

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

**Detailní rozpracování modulu balicí linky  
– Efektor pro sady manipulovaných  
objektů**

Detailed Development of the Packing Line  
Module – Effector for Manipulation with  
Sets of Objects

Student: Michal Konečný

Vedoucí diplomové práce: Ing. Lukáš Podešva

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra robotiky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Konečný**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 2301R013 Robotika

Téma: **Detailní rozpracování modulu balící linky – Efektor pro sady manipulovaných objektů**  
**Detailed Development of the Packing Line Module - Effector for Manipulation with Sets of Objects**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- 1) Analýza DP Ing. Kubovského, sestavení požadavkového listu pro modul: Efektor pro sady manipulovaných objektů.
- 2) Rešerše dostupných alternativ uzlů.
- 3) Aktualizace celkového 3D modelu v systému PTC CREO (v zadaném rozsahu).
- 4) Případná úprava modulu za použití lepšího/novějšího uzlu.
- 5) Kontrolní výpočty uzlů na zadaném modulu.
- 6) Výkresová dokumentace (v zadaném rozsahu).
- 7) Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu .pdf.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce [online]. [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace/>
- [2] KUBOVSKÝ, David. Automatická balící a paletizační linka přístrojů spínačů. Ostrava, 2017. Diplomová práce. VŠB-TU Ostrava. Vedoucí práce Zdeněk Konečný.
- [3] KÁRNÍK, Ladislav. Periferní zařízení RTP. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1221-5.
- [4] PALKO, Anton a Juraj SMRČEK. Robotika: koncové efekторы pre priemyselné a servisné roboty : navrhovanie - konštrukcia - riešenie. Košice: [Technická univerzita], 2004. ISBN 80-807-3218-3.
- [5] SKAŘUPA, Jiří. Kreativita a inovační myšlení v konstruování. Ostrava: VŠB, 2007. ISBN 978-80-248-1717-0.
- [6] RTP – NAVRHOVÁNÍ A PRAKTICKÉ APLIKACE. Katedra robotiky: fakulta strojní VŠB-TU Ostrava [online]. Ostrava [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <http://robot.vsb.cz/file.php/rtp-navrhovani-a-prakticke-aplikace.pdf>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Podešva**

Konzultant bakalářské práce: Ing. Václav Krys, Ph.D.

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019



prof. Dr. Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

## **Mistopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20. května 2019



podpis studenta

Prohlašuji, že:

- Jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo).
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užit tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užit dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užit své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústavní knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. května 2019



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Michal Konečný

Adresa trvalého pobytu autora práce: Budišovice, Na Horečkách 202

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KONEČNÝ, M. *Detailní rozpracování modulu balicí linky – Efektor pro sady manipulovaných objektů: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2019, 58 s. Vedoucí práce: Podešva, L.

Bakalářská práce se zabývá detailním rozpracováním koncového efektoru, který je součástí balicí linky jejíž koncepci navrhoval ve své diplomové práci Ing. David Kubovský. V úvodu práce je rešerše a souhrn veškerých informací o pracovním prostředí efektoru. Na základě zjištěných informací a konkrétních dat byl vytvořen požadavkový list. Pro zachování původní koncepce byly využity původní komponenty a byla provedena náhrada za nevyrobitelné díly. Celková sestava byla doplněna o spojovací materiál, byly provedeny kontrolní výpočty a vypočet uchopovací síly pro zadané objekty manipulace. V příloze je kompletní 3D model efektoru a výkresová dokumentace v daném rozsahu.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

KONEČNÝ, M. *Detailed Development of the Packing Line Module – Effector for Manipulation with Sets of Objects: Bachelor Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of robotics, 2019, 58s. Thesis head: Podešva, L.

Bachelor thesis deals with detailed elaboration of the end effector, which is part of the packaging line whose conception designed Ing. David Kubovský in his Master thesis. At the beginning of thesis there is a summary of all information about the working environment of effector. Request sheet was created according to collected information and the specific data. To preserve the original concept was using original components, but the non-manufacturable parts replacement. The overall assembly has been supplemented with fasteners, check calculations have been performed and gripping forces for the specified manipulation objects have been calculated. In the appendix there is a complete 3D model of the effector and a drawing documentation within the specified range.

# Obsah

<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>9</b>
<b>Seznam použitých značek a symbolů</b> .....	<b>11</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>13</b>
<b>1 Analýza</b> .....	<b>14</b>
1.1 Automatizovaná balicí linka.....	14
1.1.1 První modul – skládání krabice.....	14
1.1.2 Druhý modul – plnění krabice .....	15
1.1.3 Výpočet uchopovací síly.....	17
1.1.4 Třetí modul – lepení krabice .....	18
1.1.5 Čtvrtý modul – uložení krabice na paletu .....	18
1.2 Pracovní prostředí efektoru .....	19
1.2.1 Zásobník proložek.....	19
1.2.2 Akumulační dopravník.....	20
1.2.3 Manipulátor balení přístrojů .....	22
1.3 Objekty manipulace balicí linky.....	22
1.3.1 Samosvorná kartonová krabice .....	22
1.3.2 Přístroj spínač.....	23
1.4 Informace z 3D modelu .....	24
1.4.1 3D model spínače.....	25
1.4.2 Celková hmotnost plné krabice.....	25
1.4.3 Princip upínání spínačů.....	26
<b>2 Rešerše Efektory</b> .....	<b>28</b>
2.1 Mechanické pasivní koncové efektory .....	28
2.2 Mechanické aktivní koncové efektory.....	29
2.3 Magnetické koncové efektory .....	30
2.4 Pneumatické koncové efektory.....	30
2.4.1 Pneumatický efektor v potravinářství .....	31
<b>3 Požadavkový list</b> .....	<b>32</b>
3.1 Objekty manipulace.....	32
3.2 Koncový bod manipulace .....	32
3.3 Požadavky na konstrukci .....	32

3.4	Požadavky na celé pracoviště .....	33
<b>4</b>	<b>Detailní rozpracování efektoru .....</b>	<b>34</b>
4.1	Konstrukční řešení .....	34
4.1.1	Uchopování proložky .....	34
4.1.2	Uchopování sady spínačů .....	35
4.1.3	Popis ramínka .....	36
4.1.4	Popis ramínkové hřídele A, D .....	37
4.1.5	Popis ramínkové hřídele B, C .....	38
4.1.6	Uchopovací mechanismus .....	39
4.2	Výpočet pružin .....	40
4.2.1	Výpočet vyrovnávacích pružin .....	41
4.2.2	Výpočet třecích ztrát .....	42
4.2.3	Výpočet tlačné pružiny .....	43
4.2.4	Uložení čepu pro táhlo .....	44
4.2.5	Uložení ložiskového domku .....	45
4.3	Volba pneumatických válců .....	48
4.4	Vkládání objektů do krabice .....	49
4.4.1	Uchopení spínače .....	49
<b>5</b>	<b>Specifikace nakupovaných dílů .....</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>Údržba .....</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>54</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>55</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>58</b>



## Seznam obrázků

Obr. 1 Výsledná varianta řešení diplomové práce, 3D model sestavy balicí linky [1] ..	14
Obr. 2 První modul – zásobník složených krabic [1] .....	15
Obr. 3 Naváděcí prvky a uchycení krabice v hnízdech na meziop. dopravníku [1].....	15
Obr. 4 Druhý modul – plnění krabice [1] .....	16
Obr. 5 Průběh zrychlení v ose z v celém pracovním cyklu [1].....	16
Obr. 6 Znárodnění sil působících na jeden spínač .....	17
Obr. 7 Třetí modul – slouží k složení zalepení a označení krabic etiketou [1].....	18
Obr. 8 Čtvrtý modul – manipulace a uložení krabic na paletu [1].....	19
Obr. 9 Zásobník proložek [1].....	20
Obr. 10 Akumulační dopravník [1].....	20
Obr. 11 Vzdálenost spínačů na akumulacním dopravníku [1].....	21
Obr. 12 Umístění krabice při vkládání spínačů a kartonové proložky [1].....	21
Obr. 13 Manipulátor balení [1] .....	22
Obr. 14 Model kartonové krabice [1] .....	22
Obr. 15 Příklad kolébkového spínače [16] .....	23
Obr. 16 Sestrojení spínače řady Neo [17].....	24
Obr. 17 Sestrojení spínače řady Swing [17] .....	24
Obr. 18 Vkládání objektů manipulace do krabice [1].....	24
Obr. 19 Rozměry 3D modelu spínače [1] .....	25
Obr. 20 Celková hmotnost plné krabice [1].....	25
Obr. 21 Popis spodní strany efektoru [1].....	26
Obr. 22 Popis horní strany efektoru [1] .....	27
Obr. 23 Rozdělení úchopných efektorů .....	28
Obr. 24 Podmínka bezpečnosti pro využití pasivního mechanického efektoru [2] .....	28
Obr. 25 The 2-finger 85 and The 2-finger 140 adaptivní robotické kleště [12] .....	29
Obr. 26 Schunk paralelní tříčelist'ový efektor [13].....	29
Obr. 27 Schmalz magnetické koncové efektoru SGM - HP/-HT [14].....	30
Obr. 28 Typy přísavky [15].....	30
Obr. 29 KIT-UR-V Vacuum Gripper [19].....	31

---

Obr. 30 Efektor firmy SCHMALZ pro uchopování krabiček s čajem [18].....	31
Obr. 31 Interface .....	33
Obr. 32 Pneumatické válce s trny .....	34
Obr. 33 Znázornění listů v uzavřené poloze .....	35
Obr. 34 Rozevřené listy      Obr. 35 Uchopení proložky.....	35
Obr. 36 Dvojice ramíkových hřídelí – uzavřená poloha.....	36
Obr. 37 Dvojice ramíkových hřídelí – otevřená poloha .....	36
Obr. 38 Ramínko.....	37
Obr. 39 Popis ramíkových hřídelí A – původní verze [1] .....	37
Obr. 40 Popis ramíkových hřídelí A, D .....	38
Obr. 41 Popis ramíkových hřídelí B – původní verze [1].....	38
Obr. 42 Popis ramíkových hřídelí B, C .....	39
Obr. 43 Uchopovací mechanismus – původní verze [1].....	39
Obr. 44 Uchopovací mechanismus .....	40
Obr. 45 Charakteristika vyrovnávacích pružinek C.119.060.0159.I [9].....	41
Obr. 46 Hmotnost Ramíkové hřídele C $m_{rh}$ .....	42
Obr. 47 Hmotnost jednoho ramínka $m_r$ .....	42
Obr. 48 Charakteristika tlačných pružin C.127.200.0330.I [9] .....	43
Obr. 49 Uložení čepu pro táhlo – původní verze [1] .....	44
Obr. 50 Uložení čepu pro táhlo.....	44
Obr. 51 Síly působící na čep pro táhlo.....	45
Obr. 52 Rozsah pohybu ramíkových hřídelí .....	46
Obr. 53 Ložiskový domek – původní verze [1].....	46
Obr. 54 Uložení ložiskového domku .....	47
Obr. 55 Síly působící na jeden kolík v kluzném domku.....	47
Obr. 56 Základní informace o pneumatickém válci DSNU [7].....	48
Obr. 57 Pneumatický válec ADN - 12-10-A-P-A [8].....	49
Obr. 58 Výška úchopu ramínka .....	49
Obr. 59 Vzdálenost středu efektoru od středu spínače .....	50
Obr. 60 Vzdálenost uchopené proložky od základní desky efektoru .....	50
Obr. 61 Vložení objektů manipulace do nové krabice.....	51

---

## Seznam použitých značek a symbolů

$a_{\text{součet}}$	zrychlení působící proti směru pohybu	$m/s^2$
$a_z$	maximální zrychlení osy z	$m/s^2$
$d_{\text{čep}}$	reálný průměr čepu	$mm$
$d_{\text{kolík}}$	reálný průměr kolíku	$mm$
$d'$	průměr čepu teoretický	$mm$
$f_{\text{hliník}}$	součinitel smykového tření pro HLINÍK (ramínko) a OCEL (spínač)	
$f_{\text{id}}$	koeficient kluzného tření v kluzných pouzdrech	
$F_{\text{pohonu}}$	teoretická síla pneumatického válce	$N$
$F_{\text{tp,výchozí}}$	síla vyvozená tlačnou pružinou ve výchozí poloze	$N$
$F_{\text{tp,pracovní}}$	síla vyvozená tlačnou pružinou při sevření spínače	$N$
$F_{\text{vp,výchozí}}$	síla vyvozená vyrovnávací pružinkou ve výchozí poloze	$N$
$F_{\text{vp,pracovní}}$	síla vyvozená vyrovnávací pružinkou při sevření spínače	$N$
$F_{\text{teoretická tp}}$	teoretická síla tlačné pružiny	$N$
$F_{\text{jedna řada}}$	celková uchopovací síla pro jednu řadu přístrojů	$N$
$F_{\text{OM, reálná}}$	reálná uchopovací síla dvojice ramínek	$N$
$F_{\text{pp}}$	síla působící na ramínko při kritickém zrychlení	$N$
$F_{\text{zld}}$	třecí ztráty v kluzných domcích	$N$
$F_{\text{zr}}$	třecí ztráty na ramínkách	$N$
$g$	tíhové zrychlení v Praze	$m/s^2$
$k$	koeficient bezpečnosti	
$l_{\text{vp,max}}$	délka vyrovnávací pružinky před stlačením	$mm$
$l_{\text{vp,výchozí}}$	délka vyrovnávací pružinky ve výchozí poloze	$mm$
$l_{\text{vp,pracovní}}$	délka vyrovnávací pružinky při sevření spínače	$mm$
$l_{\text{tp,max}}$	délka tlačné pružiny před stlačením	$mm$
$l_{\text{tp,výchozí}}$	délka tlačné pružiny ve výchozí poloze	$mm$
$l_{\text{tp,pracovní}}$	délka tlačné pružiny při sevření spínače	$mm$
$m_{\text{sp}}$	hmotnost jednoho spínače	$g$

---

$m_{rh}$	hmotnost ramínkové hřídele	$g$
$m_r$	hmotnost ramínka	$g$
$R_{vp}$	tuhost vyrovnávací pružiny	$N \cdot mm^{-1}$
$R_{tp}$	tuhost tlačné pružiny	$N \cdot mm^{-1}$
$U_{OM}$	síla nutná k udržení jednoho spínače	$N$
$\tau_{dov}$	maximální dovolené napětí ve smyku	$MPa$
$\tau_{MAX}$	maximální napětí ve smyku	$MPa$
$\sigma_{dov}$	maximální dovolené napětí v ohybu	$MPa$

## Úvod

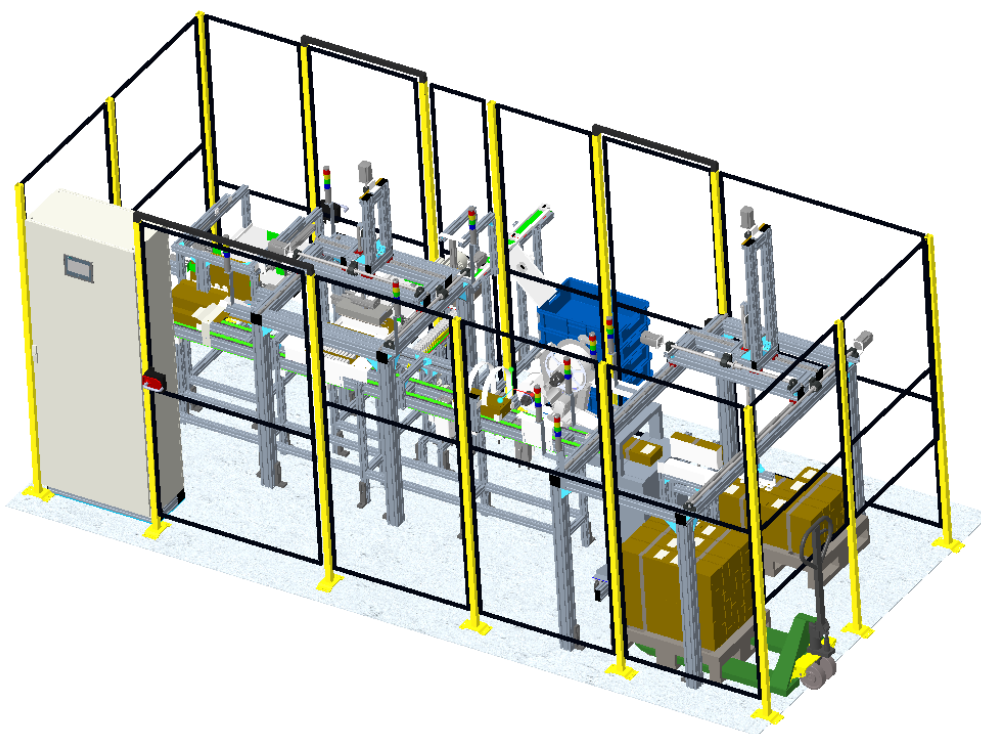
Úkolem této bakalářské práce je vytvořit kompletního 3D model efektoru pro manipulaci s dvaceti spínači a papírovou proložkou. Vypočítat uchopovací sílu a navrhnout příslušné komponenty, dále vytvořit technickou dokumentaci v daném rozsahu a sepsat technickou zprávu.

Efektor je součástí výsledné varianty řešení Diplomové práce, zabývající se konstrukcí balicí linky. Linka slouží k balení přístrojů snímačů do kartonových krabic. Tento proces je možno rozdělit na čtyři moduly. První modul slouží k vysunutí krabice ze zásobníku a její následné rozložení. Rozložená krabice je uložena na mezioperačním dopravníku, který protíná všechny moduly balicí linky. Ve druhém modulu dochází k naplnění krabice. Na manipulátoru je připevněn koncový efektor, který přenese dvacet přístrojů spínačů a kartonovou proložku do krabice. Ve třetím modulu je krabice zalepena a označena. Čtvrtý modul pomocí pneumatického efektoru krabice ukládá na paletu. Z koncového stanoviště vyváží palety obsluha.

## 1 Analýza

Efektor pro přesun dvou sestav deseti spínačů a papírové proložky je součástí velkého celku balicí linky (Obr.1). Tato linka následuje a je úzce spojena s výrobní linkou a z časového hlediska je chod těchto linek provázán. Ruční balení zde začalo zaostávat za výrobou. To je důvod, proč je potřeba pracovní cyklus balení zboží zautomatizovat a získat co možná nejmenší dobu cyklu. Z diplomové práce vyplývá že doba cyklu je 40 s. Za tuto dobu musí dojít k rozložení krabice, vložení dvaceti spínačů a papírové proložky do krabice, poskládání, zalepení a umístění krabice na paletu.

