukčné požiadavky koncového efektora.....	36
Tab. 22) Základné technické parametre pohonu (variant A) [20]	38
Tab. 23) Základné technické parametre prísavky (variant A) [22].....	38
Tab. 24) Základné technické parametre pohonu (variant B) [24]	41
Tab. 25) Základné technické parametre prísavky (variant B) [22].....	41
Tab. 26) Prehľad kritérií pre multikritériálnu analýzu	43
Tab. 27) Bodové ohodnotenie kritérií	43
Tab. 28) Stanovenie váhy významnosti kritérií.....	44
Tab. 29) Prehľad navrhnutých variantov	44
Tab. 30) Hodnotenie navrhnutých variantov.....	44
Tab. 31) Výpočet celkového súčtu vážených indexov.....	45
Tab. 32) Výpočet celkového súčtu vážených indexov.....	45
Tab. 33) Výsledok multikritériálnej analýzy.....	45
Tab. 34) Vstupné parametre výpočtu prídžnej sily	47
Tab. 35) Základné technické parametre navrhutej prísavky [22]	48
Tab. 36) Základné technické parametre zvoleného ejektoru [27]	48
Tab. 37) Základné technické parametre zvoleného pohonu [24]	50
Tab. 38) Základné parametre klzného puzdra [28].....	52
Tab. 39) Finančné náklady – efektor [31]	56
Tab. 40) Finančné náklady – skladacia a zalepovacia konštrukcia	56

12.3 Zoznam obrázkov

Obr. 1) SIAT F105	20
Obr. 2) SIAT PS50-TB.....	20
Obr. 3) SIAT F44	21
Obr. 4) SIAT F144	21
Obr. 5) SIAT SK20	22
Obr. 6) SIAT SR46	22
Obr. 7) SIAT SM11.....	24
Obr. 8) SIAT SM44HD	24
Obr. 9) SIAT HM145	26
Obr. 10) SIAT HM11-T	26
Obr. 11) Comarme F2000.....	27
Obr. 12) Comarme GEM XF62 HS	27
Obr. 13) SUPERBOX	28
Obr. 14) ROBOTAPE 50 CFA	28
Obr. 15) Verpama TrayFormer „Classic“.....	29
Obr. 16) Verpama BlissFormer „LM“	29
Obr. 17) EXPACK 105	30
Obr. 18) EXPACK 108	30
Obr. 19) Mechanický koncový efektor [11]	32
Obr. 20) Magnetický koncový efektor [12].....	32
Obr. 21) Technologická operácia lakovania karosérie [13]	32
Obr. 22) Systém automatickej výmeny efektorov od firmy ATI [15]	33
Obr. 23) Prevedenie pasívneho (deformačného) podtlakového prvku [18]	34
Obr. 24) Prevedenie aktívneho podtlakového prvku.....	34
Obr. 25) Schéma usporiadania robotizovaného pracoviska:	36
Obr. 26) Konštrukcia variantu A:	37
Obr. 27) Kyvný pohon DSM-10-180-P-A [20]	38
Obr. 28) Vákuová prísavka s držiakom ESG-50-SS-HA-PK [21]	39
Obr. 29) Uchopenie kartónu zo zásobníku	39
Obr. 30) Vyklopenie sklopného mechanizmu	39
Obr. 31) Konštrukcia variantu B:.....	40
Obr. 32) Kruhový pneumatický valec DSNU-20-70-P-A [23]	41
Obr. 33) Vákuová prísavka s držiakom ESG-50-EU-HA-QS [21].....	42
Obr. 34) Uchopenie kartónu zo zásobníku	42
Obr. 35) Vyklopenie sklopnej čeľuste	42
Obr. 36) Optimálny návrhový variant:	46
Obr. 37) Zvislá poloha prísavky [26].....	47
Obr. 38) Vákuová prísavka ESG-50-SU-HA-QS [21].....	47
Obr. 39) Vákuový ejektor VN-07-M-I3-PQ2-VQ2 [27].....	48
Obr. 40) Rám koncového efektoru:.....	49
Obr. 41) Kruhový pneumatický valec DSNU-20-70-P-A [23]	50
Obr. 42) Kyvný držiak SBN-20/25	50
Obr. 43) Kĺbová hlavica SGS-M8.....	50
Obr. 44) Uchytenie pneumatického valca:	51

Obr. 45) Sklopná čeľusť:.....	51
Obr. 46) Klzné puzdro PCMF 151709 E (SKF) [28].....	52
Obr. 47) Ložisková jednotka	52
Obr. 48) Skladacia a zalepovacia konštrukcia:.....	53
Obr. 49) Priebeh manipulácie č. 1	54
Obr. 50) Priebeh manipulácie č. 2	54
Obr. 51) Priebeh manipulácie č. 3	54
Obr. 52) Priebeh manipulácie č. 4	54
Obr. 53) Návrh robotického pracoviska	55

13 ZOZNAM PRÍLOH

Výkresová dokumentácia:

- výrobný výkres zvernej otoče – 4-BP-ÚVSSR-1/09
- výrobný výkres ľavého nosníka – 4-BP-ÚVSSR-1/21
- výrobný výkres ložiskového telesa – 4-BP-ÚVSSR-1/31
- zostavný výkres koncového efektora – 2-BP-ÚVSSR-1/10

Obsah priloženého CD:

- 3D model optimálneho návrhového variantu s jednotlivými súčiastkami v programe SOLIDWORKS 2018 vo formáte .SLDASM a .SLDPRT
- výkresová dokumentácia vo formáte .pdf
- 2019_BP_Zavodsky_Martin – elektronická podoba tejto práce vo formáte .pdf