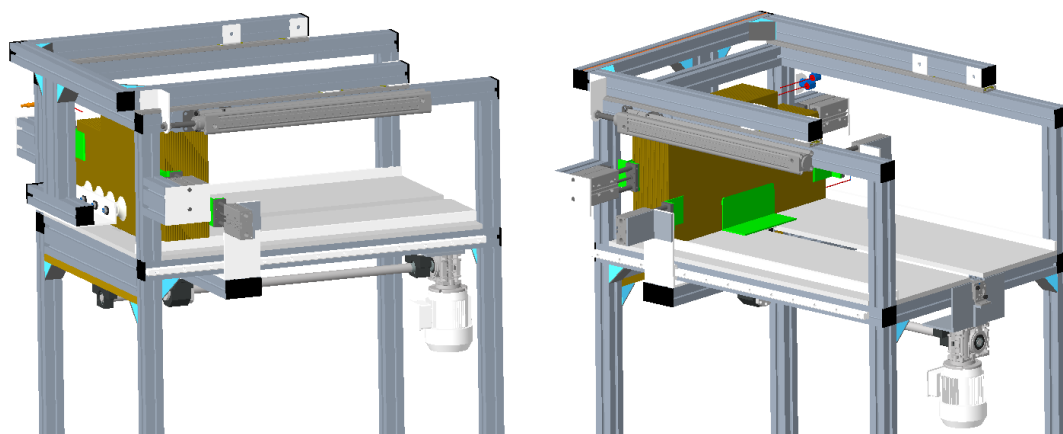
### 1.1 Automatizovaná balicí linka



Obr. 1 Výsledná varianta řešení diplomové práce, 3D model sestavy balicí linky [1]

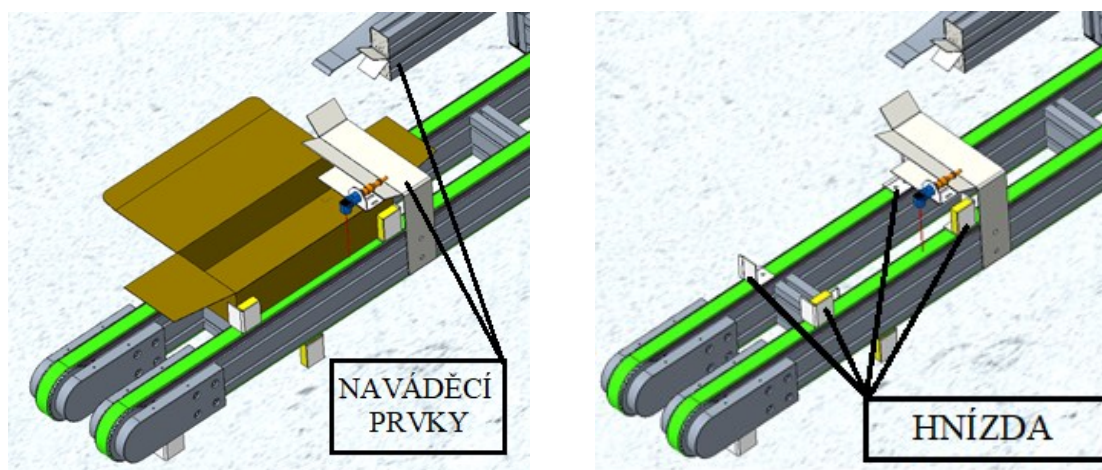
#### 1.1.1 První modul – skládání krabice

Balicí linka zastává několik kroků balení. První pracovní uzel slouží k rozložení kartonové krabice, která je uložena v zásobníku složených krabic. K tomuto procesu je využíván efektor s pneumatickými přísavkami.



Obr. 2 První modul – zásobník složených krabic [1]

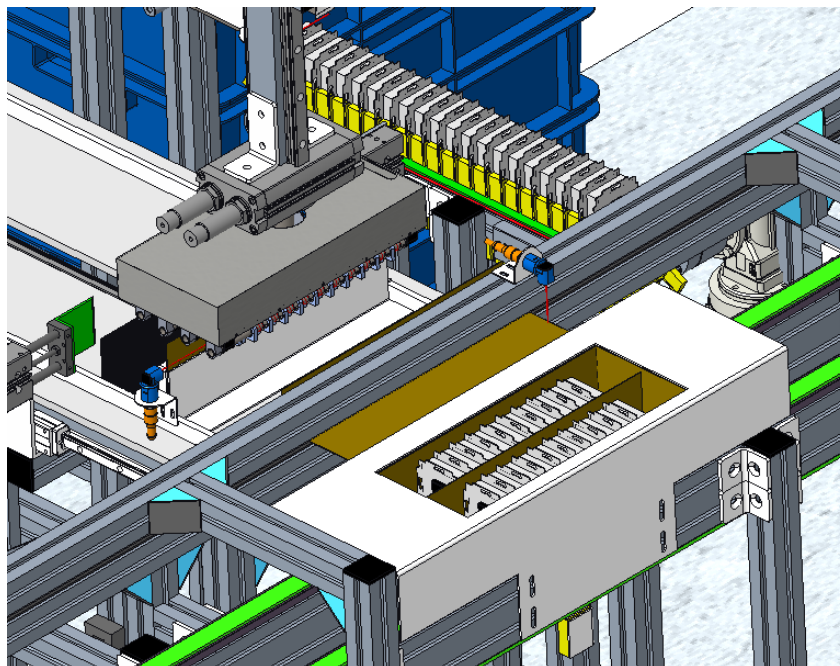
Krabice je samostatně rozložitelná není tedy zapotřebí složitých manipulátorů k jejímu rozložení. Jednoduchým pohybem zařídíme rozložení krabice. Při tomto kroku dojde také k uložení krabice do **hnízd** vymezujících její přesnou polohu na mezioperačním dopravníku. Dopravník má upevněné **naváděcí prvky**, které zabraňují krabici v zavření.



Obr. 3 Naváděcí prvky a uchycení krabice v hnízdech na meziop. dopravníku [1]

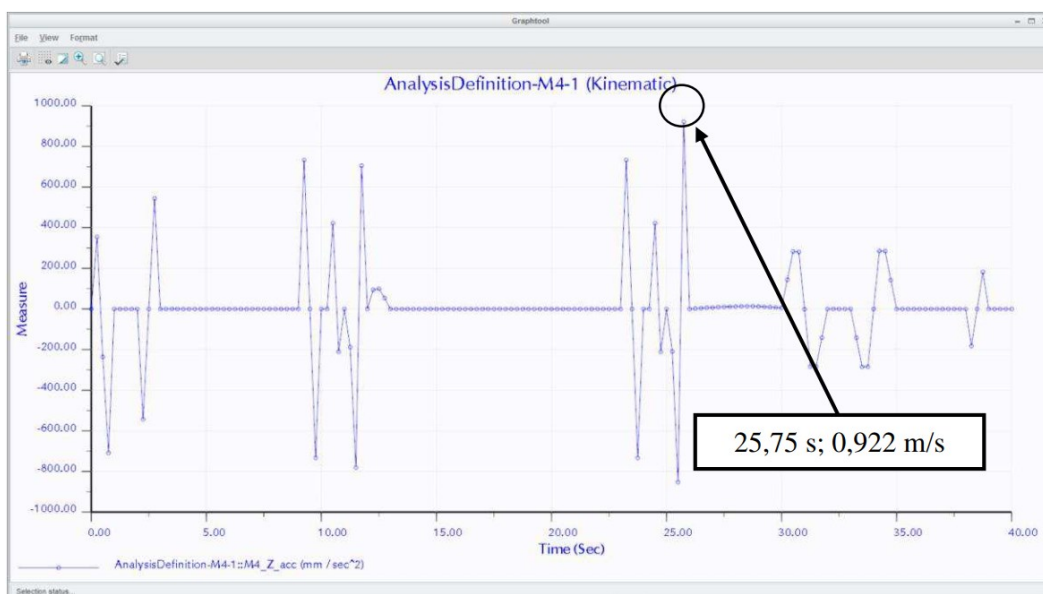
### 1.1.2 Druhý modul – plnění krabice

Pracovní náplní druhého pracovního uzlu je naplnění krabice dvaceti spínači a papírovou proložkou. K této operaci je použit speciálně navržený efektor, který mezi dva ohýbané plechy uchopí proložku, poté se přesune k akumulárnímu dopravníku a uchopí první sérii spínačů, následuje otočení o 180° a uchopení druhé série. Následuje přenesení všech objektů nad krabici, kde dojde k vypuštění a uložení přenášených objektů do krabice (Obr. 4).



Obr. 4 Druhý modul – plnění krabice [1]

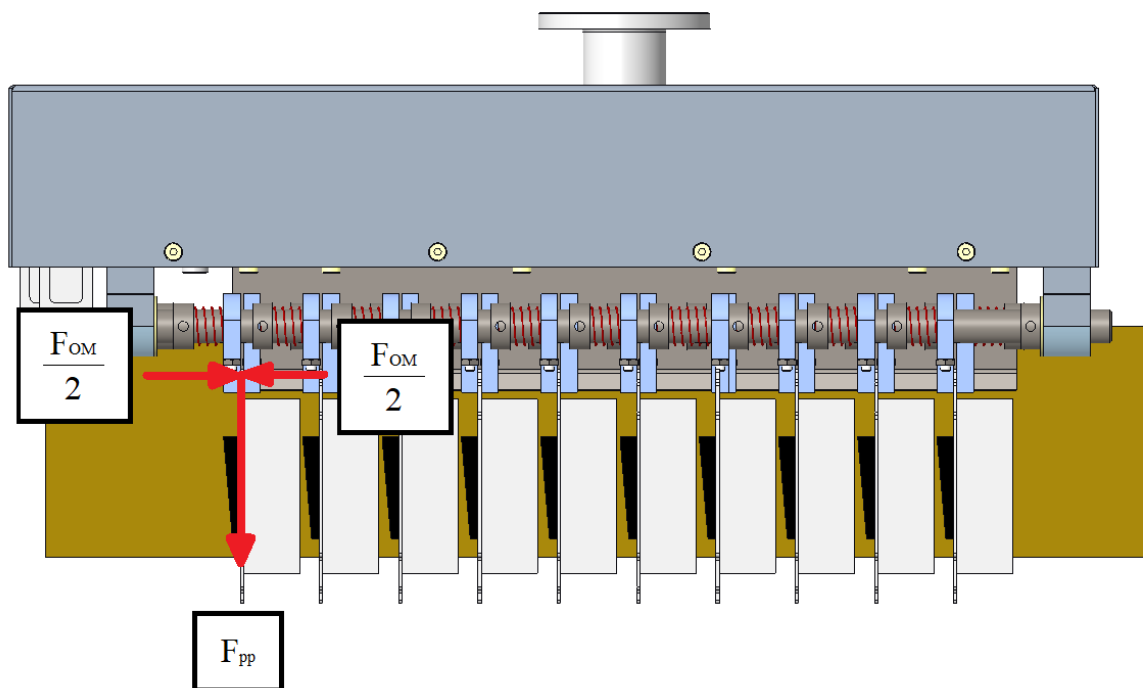
Hledání kritického namáhání efektoru je důležitý krok při návrhu uchopovací síly. Během pracovního cyklu na uchopené spínače působí odstředivé síly působící proti pohybu efektoru. V simulaci, kterou provedl Ing. Kubovský ve své diplomové práci, byl zjištěn kritický úsek manipulace. Při odebrání přístrojů spínačů z akumulárního dopravníku, má efektor velké zrychlení v ose  $z$  (Obr. 5). Zrychlení efektoru v kritickém úseku manipulace jsem využil pro výpočet potřebné uchopovací síly efektoru.

Obr. 5 Průběh zrychlení v ose  $z$  v celém pracovním cyklu [1]



### 1.1.3 Výpočet uchopovací síly

Uchopovací sílu jsem počítal pro každý spínač jednotlivě. Spínač je uchycen mezi dvě ramínka. Síla je vyvozena stlačenými pružinkami opřenými o ramínka.



Obr. 6 Znáornění sil působících na jeden spínač

Síla působící proti pohybu efektoru na jeden spínač:

$$F_{pp} = a_{součet} \cdot m_{sp}$$

$a_{součet}$  – zrychlení působící proti směru pohybu

Z kinematické analýzy (Obr. 5) jsem vyčetl hodnotu maximálního zrychlení efektoru v kritickém úseku cyklu  $a_z = 0,922 \text{ m/s}^2$ .

$$a_{součet} = a_z + g = 0,922 + 9,8137 = 10,736 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (1)$$

$g$  – tíhové zrychlení v Praze [5]

Síla působící proti pohybu efektoru na jeden spínač je tedy:

$$F_{pp} = a_{součet} \cdot m_{přístroje} = 10,736 \cdot 0,046 = 0,494 \text{ N} \quad (2)$$

Síla nutná k udržení spínače:

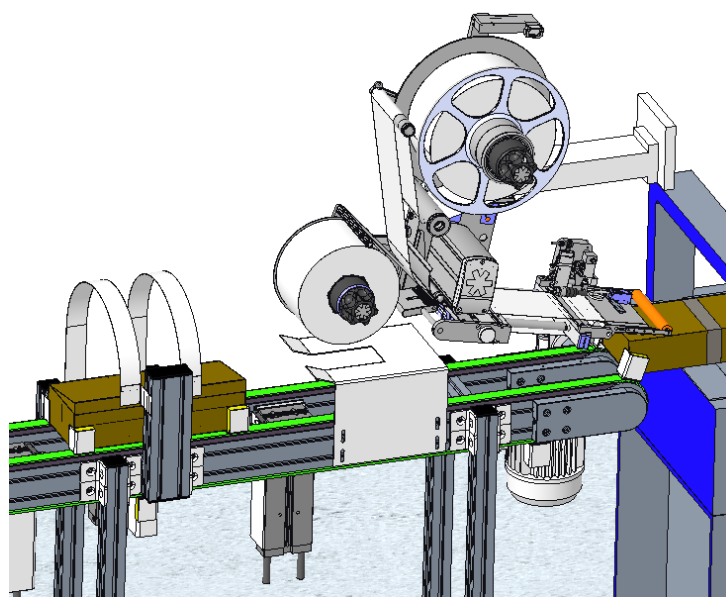
$$U_{OM} = \frac{k \cdot F_{pp}}{f_{hlíník}} = \frac{2 \cdot 0,4937}{0,47} = 2,101N \quad (3)$$

$k$  – koeficient bezpečnosti

$f_{hlíník}$  – součinitel smykového tření pro HLINÍK (ramínko) a OCEL (spínač) [6]

#### 1.1.4 Třetí modul – lepení krabice

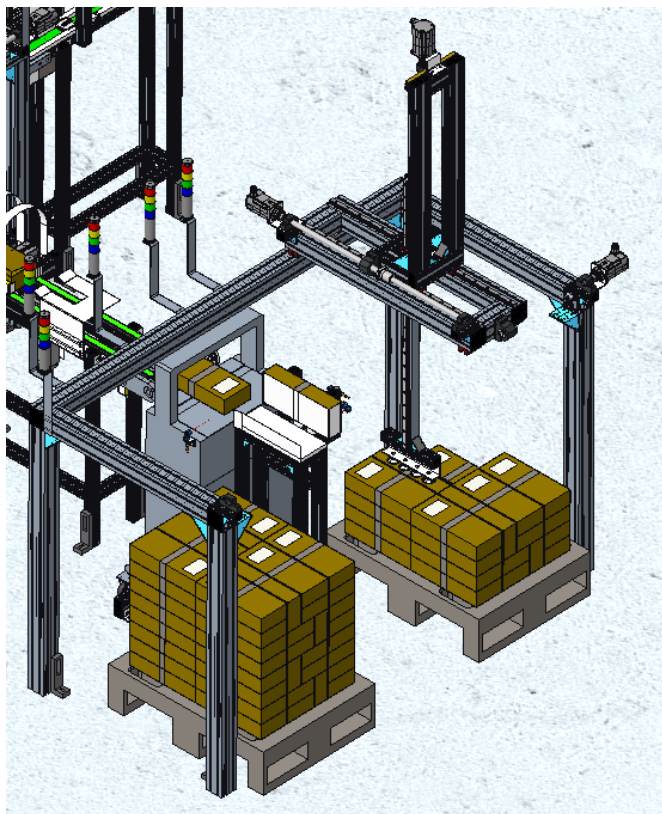
Třetí pracovní uzel je uzpůsoben ke složení, následnému slepení a označení jednotlivých krabice (Obr. 7).



Obr. 7 Třetí modul – slouží k složení zalepení a označení krabic etiketou [1]

#### 1.1.5 Čtvrtý modul – uložení krabice na paletu

Poslední pracovní uzel slouží k uložení krabic na příslušnou paletu. Využívá se k tomu tříosý manipulátor. Každá z os je poháněna elektromotorem napojeným na pohybový šroub. Koncový efektor pro sběr a manipulaci s bednami je s pneumatickými přísavkami (Obr. 8).

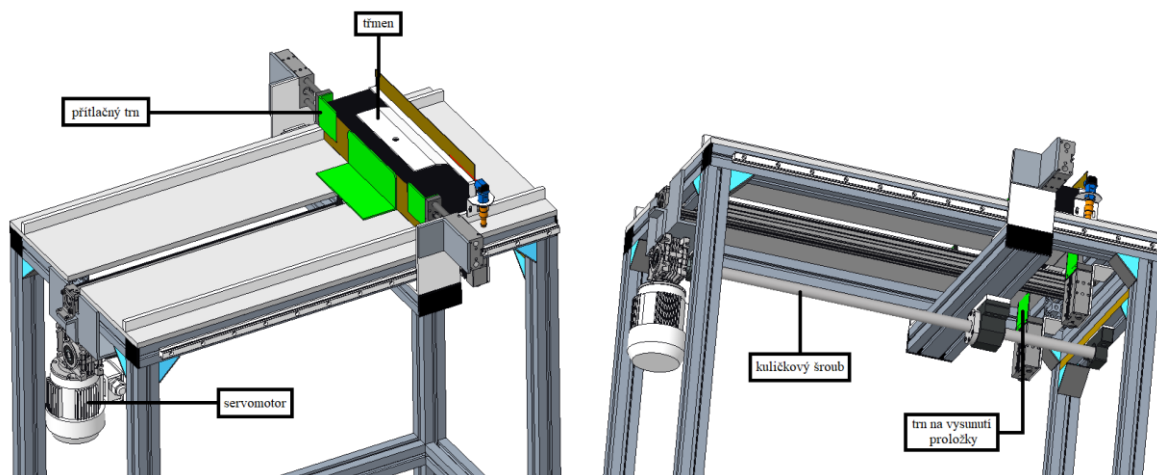


Obr. 8 Čtvrtý modul – manipulace a uložení krabic na paletu [1]

## 1.2 Pracovní prostředí efektoru

### 1.2.1 Zásobník proložek

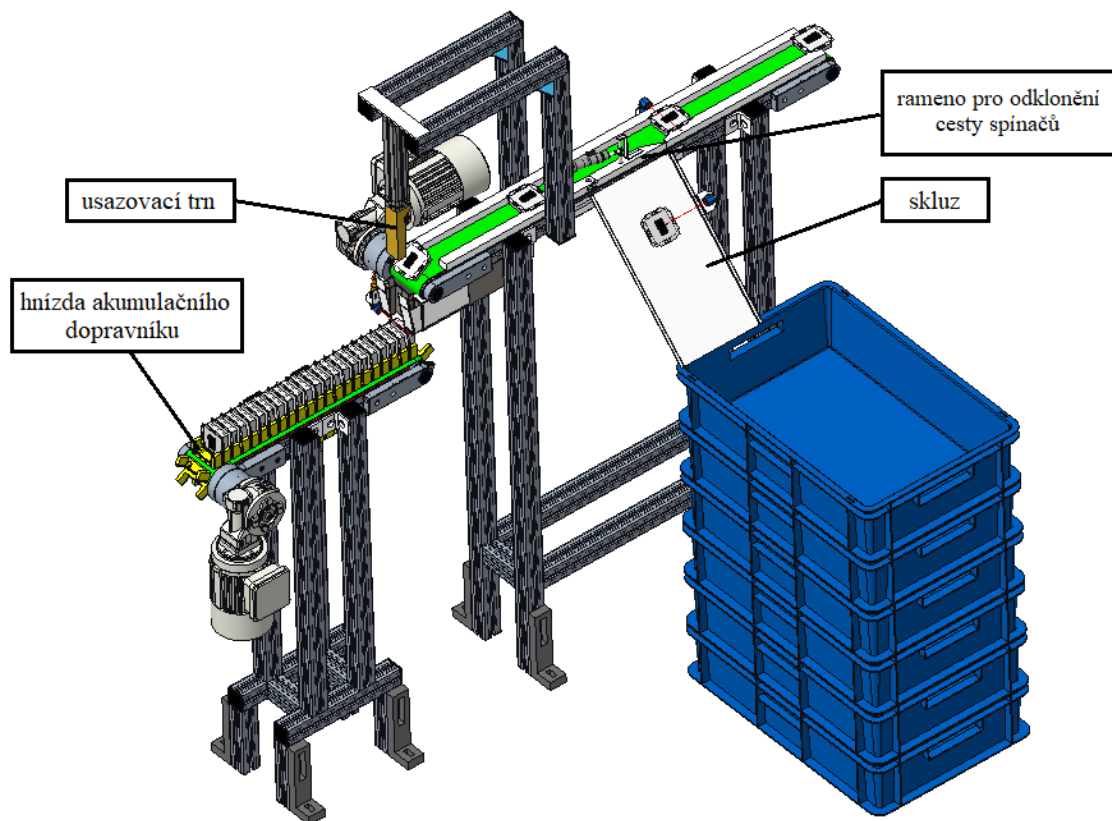
Pracovní efektor pracuje mezi třemi dílčími bloky. Prvním krokem je uchopení proložky. V zásobníku na proložky (Obr. 9) může být najednou uloženo až 581 kusů proložek, po 6 pracovních hodinách a 28 minutách musí dojít k doplnění zásobníku. Na zásobníku se nacházejí dva typy trnů, **přítlačné trny** slouží k přisunutí proložek k místu odběru efektozem. Přítlačná síla je vyvozena **kuličkovým šroubem**, který je poháněn **servomotorem**. Na spodní části zásobníku jsou **dva trny** připevněné na pneumatických motorech. Při odebrání proložky efektozem dojde k posunutí zbylých proložek přítlačnými trny a k vysunutí nové proložky pomocí trnů ze spodní části zásobníku. Pro zamezení výšky zbylých proložek v zásobníku, je nad proložkami připevněn **třmen**.



Obr. 9 Zásobník proložek [1]

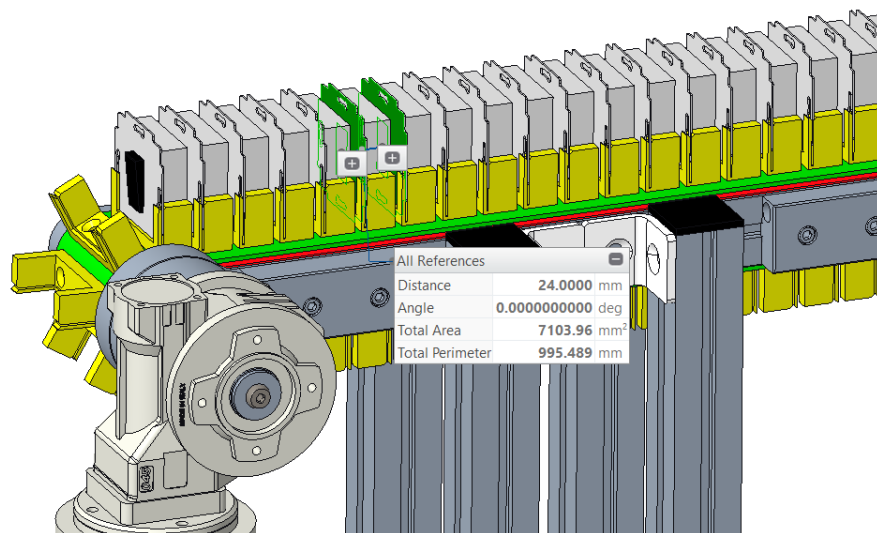
### 1.2.2 Akumulační dopravník

Druhý krok je uchopení dvou sad po deseti spínačích. Efektor najede nad lože (Obr. 10) a uchopí prvních deset spínačů, poté se otočí o 180° a uchopí druhých deset. Vstupní dopravník je propojením výrobní linky a akumulčního dopravníku. Za pomoci usazovacího **trnu** jsou spínače jednotlivě vkládány do **hnízd** na akumulčním dopravníku.



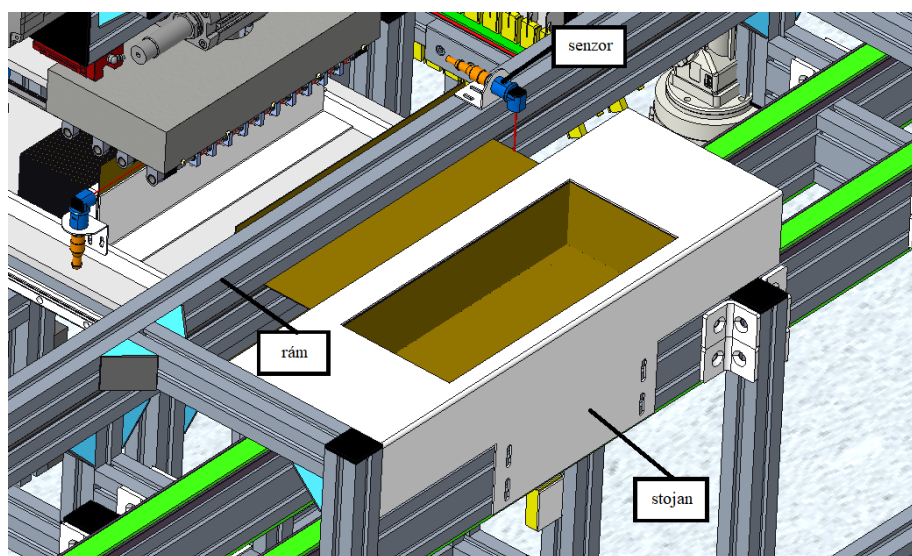
Obr. 10 Akumulační dopravník [1]

V případě poruchy nebo odstavení balicí linky musí dojít k odklonu vyráběných dílů, aby nedošlo k poškození spínačů pádem nebo poškození samotné linky. Pro tyto případy bylo navrženo **rameno** pro odklonění cesty spínačů. Spínače jsou poté odkloněny na **skluz** vedoucí do plastových přepravek.



Obr. 11 Vzdálenost spínačů na akumulacím dopravníku [1]

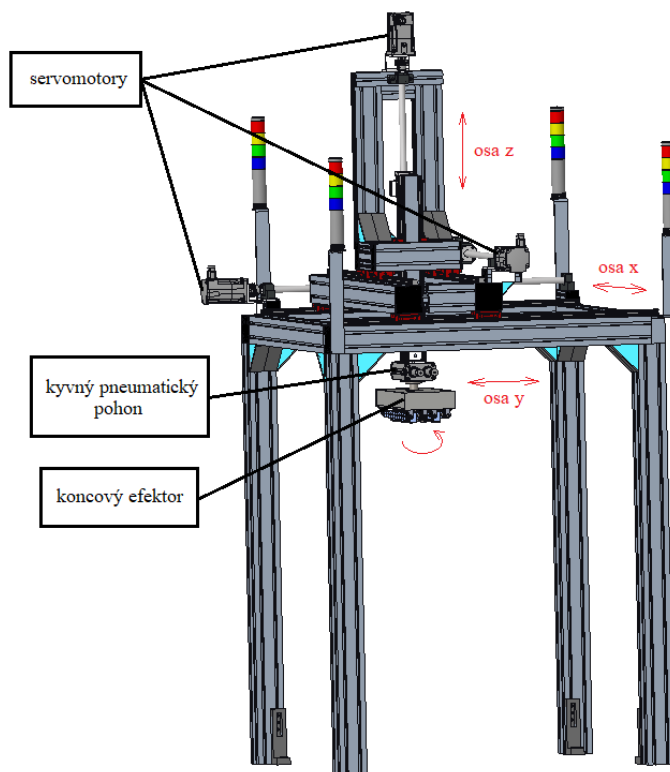
Na mezioperačním dopravníku je prostor pro uložení spínačů do krabice vymezen **rámem**, který zabraňuje krabici v samovolném zavření. Pro kontrolu polohy krabice na dopravníku je upevněn na rámu laserový **senzor**. Efektor najede nad otvor v plechovém **stojanu** a vloží přenesené objekty do krabice.



Obr. 12 Umístění krabice při vkládání spínačů a kartonové proložky [1]

### 1.2.3 Manipulátor balení přístrojů

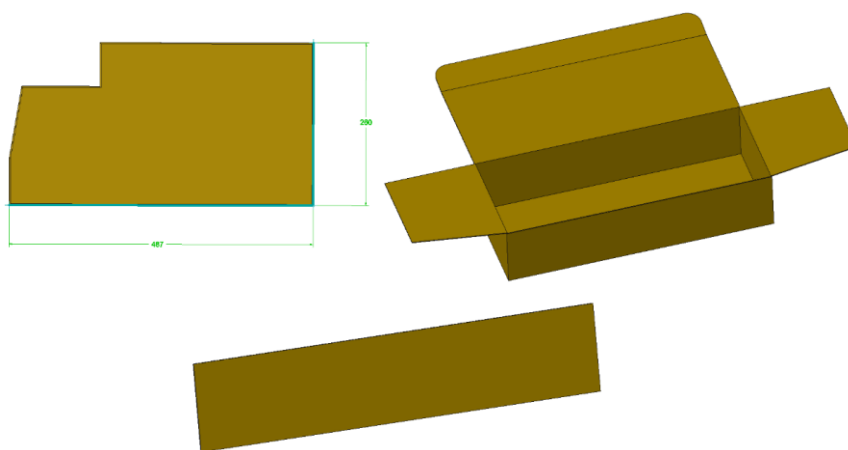
Na manipulátor je připojen koncový efektor balení spínačů. Rotace na ose  $z$  byla řešena **kyvným pneumatickým pohonem**. Pro lineární pohyby os  $x$   $y$   $z$  byly navrženy kuličkové šrouby poháněné **servomotory**.



Obr. 13 Manipulátor balení [1]

## 1.3 Objekty manipulace balicí linky

### 1.3.1 Samosvorná kartonová krabice



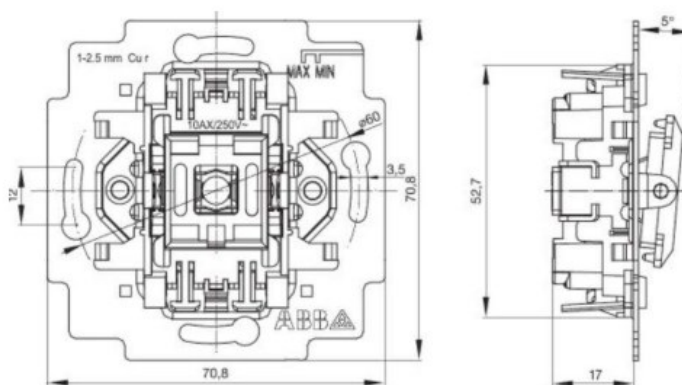
Obr. 14 Model kartonové krabice [1]

V souladu s požadavky na automatizaci byla navržena krabice Unipapp 340x140x75 mm vnitřní rozměry krabice jsou 338x138x73, ve složeném stavu 487x260 mm. Hmotnost krabice je 180 g. Po uvolnění tlaku na krabici ve složeném tvaru dojde samovolně k částečnému rozevření. Při vyrovnání bočních stěn krabice dojde k uzavření dna.

Při automatickém rozkládání krabice v balicí lince je tohoto kroku docíleno vsunutím krabice mezi hnízda na mezioperačním dopravníku.

Papírová proložka má rozměry 335x70 mm a její hmotnost je 20 g.

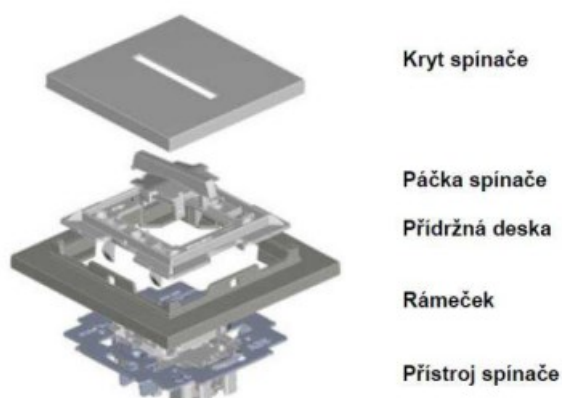
### 1.3.2 Přístroj spínač



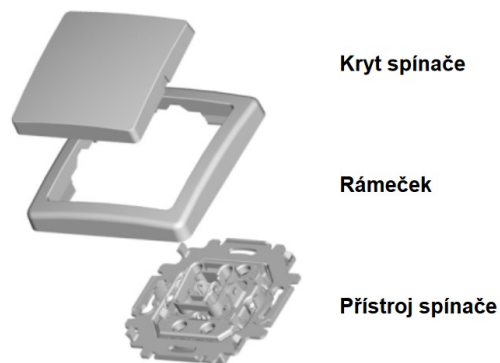
Obr. 15 Přístroj kolébkového spínače [16]

Jedn pólový spínač typu ABB 3559- A01345 se používá jako vybavení pracovních prostor, domácností i nebytových prostor. Spínače jsou konstruovány pro přímé vsazení do omítky nebo také do elektroinstalační skříně. Po instalaci se na spínač dává kryt například design Neo, Element, Tango a další.





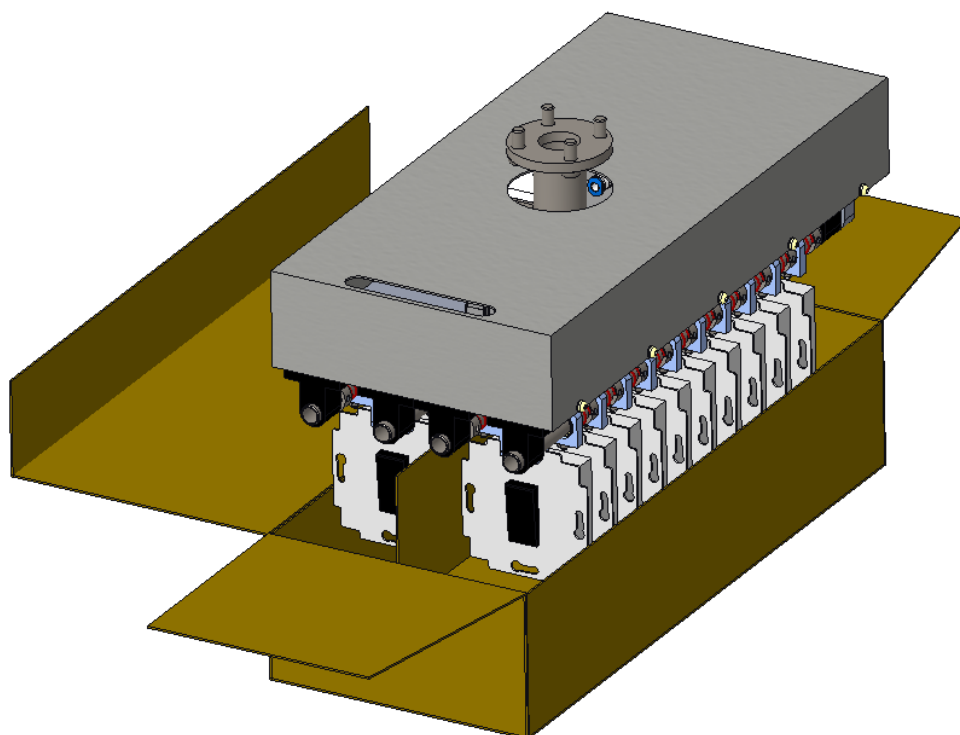
Obr. 16 Sestrojení spínače řady Neo [17]



Obr. 17 Sestrojení spínače řady Swing [17]

Důležitá informace pro automatizaci je hmotnost 46 g a hlavní rozměry 70,8 x 70,8 x 23 mm (Obr. 13). Tyto parametry nám vymezují minimální rozestupy mezi uchycením jednotlivých spínačů na efektoru.

#### 1.4 Informace z 3D modelu

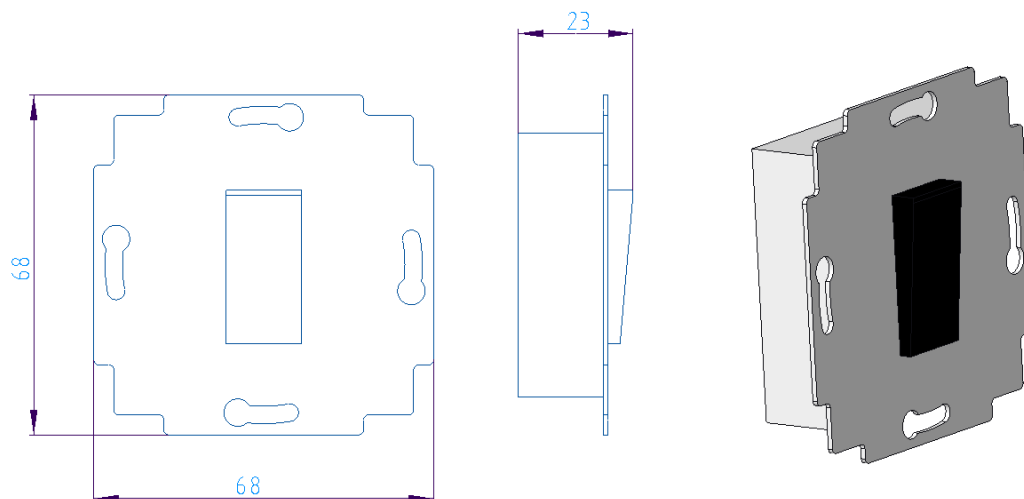


Obr. 18 Vkládání objektů manipulace do krabice [1]



### 1.4.1 3D model spínače

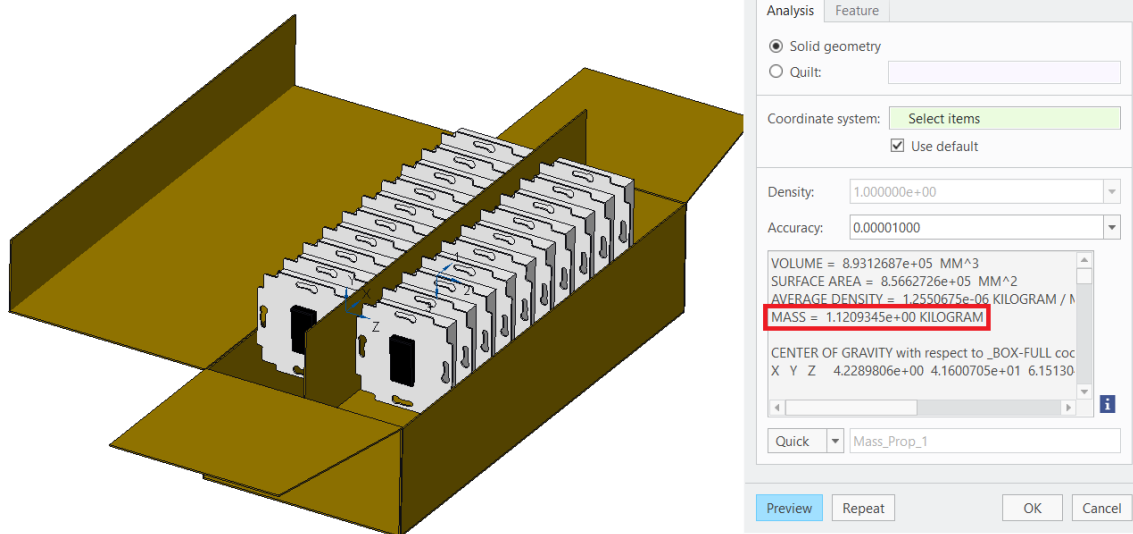
3D model z celkové sestavy balicí linky má odlišné rozměry od zadaných rozměrů v rešerši diplomové práce.



Obr. 19 Rozměry 3D modelu spínače [1]

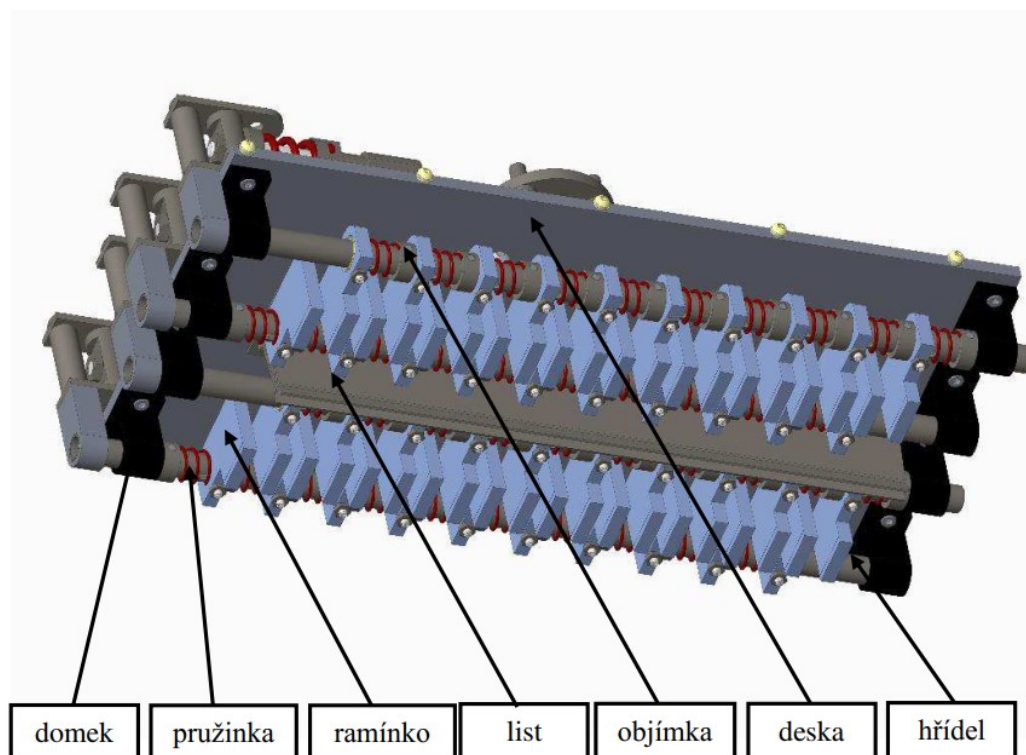
### 1.4.2 Celková hmotnost plné krabice

Celková hmotnost naplněné krabice je 1,12 kg.



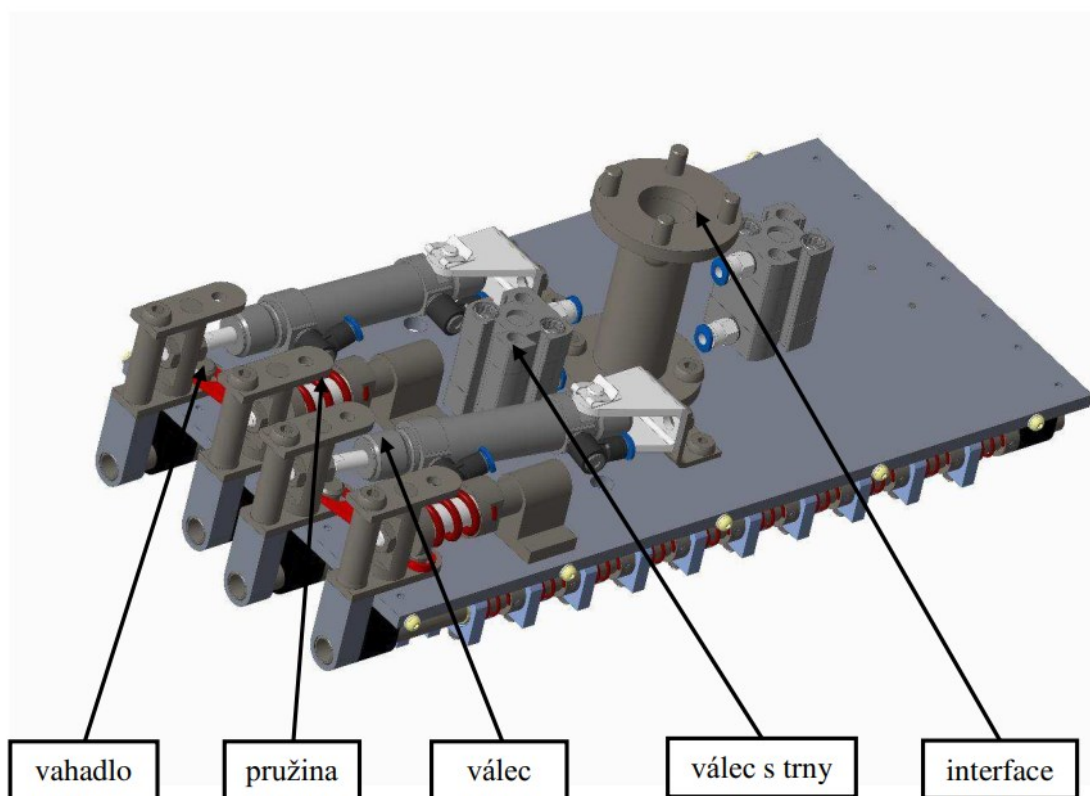
Obr. 20 Celková hmotnost plné krabice [1]

### 1.4.3 Princip upínání spínačů



Obr. 21 Popis spodní strany efektoru [1]

Efektor slouží pro přenesení dvaceti spínačů a kartonové proložky. Proložka je ze zásobníku uchopena mezi dva **listy** upevněné ve středu efektoru. K základové **desce** v ložiskových **domcích** jsou kluzně uloženy duté hřídele s ramínky. **Ramínka** jsou opřena o **objímky** a z druhé strany přitlačovány **pružinkami**, které vyvozují uchopovací sílu.

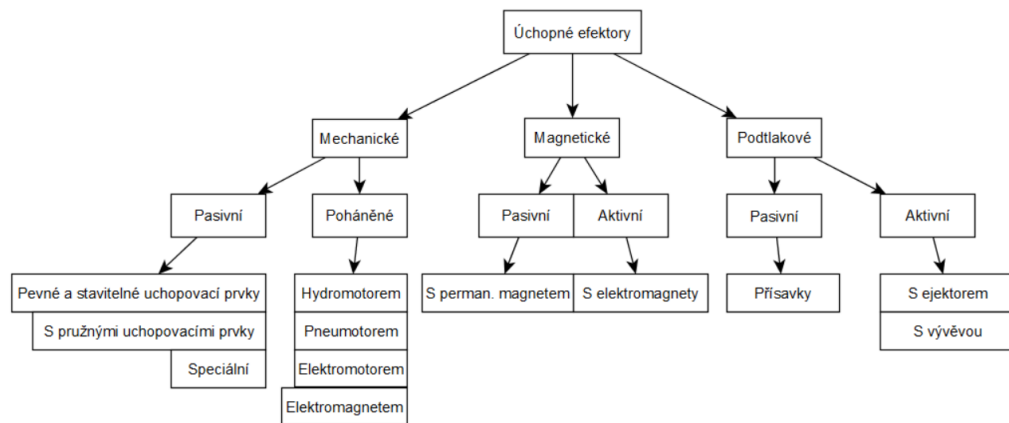


Obr. 22 Popis horní strany efektoru [1]

Efektor je rozdělený na dvě části kdy dvojice hřídelů je vzájemně kloubově spojena **vahadly**. První hřídel dvojice je napojena na **pneumatický válec** a druhá hřídel je propojena s tlačnou pružinou. Tlačná **pružina** vyrovnává síly, které vyvozují spodní pružinky při svírání spínačů. Pneumatické válce vysouvají pístnici v případě, když má dojít k uchopení nebo uvolnění spínačů. Pneumatické **válce s trny** slouží k rozevření listů a uvolnění proložky. Díky rozdělení efektoru na dvě dvojice ramíkových hřídelí je možné uchopovat jednotlivě sady deseti spínačů.

## 2 Rešerše Efektory

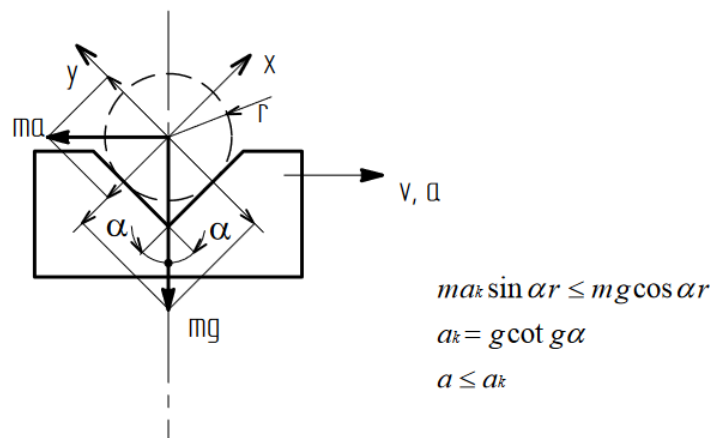
Bakalářská práce se zaměřuje na efektor, který přenáší objekty manipulace, rešerše je tedy zaměřena na koncové efekty úchopné. Koncové efekty úchopné nebo také manipulační slouží k uchopení a následné manipulaci s objektem manipulace. Rozdělujeme je podle řešení uchopovacích prvků na mechanické, magnetické a podtlakové.



Obr. 23 Rozdělení úchopných efektorů

### 2.1 Mechanické pasivní koncové efekty

Mechanické pasivní úchopné efekty patří mezi nejjednodušší, a přesto jsou pro mnohé manipulační úlohy zcela postačující. Tento typ pasivních efektorů nemá žádné pohony a využívá k vyvození uchopovací síly pouze sílu gravitační.



Obr. 24 Podmínka bezpečnosti pro využití pasivního mechanického efektoru [2]

## 2.2 Mechanické aktivní koncové efekty

Mechanické aktivní úchopné efekty používané při manipulaci s objektem využívají dvou a více pohyblivých čelistí. Tyto čelisti mohou být poháněny rotačními nebo lineárními pohony dle výběru pohonné jednotky je provedena transformace pohybu identická nebo neidentická.



Obr. 25 The 2-finger 85 and The 2-finger 140 adaptivní robotické kleště [12]



Obr. 26 Schunk paralelní tříčelist'ový efektor [13]

## 2.3 Magnetické koncové efekty

Koncové efekty s aktivním nebo pasivním magnetem lze využít na uchopování objektů z feromagnetických materiálů. Permanentní magnety mohou být využívány i v prostředí s nebezpečím výbuchu, díky tomu že nepotřebují dodávku energie, jejich nevýhodou je ovšem nutnost přídavného zařízení pro uvolnění objektu manipulace.



Obr. 27 Schmalz magnetické koncové efekty SGM - HP/-HT [14]

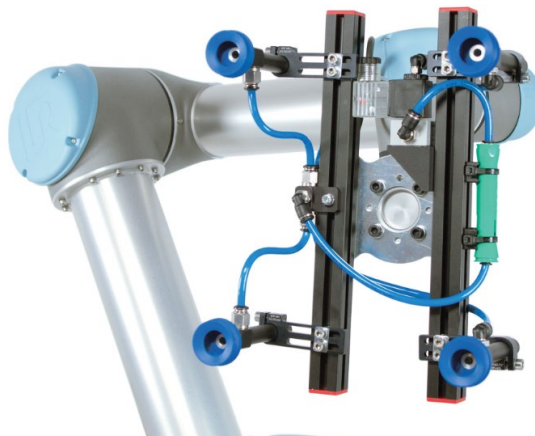
## 2.4 Pneumatické koncové efekty

Pasivní pneumatické efekty jsou tvořeny přísavkami. Výhodou této metody je, že není potřeba rozvod tlakového vzduchu. Nerovnosti nebo znečištěný povrch může dělat problémy, proto existují úpravy konstrukce přísavek, které umožní udržení podtlaku po dobu manipulace s objekty.



Obr. 28 Typy přísavek [15]

Aktivní pneumatické efektory využívají převážně ejektory k vytváření podtlaku. Ejektor využívá průchodu stlačeného vzduchu, který v nejužším místě vytvoří podtlak. Toto místo je propojené s prostorem pod manžetou [2].



Obr. 29 KIT-UR-V Vacuum Gripper [19]

#### 2.4.1 Pneumatický efektor v potravinářství

Tento efektor jsem zahrnul do své práce, protože uchopuje v jednu chvíli více objektů manipulace. Vzhledem mému zadání, kdy mám uchopovat dvacet spínačů jsem hledal jiné varianty úchopu než původní ramínka. Jedním z možností jsou pneumatické ejektory. Problém s využitím varianty s ejektory je potřeba styčné plochy objektu manipulace a ejektoru. Tyto plochy se na spínačích nenacházejí proto není reálné tento typ uchopení využít.



Obr. 30 Efektor firmy SCHMALZ pro uchopování krabiček s čajem [18]



### 3 Požadavkový list

#### 3.1 Objekty manipulace

Spínač ABB 3559- A01345

- Rozměry spínače jsou 70,8 x 70,8 x 23 mm,
- Hmotnost spínače je 46 g
- Spínače budou odebírány z akumulárního dopravníku, kde jsou uloženy v pevných hnízdech. Jsou orientovány za sebou v rozestupech 24 mm (Obr. 10).

Kartonová proložka

- Rozměry proložky 335x70 mm
- Hmotnost proložky 20 g
- Proložka je uložena v zásobníku. Před příjezdem efektoru je jedna proložka vysunuta na výstupu ze zásobníku (Obr. 9).

#### 3.2 Koncový bod manipulace

Otevřená krabice, která je pevně usazena v hnízdech na mezioperačním dopravníku (Obr. 4).

- Vnitřní rozměry krabice 338x156x68 mm

#### 3.3 Požadavky na konstrukci

Počet uchopených kusů – dvě sady po deseti spínačích, jedna kartonová proložka

Pohon – pneumatické válce

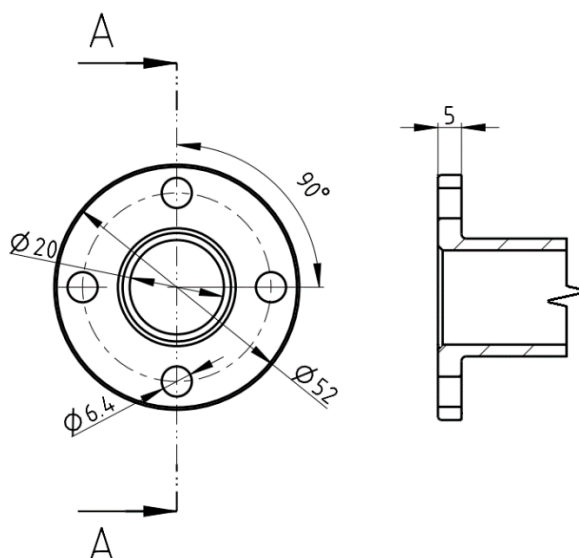
Síla působící na spínač - 0,494 N

Potřebná uchopovací síla na jeden spínač – 2,101 N

Stupeň krytí – IP 2x0

Interface a připojovací rozměry (Obr. 31)





Obr. 31 Interface

### 3.4 Požadavky na celé pracoviště

Dodržení bezpečnostních norem ČSN EN ISO 10218, ČSN EN ISO 13850

Přívod stlačeného vzduchu 6 bar.

Takt linky – každých 40 s. jedna naplněná krabice.

Požadovaná je minimální hmotnost.

Požadavkem je minimalizace ceny.

## 4 Detailní rozpracování efektoru

Rozpracování efektoru spočívá v doplnění spojovacího materiálu, návrhu realizovatelné konstrukce a výrobitelných dílů. Byly zaměněny díly, u kterých by mohly vznikat vůle a konstrukce by ztrácela tuhost. Dále byla doplněna kluzná pouzdra do kluzných domků, na čepy a mezi vzájemně otáčející se díly. Při změnách rozměrů a pozic jednotlivých dílů bylo nutné přepočítat uchopovací sílu a síly jednotlivých pružin.

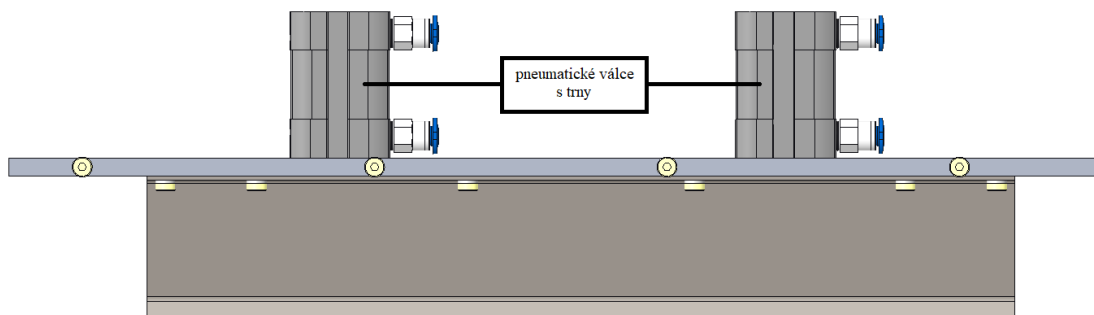
V důsledku možné kolize pneumatického válce a domku proti tlačné pružině, jsem byl nucen přeskládat komponenty na efektoru.

### 4.1 Konstrukční řešení

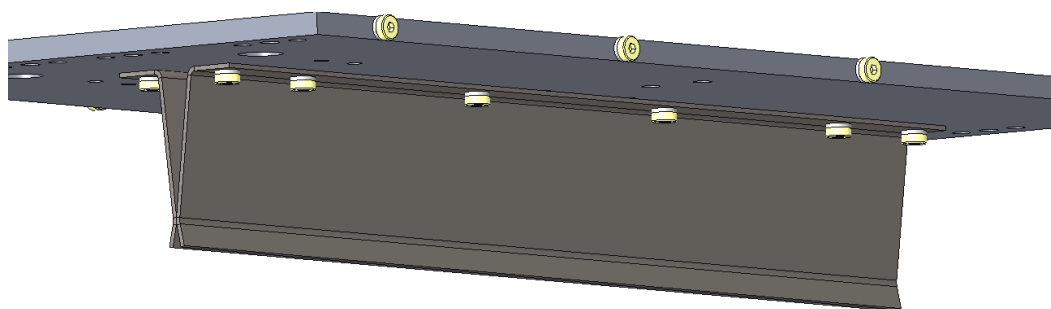
Efektor je navržen s využitím pružin a pneumatických válců. Uchopovací síla je řešena pružinami. Výhoda tohoto řešení je, že při výpadku elektrické energie, nebo poruše pneumatického řetězce, nedojde k uvolnění objektů manipulace a spínače i kartonová proložka zůstanou uchopeny pevně v efektoru.

#### 4.1.1 Uchopování proložky

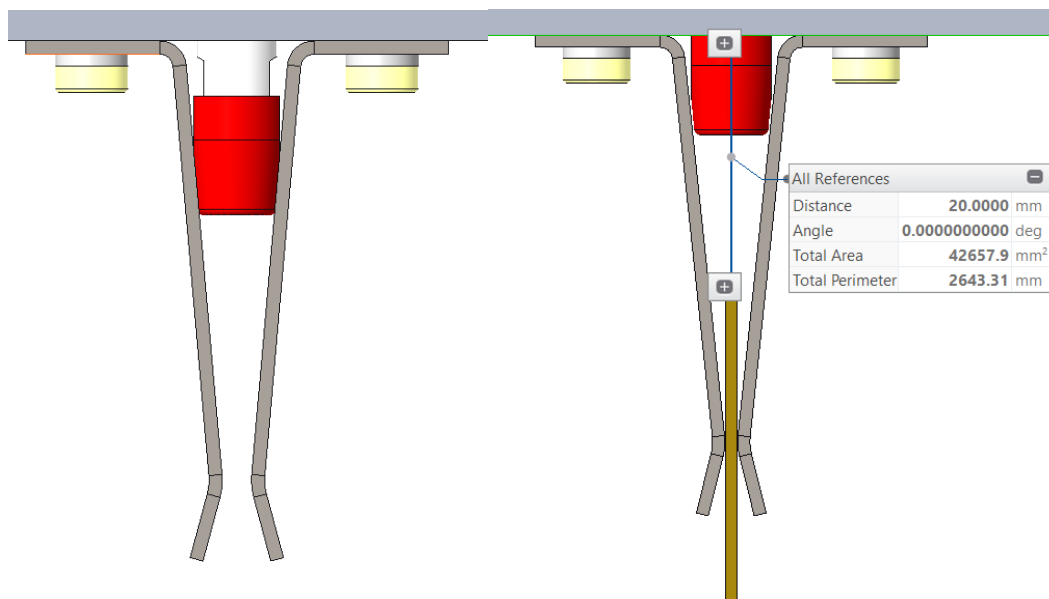
Efektor uchopuje proložku mezi listy. Listy jsou dva ohýbané plechy proti sobě uloženy s předpětím. Před uchopením a uvolněním proložky jsou listy rozevřeny **pneumatickými válci s trny**.



Obr. 32 Pneumatické válce s trny



Obr. 33 Znáornění listů v uzavřené poloze



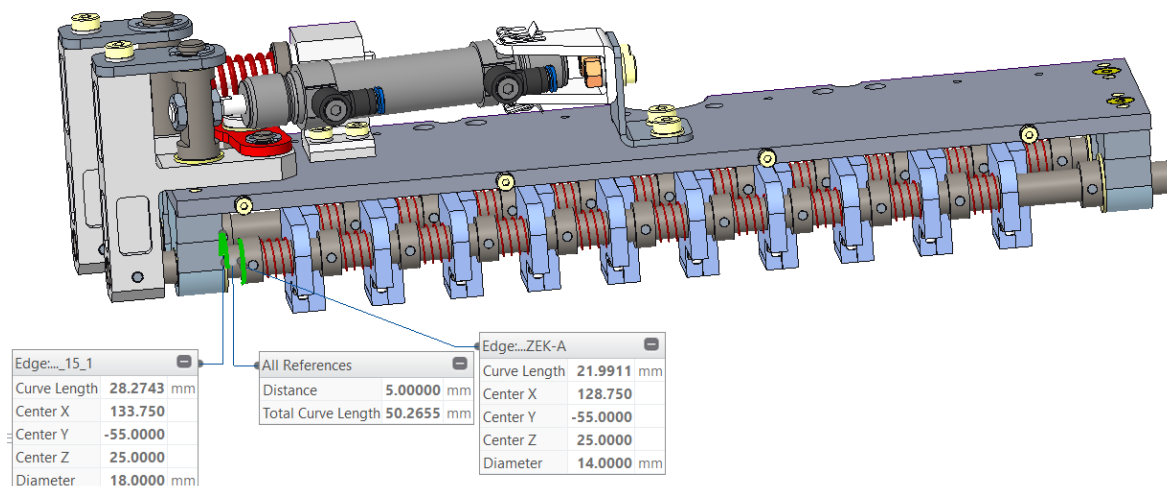
Obr. 34 Rozevřené listy

Obr. 35 Uchopení proložky

#### 4.1.2 Uchopování sady spínačů

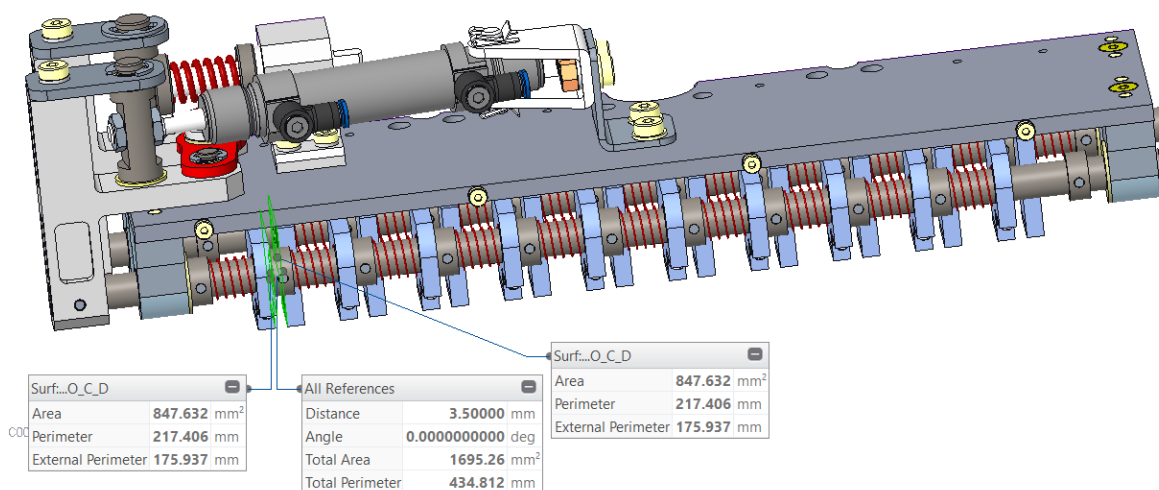
Uchopení jedné řady spínačů je realizováno dvojicí ramíkových hřídelí. Hřídele jsou uloženy v ložiskových domcích a kloubově propojeny vahadlem.

Uzavřená poloha znamená že pneumatický válec má zataženou pístnici a tlačná pružina je ve výchozí poloze (kapitola 4.2.3).



Obr. 36 Dvojice ramíkových hřídelí – uzavřená poloha

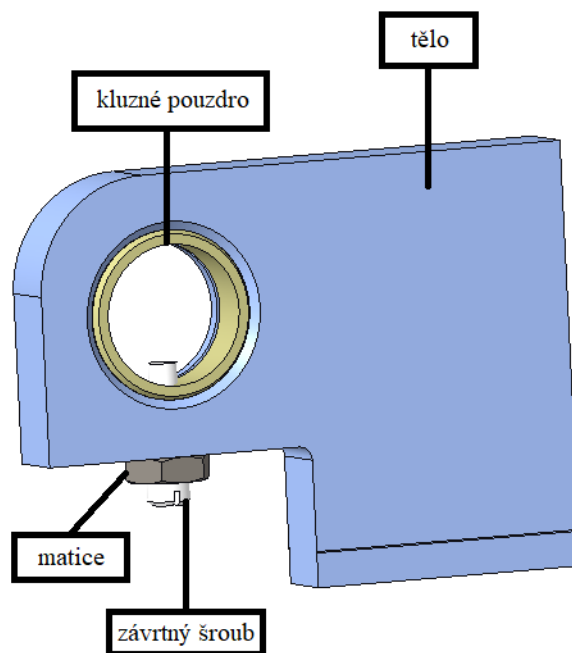
Polohy otevřené je docíleno vysunutím pístnice pneumatického pístu. Při vysouvání pístu dochází k vzájemnému posuvu obou ramíkových hřídelí. Tlačná pružina je stlačována a vyvozuje sílu, kterou musí pneumatický válec překonat.



Obr. 37 Dvojice ramíkových hřídelí – otevřená poloha

#### 4.1.3 Popis ramínka

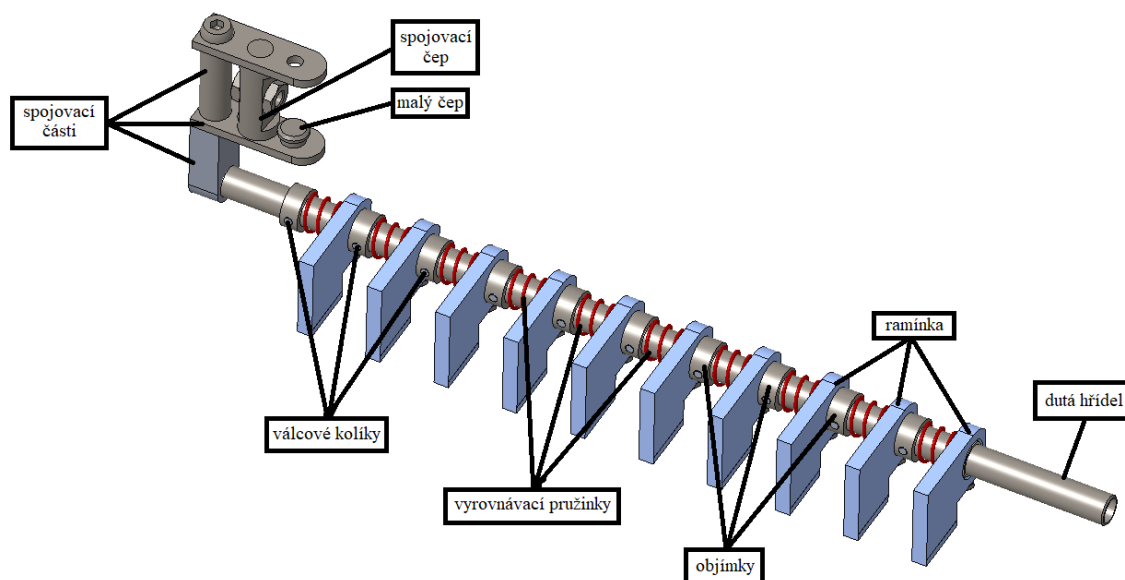
Hliníková ramínka slouží k uchopení spínačů. Konstrukce ramínka se skládá z **hliníkového těla, kluzného pouzdra, závrtného šroubu s drážkou a čepem a maticí.**



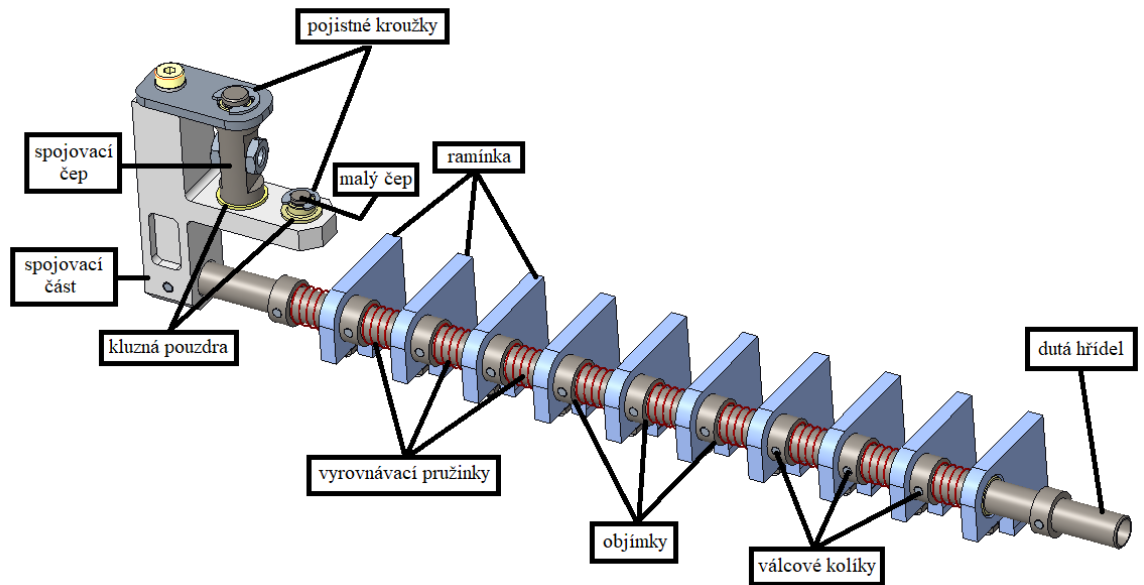
Obr. 38 Ramínko

#### 4.1.4 Popis ramínkové hřídele A, D

Ramínkové hřídele A a D jsou propojeny **spojovacím čepem** s pneumatickými válci. Spojovací čep je uložen v **kluzném pouzdru** ve **spojovací části**, která nahradila složitou konstrukci několika dílů. Ve spojovací části je upevněn **malý čep**, na který je později nasazeno táhlo propojující dvě hřídele. **Dutá hřídel** je vsazena do otvoru ve spojovací části a upevněna **válcovým kolíkem**, který zabraňuje rotaci.



Obr. 39 Popis ramínkových hřídelí A – původní verze [1]

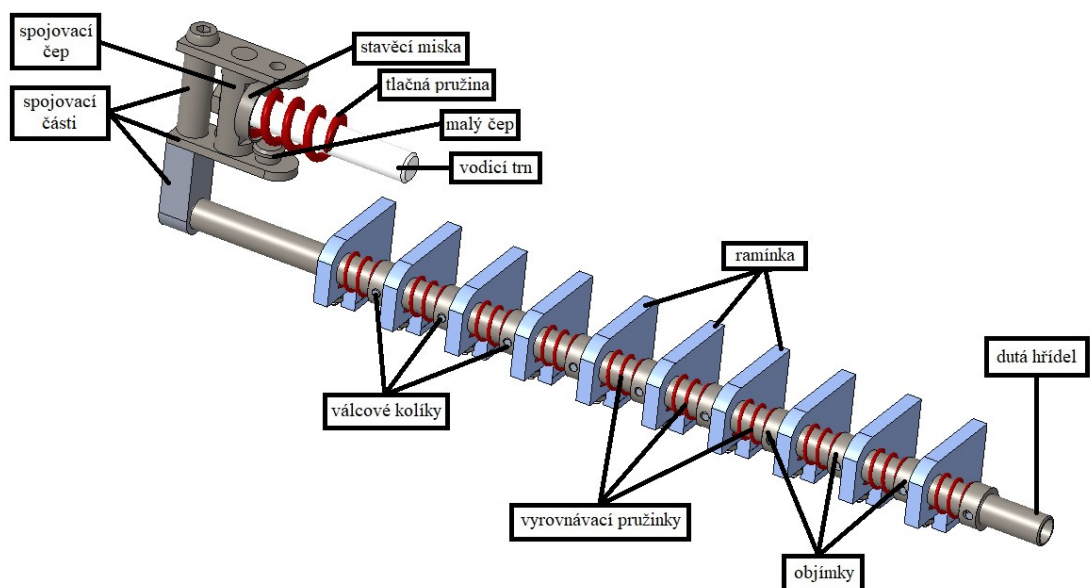


Obr. 40 Popis ramíkových hřídelí A, D

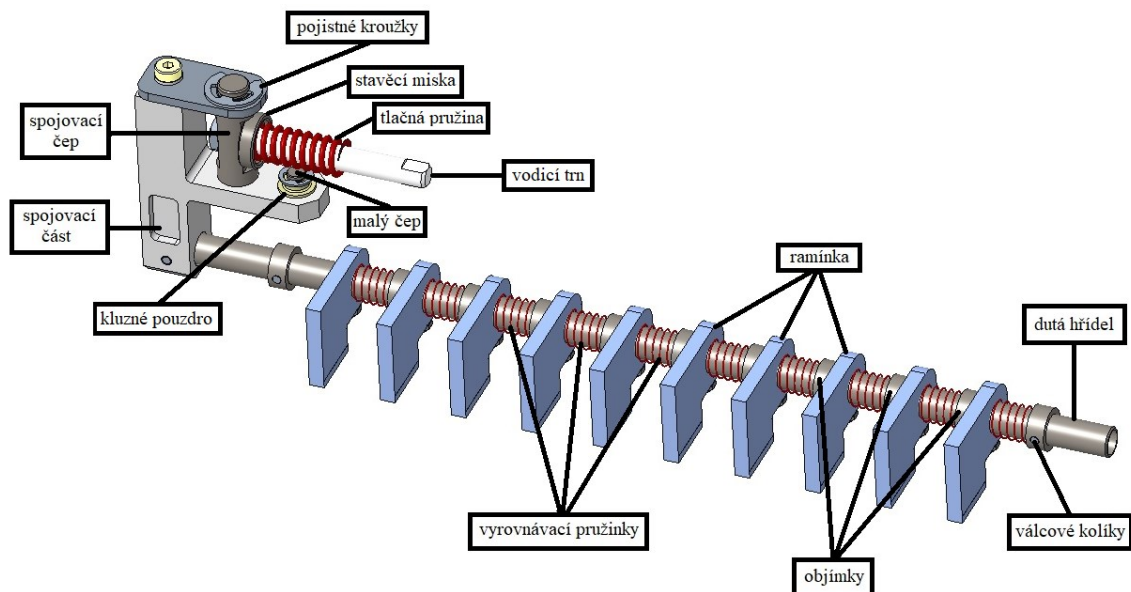
Na dutou hřídel jsou připevněny **objímky**, které vymezují polohu **vyrovnávacích pružinek** a **ramínek**. Dvě vnější objímky vymezují celkový posun ramíkových hřídelí v ložiskových domcích (Obr. 40).

#### 4.1.5 Popis ramíkové hřídele B, C

Ramíkové hřídele B a C má na spojovacím čepu upevněn **vodící trn** s **tlačnou pružinou**. Na malý čep je nasunuto táhlo pro vytvoření kloubového spoje.

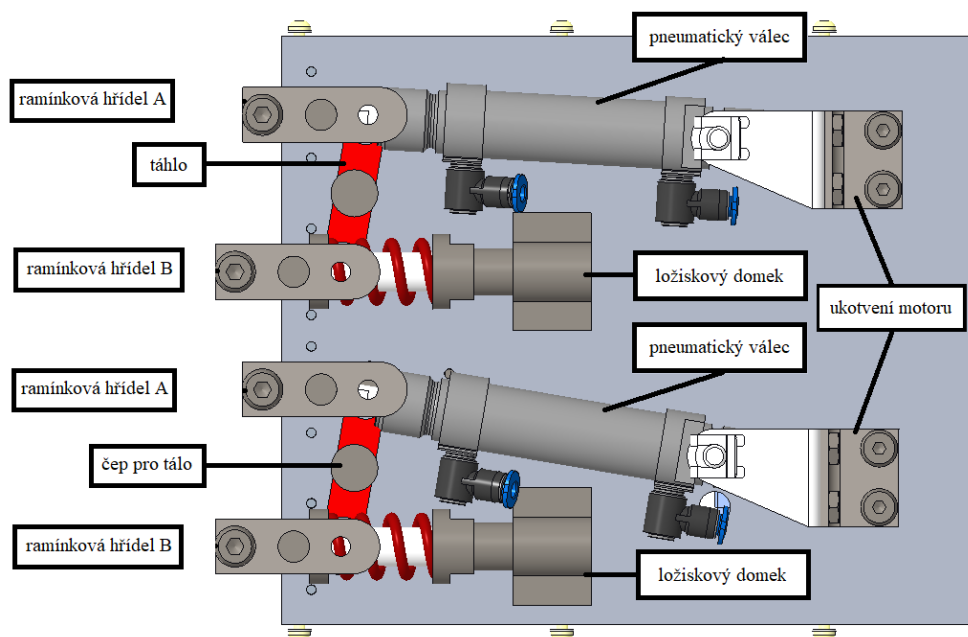


Obr. 41 Popis ramíkových hřídelí B – původní verze [1]

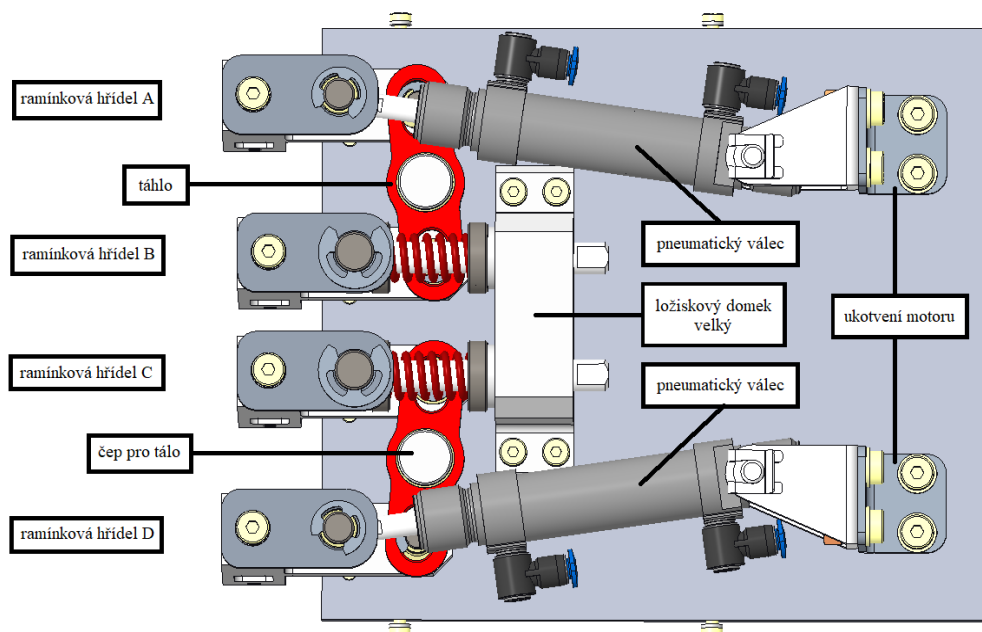


Obr. 42 Popis ramíkových hřídelí B, C

#### 4.1.6 Uchopovací mechanismus



Obr. 43 Uchopovací mechanismus – původní verze [1]



Obr. 44 Uchopovací mechanismus

Ramínkové hřídele B, C jsou opřeny přes tlačné pružiny o **velký ložiskový domek**. Síly vyvozené stlačenými tažnými pružinami jsou při otevřeném stavu přetlačeny **pneumatickými válci**.

Propojení ramínkových hřídelí A a B (C a D) je provedeno **táhlem** otáčeným okolo **čepu**.

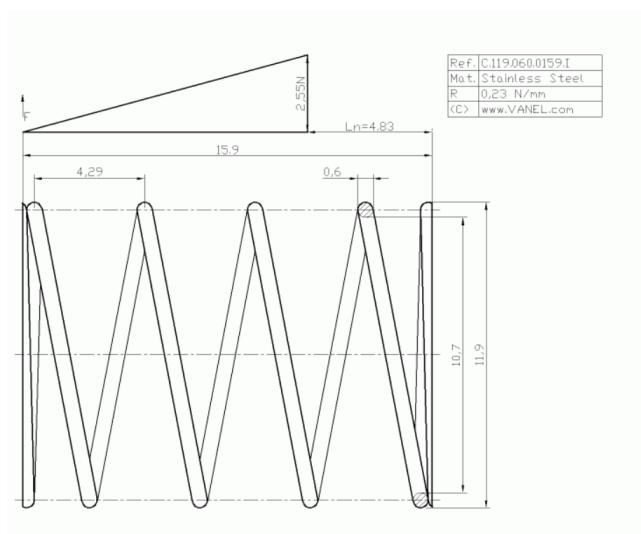
Lineární pohyb jednotlivých ramínkových hřídelí v ložiskových domech je 0 až 5 mm. Pneumatický válec má maximální vysunutí pístnice 10 mm a je upnut k základní desce dílem z ohýbaného plechu. Ohýbaný plech má vypálené drážky pro možné nastavení vzdálenosti a výšky pneumatického válce vzhledem k ramínkovým hřídelím.

## 4.2 Výpočet pružin

V efektoru jsou použity dva druhy pružin. Dvojice vyrovnávacích pružinek vyvozuje sílu pro uchopení jednoho spínače. Tlačné pružiny vyrovnávají dvojici hřídelí do zavřeného stavu. Tlačné pružiny musí vyvodit sílu větší než součet sil deseti párů vyrovnávacích pružinek.



### 4.2.1 Výpočet vyrovnávacích pružin



Obr. 45 Charakteristika vyrovnávacích pružinek C.119.060.0159.I [9]

Výchozí poloha vyrovnávací pružinky je 13 mm:

$$F_{vp,výchozí} = (l_{vp,max} - l_{vp,výchozí}) \cdot R_{vp} = (15,9 - 13) \cdot 0,23 = 0,667 \text{ N} \quad (4)$$

Vyrovnávací pružinka v pracovní poloze je stlačena na 9,25 mm:

$$F_{vp,pracovní} = (l_{vp,max} - l_{vp,pracovní}) \cdot R_{vp} = (15,9 - 9,25) \cdot 0,23 = 1,53 \text{ N} \quad (5)$$

Reálná uchopovací síla dvojice ramínek:

$$F_{OM,realná} = 2 \cdot F_{p,pracovní} = 2 \cdot 1,53 = 3,06 \text{ N} \quad (6)$$

Celková uchopovací síla pro jednu řadu přístrojů:

$$F_{jedna\ řada} = 10 \cdot F_{OM,realná} = 10 \cdot 3,06 = 30,6 \text{ N} \quad (7)$$

$l_{vp,max}$  – délka vyrovnávací pružinky před stlačením

$F_{vp,výchozí}$  – síla vyvozená vyrovnávací pružinkou ve výchozí poloze

$l_{vp,výchozí}$  – délka vyrovnávací pružinky ve výchozí poloze

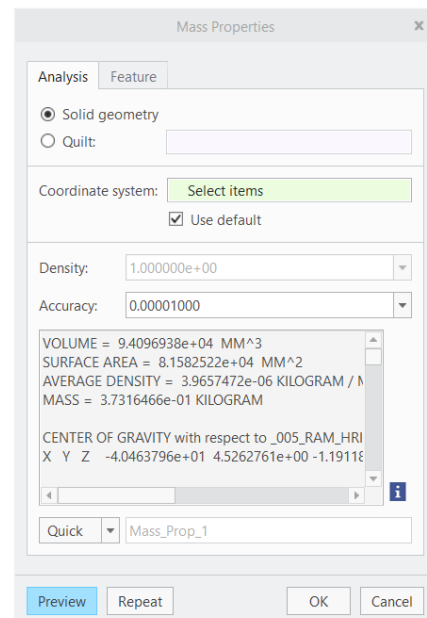
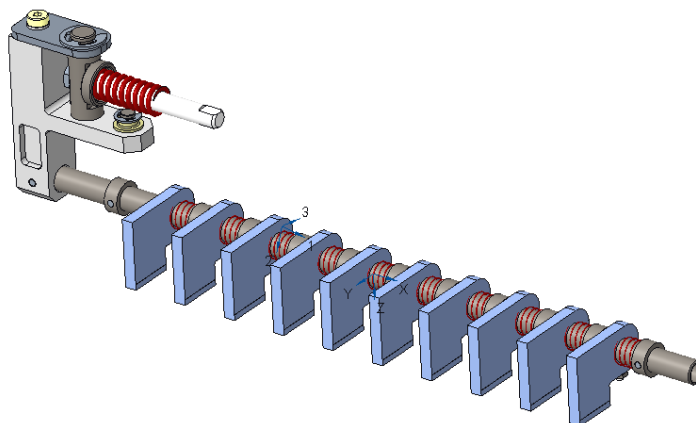
$l_{vp,pracovní}$  – délka vyrovnávací pružinky při sevření spínače

$F_{vp,pracovní}$  – síla vyvozená vyrovnávací pružinkou při sevření spínače

$R_{vp}$  – tuhost vyrovnávací pružiny

## 4.2.2 Výpočet třecích ztrát

Mezi kluznými pouzdry a dutou hřídelí vznikají třecí ztráty které musí být zohledněny ve výpočtu pneumatického válce a tlačné pružiny.

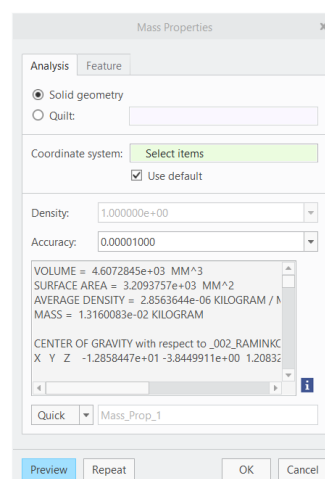
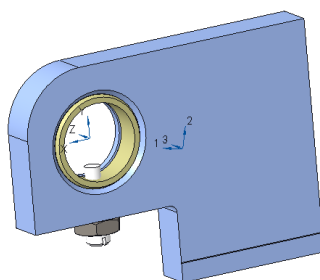


Obr. 46 Hmotnost Ramínkové hřídele  $C m_{rh}$

Třecí ztráty na kluzných pouzdrech v ložiskových domcích:

$$F_{zld} = 2 \cdot f_{ld} \cdot (m_{rh} + 10 \cdot m_{sp})$$

$$F_{zld} = 2 \cdot 0,23 \cdot (0,373 + 10 \cdot 0,046) = 0,383 \text{ N (8)}$$



Obr. 47 Hmotnost jednoho ramínka  $m_r$

Třecí ztráty na kluzných pouzdrech v ramínku:

$$F_{zr} = 10 \cdot [f_r \cdot (2 \cdot m_r + m_{sp})]$$

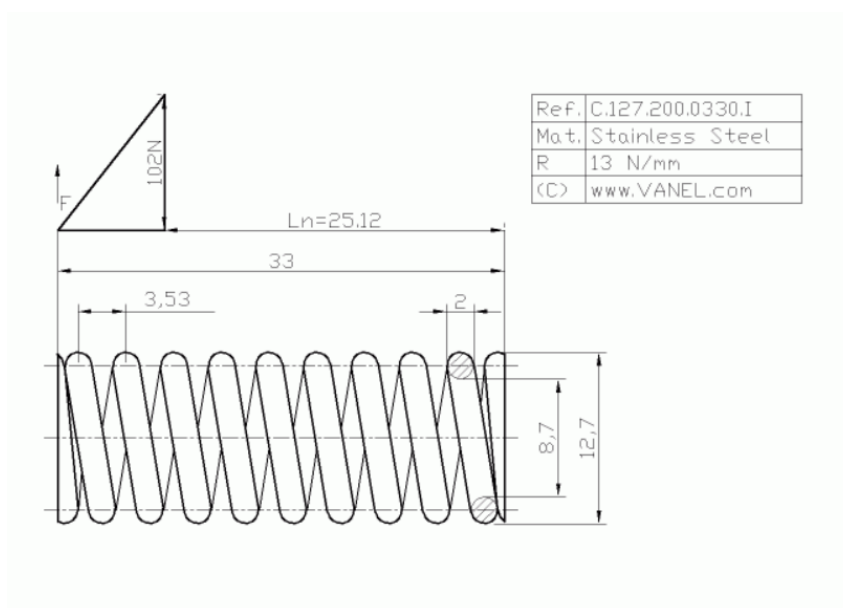
$$F_{zr} = 10 \cdot [0,23 \cdot (2 \cdot 0,013 + 0,046)] = 0,167 \text{ N (9)}$$

Teoretická síla tlačné pružiny:

$$F_{teoretická\ tp} = F_{jedna\ řada} + F_{zld} + F_{zr}$$

$$F_{teoretická\ tp} = 30,6 + 0,383 + 0,167 = 31,15 \text{ N (10)}$$

### 4.2.3 Výpočet tlačné pružiny



Obr. 48 Charakteristika tlačných pružin C.127.200.0330.I [9]

Výchozí poloha tlačné pružiny je 30 mm:

$$F_{tp,výchozí} = (l_{tp,max} - l_{tp,výchozí}) \cdot R_{tp} = (33 - 30) \cdot 13 = 39 \text{ N (11)}$$

Tlačná pružina v pracovní poloze je stlačena na 25 mm:

$$F_{tp,pracovní} = (l_{tp,max} - l_{tp,pracovní}) \cdot R_{tp} = (33 - 25) \cdot 13 = 104 \text{ N (12)}$$

$l_{tp,max}$  – délka tlačné pružiny před stlačením

$l_{tp,výchozí}$  – délka tlačné pružiny ve výchozí poloze

$F_{tp,výchozí}$  – síla vyvozená tlačnou pružinou ve výchozí poloze

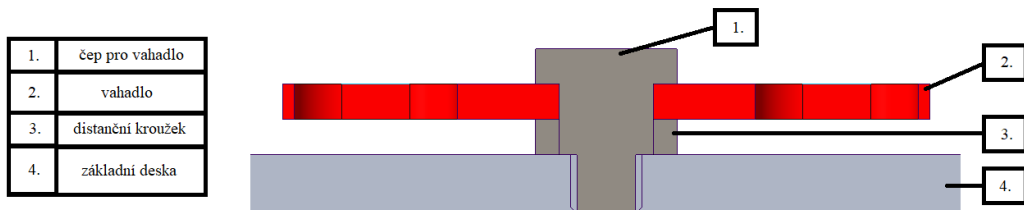
$l_{tp,pracovní}$  – délka tlačné pružiny při sevření spínače

$F_{tp,pracovní}$  – síla vyvozená tlačnou pružinou při sevření spínače

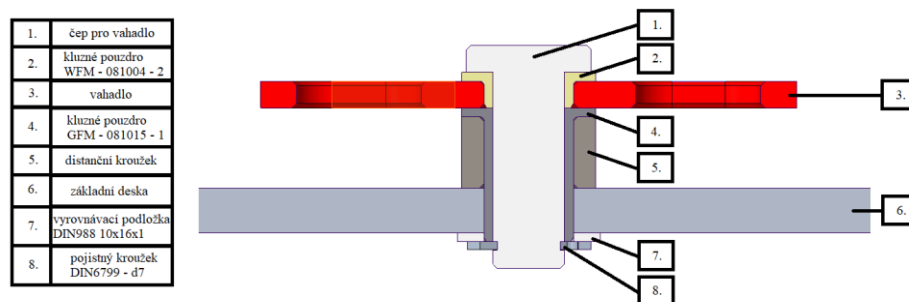
$R_{tp}$  – tuhost tlačné pružiny

Minimální potřebná síla ve výchozí poloze  $F_{tp,výchozí}$  musí být větší než celková uchopovací síla pro jednu řadu přístrojů  $F_{jedna\ řada}$ . Kdyby tato podmínka nebyla splněna mohlo by dojít ke zmenšení uchopovací síly jednotlivých spínačů. To by mohlo mít za následek jejich vysouvání nebo natáčení, popřípadě vypadnutí spínačů z efektoru.

#### 4.2.4 Uložení čepu pro táhlo



Obr. 49 Uložení čepu pro táhlo – původní verze [1]

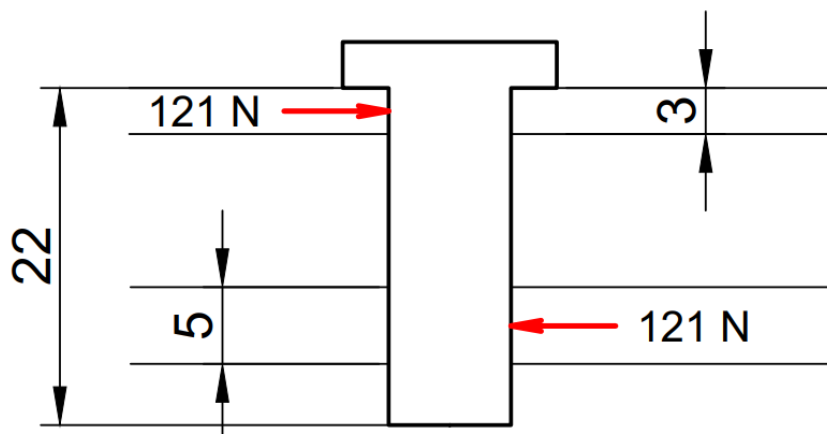


Obr. 50 Uložení čepu pro táhlo

Z důvodu robustnější konstrukce spojovací části muselo dojít k celkovému navýšení mechanismu. Z toho důvodu byl do konstrukce uložení táhla vložen **distanční kroužek**, díky kterému byl mechanismus kloubového spoje zvednut o 8 mm.

**Kluzná pouzdra** se vyrábí v konkrétních číselných řadách. Navrhl jsem **čep** s průměrem 8 mm a k tomu našel příslušná pouzdra. Protože sériově vyráběná kluzná pouzdra s danými průměry se nevyrábí v požadované délce 14 mm, využil jsem pouzdro GFM – 081015-1 jehož délka je 15 mm a přidal jsem normovanou vyrovnávací podložku DIN988 10x16x1 mm.

Materiál čepu je 17 240, Dovolené napětí v ohybu je  $\sigma_{dov} = 210$  MPa.

**Výpočet čepu:**

Obr. 51 Síly působící na čep pro táhlo

Dovolené napětí ve smyku:

$$\tau_{dov} = 0,6 \cdot \sigma_{dov} = 0,6 \cdot 210 = 126 \text{ MPa} \quad (13)$$

Výpočet průměru čepu:

$$d' = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot F_{pohonu}}{\pi \cdot \sigma_{dov}}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 120,6}{\pi \cdot 210}} = 0,901 \text{ mm} \quad (14)$$

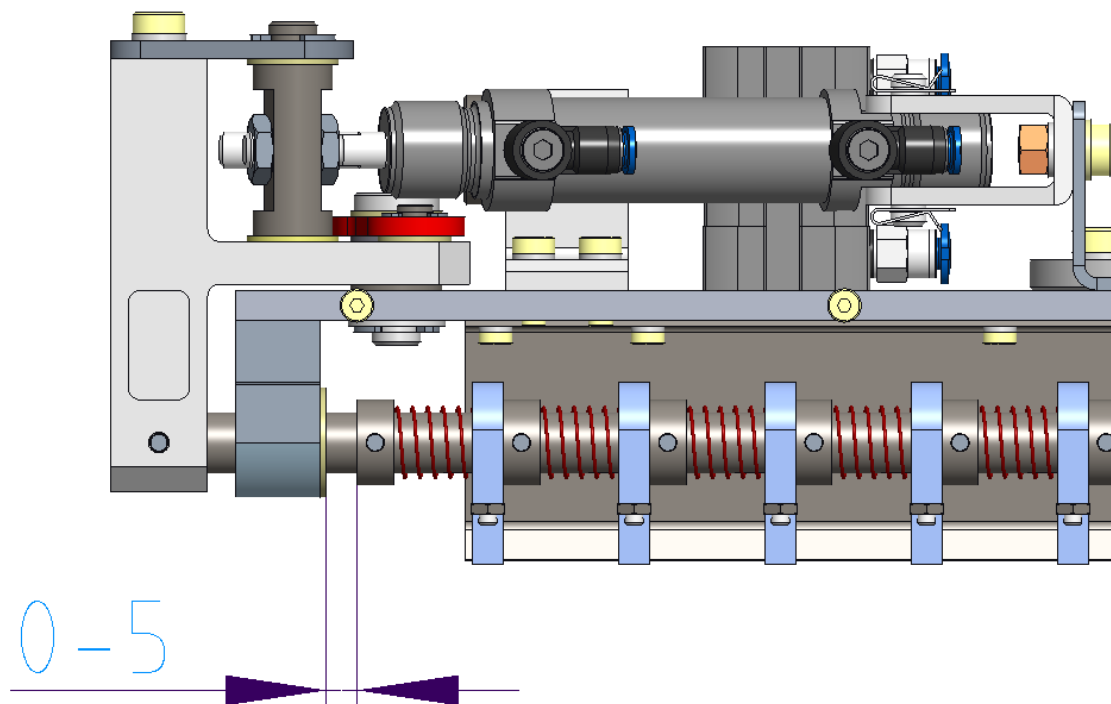
z konstrukčních důvodů volím  $d_{\text{čep}} = 8 \text{ mm}$

Kontrola čepu na smyk:

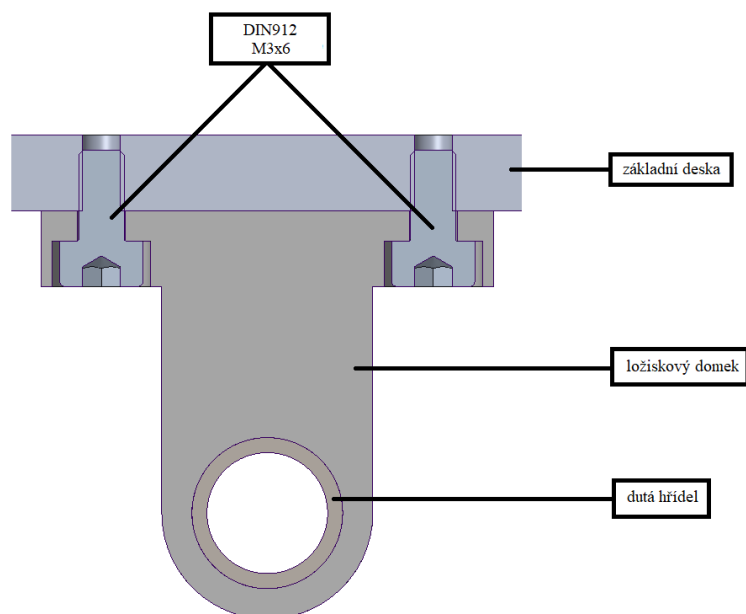
$$\tau_{MAX} = \frac{16 \cdot F_{pohonu}}{3 \cdot \pi \cdot d_{\text{čep}}^2} = \frac{16 \cdot 120,6}{3 \cdot \pi \cdot 8^2} = 3,199 \text{ MPa} \leq 126 \text{ MPa} \quad (15)$$

**4.2.5 Uložení ložiskového domku**

Ložiskové domky slouží k uchycení ramíkových hřídelí. Aby nedocházelo k velkým třecím ztrátám byla do domku vsazena kluzná pouzdra. Dále jsou ložiskové domky navrženy tak aby sloužily jako doraz pohybu ramíkových hřídelí. Na každé ramíkové hřídeli jsou objímky, usazeny tak aby vymezovaly délku pohybu.

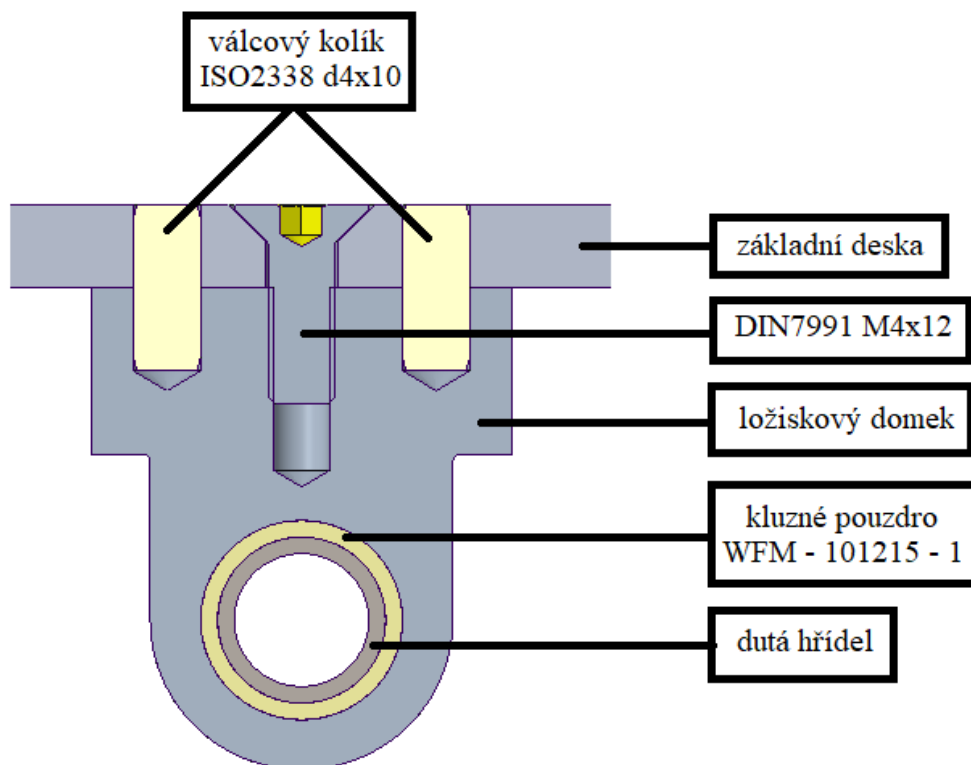


Obr. 52 Rozsah pohybu ramíkových hřídelí



Obr. 53 Ložiskový domek – původní verze [1]

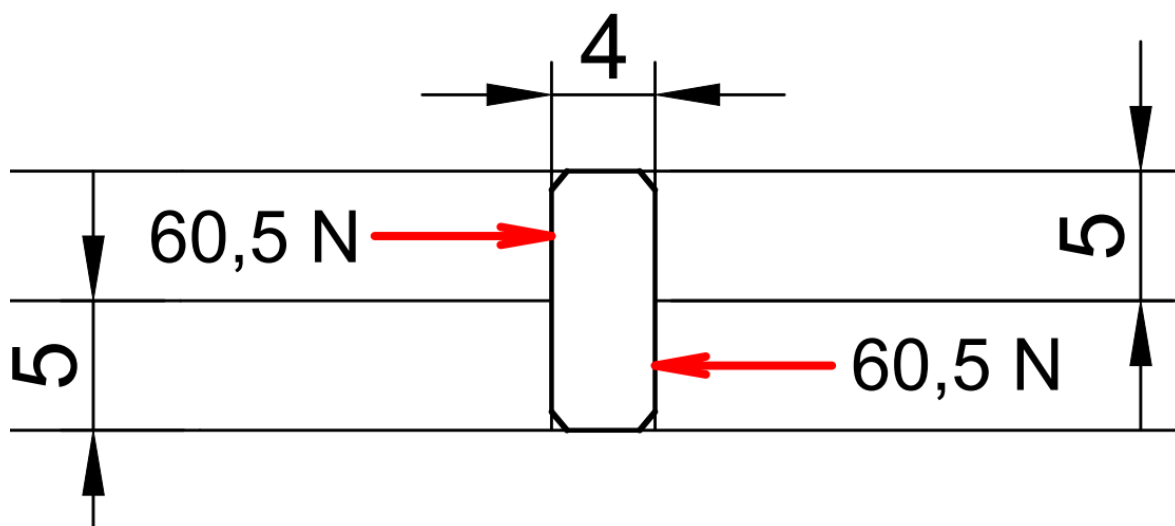
Navržený pneumatický motor má teoretickou sílu při 6ti barech 120,6 N. Při opření ramíkové hřídele dochází k přenesení síly z objímky na ložiskový domek. Z toho důvodu byla konstrukce ložiskových domků posílena dvěma čepy.



Obr. 54 Uložení ložiskového domku

**Výpočet válcového kolíku na:**

Dle normy jsou kolíky vyráběny z oceli 17240. Dovolené napětí v ohybu je  $\sigma_{dov} = 210$  MPa



Obr. 55 Síly působící na jeden kolík v kluzném domku

Dovolené napětí ve smyku:

$$\tau_{dov} = 0,6 \cdot \sigma_{dov} = 0,6 \cdot 210 = 126 \text{ MPa} \quad (16)$$

Výpočet průměru kolíku:

$$d' = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \frac{F_{pohonu}}{2}}{\pi \cdot \sigma_{dov}}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \frac{120,6}{2}}{\pi \cdot 210}} = 0,715 \text{ mm} \quad (17)$$

volil jsem normalizovanou součást  $d_{kolik} = 4 \text{ mm}$

Kontrola kolíku na smyk:

$$\tau_{MAX} = \frac{16 \cdot \frac{F_{pohonu}}{2}}{3 \cdot \pi \cdot d_{kolik}^2} = \frac{16 \cdot \frac{120,6}{2}}{3 \cdot \pi \cdot 4^2} = 6,398 \text{ MPa} \leq 126 \text{ MPa} \quad (18)$$

### 4.3 Volba pneumatických válců

Pneumatické válce pro uchopování spínačů musí vyvodit dostatečně velkou sílu k přetlačení tlačné pružiny. Tlačná pružina při maximálním stlačení vyvodí sílu 104 N (12). Vzhledem k rozměrům a požadované síle byly ponechány pneumatické válce Festo DSNU – 16-10-P-A, který při 6ti barech má teoretickou sílu 120,6 N. Hledal jsem alternativní řešení v jednočinných pneumatických válcích. Konstrukční řešení omezovalo volbu většího válce a jednočinné pneumatické válce s požadovanými rozměry nemají požadovanou teoretickou sílu při pracovních 6ti barech.

## Kruhové válce DSNU



### Rychlé přizpůsobení pro optimální tlumení - bez seřizovacího šroubu

- PPS pro dynamický a jemný pohyb do koncové polohy
- Spolehlivost díky samočinnému nastavení
- Hospodárnost díky rychlejšímu uvedení do provozu
- Spolehlivost díky přizpůsobení se změnám a delší životnost než tlumiče nárazu

### Varianty tlumení P, PPV, PPS

Obr. 56 Základní informace o pneumatickém válci DSNU [7]



Z hlediska tvaru rozměrům a způsobu upevnění se pro uchopování proložky hodily pneumatické válce řady ADN. Byly zde tedy ponechány pohony Festo ADN – 12-10-A-P-A.



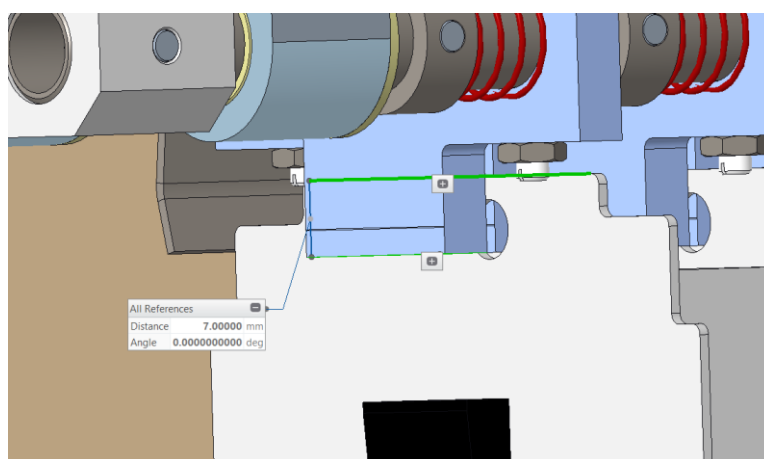
Obr. 57 Pneumatický válec ADN - 12-10-A-P-A [8]

#### 4.4 Vkládání objektů do krabice

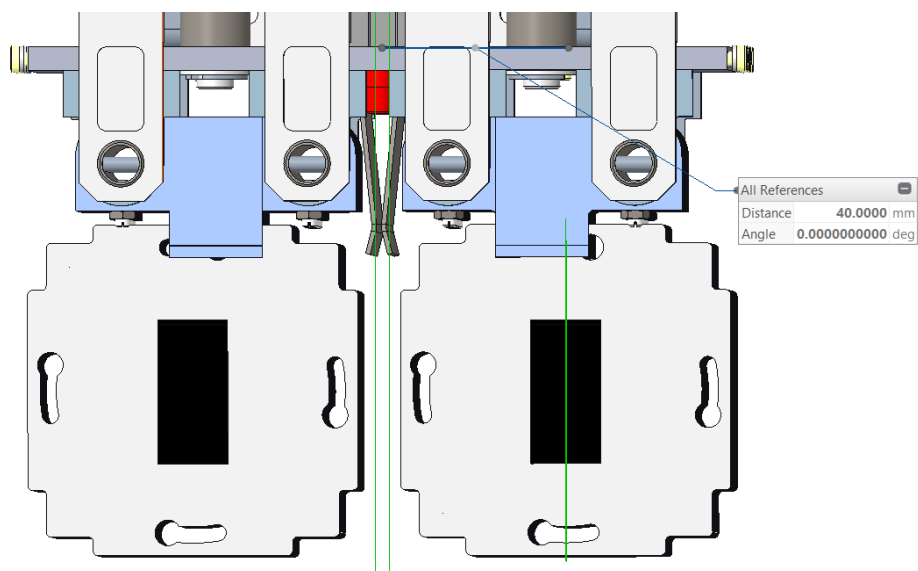
V rešerši jsem se seznámil s objekty manipulace a s efektozem z diplomové práce. Prvním faktem je že krabice měla vnější rozměry 340x140x70. To znamená že dva spínače se vedle sebe nevlézou. Zvolil jsem variantu upravení rozměrů krabice.

##### 4.4.1 Uchopení spínače

Úchop pomocí ramínek není proveden ve středu spínače, ale uchopovací bod je posunut.

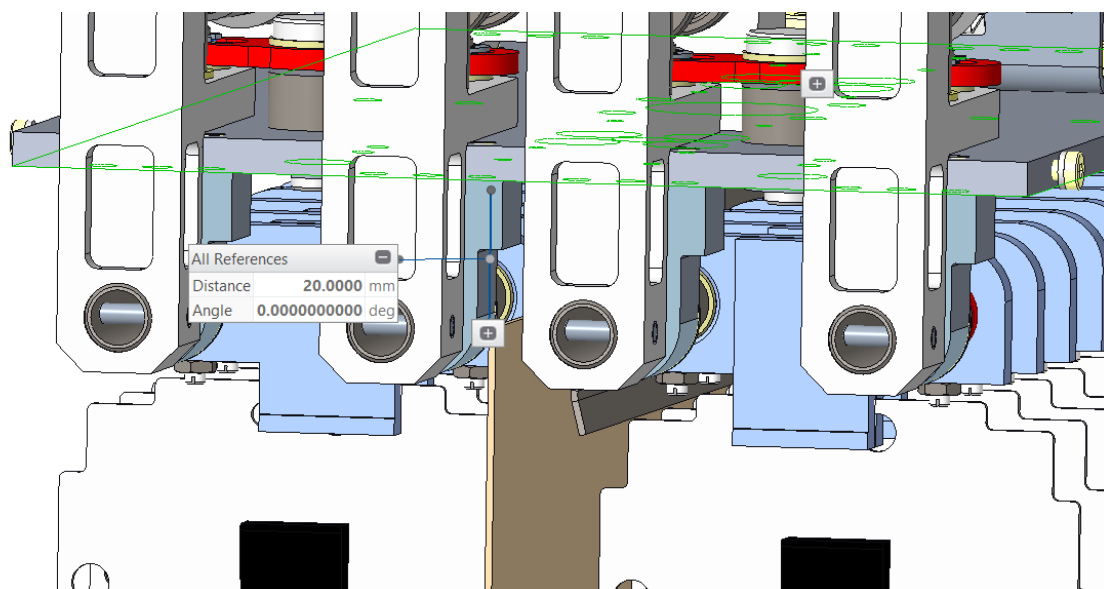


Obr. 58 Výška úchopu ramínka



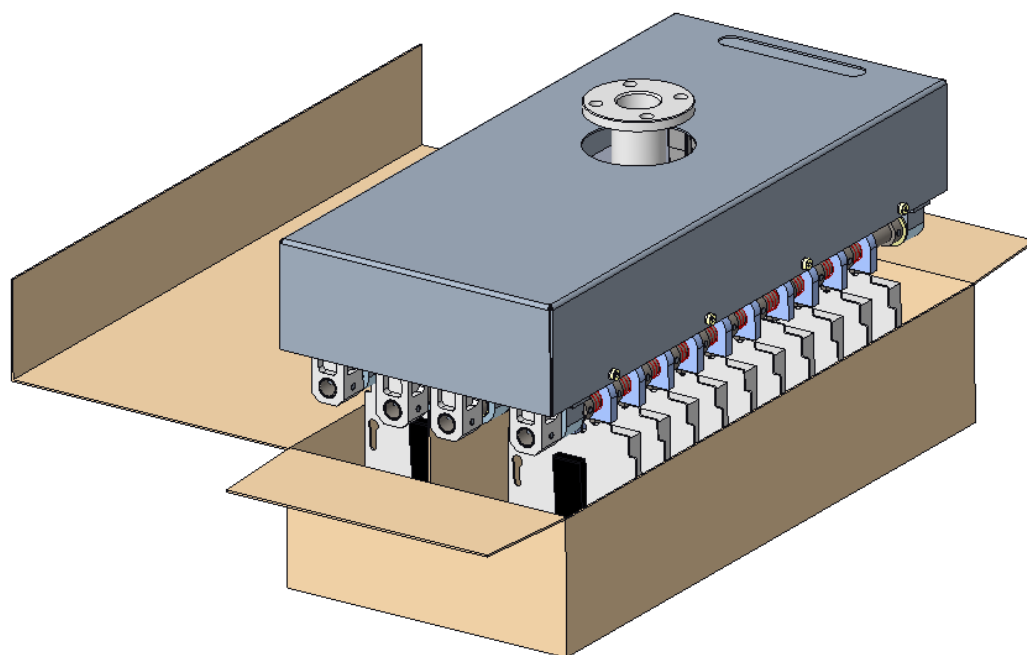
Obr. 59 Vzdálenost středu efektoru od středu spínače

Proložka bude vycentrovaná do středu efektoru a bude uchopena ve vzdálenosti 20 mm od základní desky. Tuto vzdálenost je potřeba dodržet, aby nedocházelo k poškození proložky výtlačnými trny pneumatických válců.



Obr. 60 Vzdálenost uchopené proložky od základní desky efektoru

Podle uchopení objektů manipulace efektozem jsem navrhl nové rozměry krabice, aby vyhovovaly manipulačním vlastnostem efektoru. Vnější rozměry krabice 340x158x70 mm, vnitřní rozměry krabice 338x156x68 mm.



Obr. 61 Vložení objektů manipulace do nové krabice

## 5 Specifikace nakupovaných dílů

V této byl vytvořen souhrn nakupovaných dílů, pohonů, kluzných pouzder, pružin a spojovacího materiálu.

Tabulka 1 Seznam nakoupených dílů a spojovacího materiálu

ID	Součást	Počet kusů	cena/kus	cena celkem
<b>Pohony</b>				
1	Festo DSNU-16-10-P-A	2	1974,21	3948,42
2	Festo ADN-12-10-A-P-A	2	1297,94	2595,88
<b>Pružiny</b>				
3	C-127.200.0330.I	2	64,42	128,84
4	C-119.060.0159.I	40	33,5	1340
<b>Kluzná pouzdra</b>				
5	WFM-1012-15-1	8	65,88	527,04
6	WFM-0810-04-2	4	70,99	283,96
7	AFM-0812-22-1	2	96,23	192,46
8	GFM-0810-15-1	2	42,26	84,52
9	WSM-1012-04-1	40	54,11	2164,4
10	WFM-0608-04-3	4	56,95	227,8
11	JFM-0810-08-1	2	56,86	113,72
<b>Spojovací materiál</b>				
12	Šroub M3x6 DIN7984	12	0,66	7,92
13	Šroub M3x8 DIN7984	8	1,07	8,56
14	Šroub M4x12 DIN7984	4	1,49	5,96
15	Šroub M5x10 DIN7984	4	1,98	7,92
16	Šroub M6x10 DIN7984	4	2,98	11,92
17	Šroub M5x12 DIN7984	4	1,01	4,04
18	Šroub M4x12 DIN7991	8	1,29	10,32
19	Šroub M6x16 DIN7991	8	2,75	22
20	Matice M5 DIN934	4	2,04	8,16
21	Podložka 10x16x1 DIN988	2	1,03	2,06
22	Podložka M5 DIN7091	8	0,1	0,8
23	SCHNORR M3	20	0,47	9,4
24	SCHNORR M4	4	0,45	1,8
25	SCHNORR M5	4	0,74	2,96
26	SCHNORR M6	4	0,76	3,04
27	Kolík 4x10 ISO2338	16	1,08	17,28
28	Pojistný kroužek D7 DIN6799	4	0,6	2,4
29	Pojistný kroužek D5 DIN6799	2	0,3	0,6
30	Kolík 3x14 DIN6325	44	1,27	55,88
31	Kolík 3x18 ISO2338	4	1,03	4,12
32	Matice DIN439 M3	40	0,08	3,2
33	Závrtný šroub M3x10 ISO7435	40	0,38	15,2
<b>SOUCET</b>				<b>11 812,58 Kč</b>

---

## 6 Údržba

Navržené pneumatické válce jsou po namontování kvalifikovaným pracovníkem, zcela bez údržbové. Mazivo ojnice ve válcích je navrženo, aby vydrželo celou životnost pneumatického pohonu. Když je potřeba může být ojnice očištěna měkkým hadříkem, aby nedošlo k poškrábání ojnice. Při častém otírání ojnice hrozí poškození pneumatického válce a zkrácení jeho životnosti.

V ložiskových domcích, ramínkách i u čepů jsou upevněna kluzná pouzdra, která snižují tření mezi dvěma pohyblivými díly. Výrobci garantují při dodržení mezních namáhání pouzder bezúdržbový provoz.

Při pravidelné kontrole balicí linky je vhodné zkontrolovat ložiskové domky, do kterých jsou vlepena kluzná pouzdra, jestli nedošlo k poškození kluzných pouzder vnesením nečistot, nebo jestli nedošlo k uvolnění lepené vazby. Dále je vhodné zkontrolovat upevnění uchopovacích listů, které slouží k sevření proložku.

---

## 7 Závěr

Na základě požadavkového listu jsem podrobně rozpracoval a navrhl konstrukční řešení efektoru na uchopování spínačů a kartonových proložek. Součástí přestavby efektoru byla také změna hlavních rozměrů, což mělo za následek změnu funkčních vlastností efektoru.

Na základě těchto poznatků byly navrženy nové tlačné a vyrovnávací pružiny. Tyto pružiny mají funkci pasivního mechanického uchopovacího systému. Výpočty prokázaly funkčnost efektoru s ponechanými původními pneumatickými válci, nebyl tedy důvod k jejich výměně.

Výpočty uchopovací síly byly prováděny pro stav vyzvednutí spínačů z akumulčního dopravníku. Protože není definováno konkrétní uložení spínačů v hnízdech na akumulčním dopravníku, byly zvoleny pružiny s větší tuhostí pro zvýšení bezpečnosti úchopu.

Čepy pro táhlo byly kontrolovány na stříh. Protože materiál 17240 má velmi dobré mechanické vlastnosti byl teoretický vypočtený průměr 0,901 mm. Rozhodl jsem se zvolit průměr  $d_{\text{čep}} = 8$  mm, protože na tento čep byla nasazována kluzná pouzdra.

Po opravení chyby v 3D modelu objektu manipulace, jsem zjistil že krabice má nedostatečné rozměry pro uložení spínačů. Došlo proto k návrhu nové krabice s vnitřními rozměry 338x156x68mm.

V programu Creo Parametric 4.0 byl zhotoven kompletní 3D model a výkresová dokumentace efektoru.

## Seznam použité literatury

- [1] KUBOVSKÝ, D. *Automatická balicí a paletizační linka přístrojů spínačů: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2017, 84s. Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.
- [2] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory*. první, 2007. Ediční středisko VŠB – TUO. 260 s.
- [3] BENEŠ, V, VÁVRA, P, KLŮNA, J, ŠVERCL, J. *Dílenské tabulky pro školu a praxi*, první vydání: ALBRA. 880 s.
- [4] Standardní válce. *BIBUS Česká republika* [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: <https://www.bibus.cz/prehled-produktu/pneumatika/pneumaticke-pohony/pneumaticke-linearni-pohony/standardni-valce/>
- [5] Tíhové zrychlení – Wikipedie. [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C3%ADhov%C3%A9\\_zrychlen%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C3%ADhov%C3%A9_zrychlen%C3%AD)
- [6] SOUČINITEL TŘENÍ. *Portál pro strojní konstruktéry* [online]. 2013 [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/soucinitel-treni>
- [7] Kruhové válce DSNU | *Festo Czech Republic*. [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cms/cs\\_cz/15869.htm](https://www.festo.com/cms/cs_cz/15869.htm)
- [8] Kompaktní válce ADN | *Festo Czech Republic*. [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products\\_ADN\\_AEN](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_ADN_AEN)
- [9] Tlačné pružiny. *Vanel* [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: <https://www.vanel.com/>
- [10] Třmenové kroužky a pojistné kroužky-*Gufero*. *GUFERO* [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: <https://www.gufero.cz/2592-segerovka-trmenovy-pojistny-krouzek>
- [11] Pojistný kroužek třmenový DIN 6799 - 7 mm – X náradí. *X náradí — levné profesionální náradí, výprodej Fein* [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: <https://www.xnaradi.cz/pojistne-krouzky/din-6799/1-1248/pojistny-krouzek-trmenovy-din-6799-7-mm.html>
- [12] Robotické kleště. *Engineering 360* [cit. 14.05.2019]. [online]. Dostupné z: <https://insights.globalspec.com/article/1693/robotic-grippers-take-on-complex-industrial-tasks>

- 
- [13] Electric gripper - PZH-plus - SCHUNK. *DirectIndustry - The online industrial exhibition: sensors, automation, motors, pumps, materials handling, packaging, etc.* [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/schunk/product-12463-902611.html>
- [14] Magnetic Grippers SGM-HP/-HT Special Grippers | Schmalz. [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: <https://www.schmalz.com/en/vacuum-technology-for-automation/vacuum-components/special-grippers/magnetic-grippers/magnetic-grippers-sgm-hp-ht>
- [15] Přísavky | Chepro. *Úvod | Chepro* [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: <http://www.chepro.cz/drupal/node/61>
- [16] *ELIMA - elektroinstalační materiál* [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: [https://www.elima.cz/storage/3559\\_A01345.jpg](https://www.elima.cz/storage/3559_A01345.jpg)
- [17] *ELIMA - elektroinstalační materiál* [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: [https://www.elima.cz/storage/N\\_EIM\\_1E.pdf](https://www.elima.cz/storage/N_EIM_1E.pdf)
- [18] Vacuum End Effectors VEE. Schmalz [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: <https://www.schmalz.com/en/vacuum-technology-for-automation/vacuum-components/vacuum-area-gripping-systems/vacuum-end-effectors-vee/>
- [19] 8011 KIT-UR-V Vacuum Gripper for Universal Robots - KIT UR V. [online]. [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: <https://www.emicorp.com/item/KIT%2BUR%2BV/8011-KIT-UR-V-Vacuum-Gripper-for-Universal-Robots/>
- [20] Přístroj spínače jednopólového ABB 3559-A01345 [online]. 2006 [cit. 14.05.2019]. Dostupné z: <https://www.elima.cz/obchod/3559-a01345-pristroj-spinace-jednopoloveho-abb-p-359.html>



## **Poděkování**

Rád bych zde vyjádřil své poděkování vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Lukáši Podešvovi za cenné a podnětné rady při řešení problematiky mé bakalářské práce. Také bych mu rád poděkoval za čas, který byl ochoten věnovat mně a mé práci na konzultacích.

---

## Seznam příloh

### Výkresová dokumentace

- Celkový sestavný výkres efektoru – ESP-KM-00-01
- Sestavný výkres ramínka – ESP-KM-00-02
- Výrobní výkres Interface – ESP-KM-00-03
- Výrobní výkres Velkého ložiskového domku – ESP-KM-00-04
- Výrobní výkres Trnu pro tlačnou pružinu – ESP-KM-00-05
- Výrobní výkres Vahadla – ESP-KM-00-06
- Výrobní výkres Stojanu pro pohony – ESP-KM-00-07

### Disk CD

- Konecny\_Michal\_text\_BP.pdf
- ESP-KM-00-01.pdf
- ESP-KM-00-02.pdf
- ESP-KM-00-03.pdf
- ESP-KM-00-04.pdf
- ESP-KM-00-05.pdf
- ESP-KM-00-06.pdf
- ESP-KM-00-07.pdf
- PNEUMATICKY\_OBVOD\_SCHEMA.pdf
- KATALOG\_DSNU\_16\_10\_P\_A.pdf
- KATALOG\_ADN\_12\_10\_A\_P\_A.pdf
- 3D MODEL CELKOVÉ SESTAVY EFEKTORU