

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

NÁVRH ZÁSOBNÍKU S POSUVEM A ORIENTACÍ GUMOVÉ UCPÁVKY

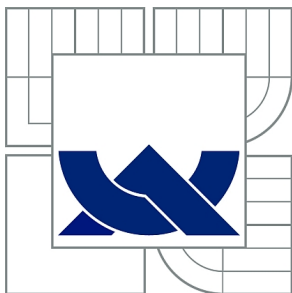
DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. FILIP LAURENC

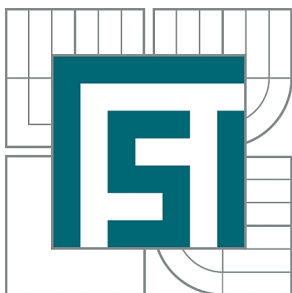
BRNO 2012





**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A  
ROBOTIKY**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND  
ROBOTICS

## **NÁVRH ZÁSOBNÍKU S POSUVEM A ORIENTACÍ GUMOVÉ UCPÁVKY**

SUGGESTION OF CASE FEEDER FOR ORIENTATION GUM PLUG

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. FILIP LAURENC**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. MILOŠ SYNEK**

BRNO 2012



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Filip Laurenc

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

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

### **Návrh zásobníku s posuvem a orientací gumové ucpávky**

v anglickém jazyce:

### **Suggestion of case feeder for orientation gum plug**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte konstrukční řešení zásobníku s posuvem a orientací gumové ucpávky.

Cíle diplomové práce:

Konstrukční návrh zásobníku a výkresová dokumentace.

Seznam odborné literatury:

Kolíbal, Zdeněk

Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. PRaM Kolíbal, Zdeněk 1. vyd. Brno VUT Brno 1993 189 s. ISBN 80-214-0526-0

Kolíbal, Zdeněk

Průmyslové roboty II. Konstrukce výstupních hlavic a periférií Kolíbal, Zdeněk 1. vyd. Brno PC DIR 1993 165 s. ISBN 80-214-0533-3

Ehrenberger, Zdeněk

Průmyslové roboty III. Robotické systémy vyšších generací Ehrenberger, Zdeněk 1. vyd. Brno VUT Brno 1993 145 s.

Bělohoubek, Pavel

Průmyslové roboty IV. Projektování výrobních systémů s PRaM Bělohoubek, Pavel 1. vyd. Brno VUT Brno 1993 88 s. ISBN 80-214-0532-5

Pokorný, Karel

Stavba elektrických strojů I Pokorný, Karel Praha SNTL 1984 185 s.

internet a stránky jednotlivých výrobců

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miloš Synek

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 1.12.2011


L.S.

---

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

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

|   |  |  |
|---|--|--|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky |  |
|   | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |  |

**Klíčová slova:**

Vibrační zásobník, konstrukční návrh, posuv a orientace polotovaru.

**Klíčová slova - anglicky:**

Vibratory feeder bowl, construct design, movement and orientation intermediate product

**Abstrakt:**

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout řešení orientace a posuvu polotovaru.

**Abstrakt - anglicky:**

The main target of this diploma thesis was to make suggestion orientation and movement product.







Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Prohlášení:**

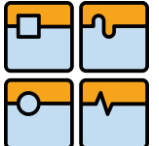
Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s využitím rad a poznatků vedoucího diplomové práce Ing. Miloše Synka a na základě uvedených podkladů v seznamu použité literatury.

V Brně dne 20. 5. 2012

.....

podpis



|   |  |  |
|---|--|--|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky |  |
|   | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |  |

### **Poděkování**

Zde bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Miloši Synkovi za cenné rady a připomínky a taky bych rád poděkoval všem, kteří mě při tvorbě mé práce podporovali.

### **Bibliografická citace mé práce:**

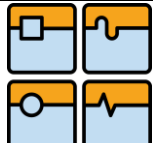
LAURENC, F. *Návrh zásobníku s posuvem a orientací gumové ucpávky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 62 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Miloš Synek.





## OBSAH

|   |    |
|---|----|
| 1. ÚVOD.....  | 14 |
| 2. REŠERŠE PROBLEMATIKY ZAŘÍZENÍ S POSUVEM A ORIENTACÍ..... | 15 |
| 2.1. NÁSYPKA.....   | 16 |
| 2.2. MECHANISMUS ZACHYCENÍ A ORIENTACE .....                | 17 |
| 2.2.1. TRATĚ.....   | 20 |
| 2.3. ZÁSOBNÍKY .....  | 21 |
| 2.4. ODMĚŘOVACÍ MECHANISMUS .....                           | 22 |
| 2.5. KONTROLNÍ ZAŘÍZENÍ.....                                | 24 |
| 3. NÁVRH .....  | 26 |
| 3.1. KONTROLOVANÁ SOUČÁSTKA.....                            | 27 |
| 3.1.1 CHYBY VÝROBY.....                                     | 29 |
| 3.2. VIBRAČNÍ ZÁSOBNÍK.....                                 | 30 |
| 3.2.1. NÁSYPKA VIBRAČNÍHO ZÁSOBNÍKU.....                    | 30 |
| 3.2.2. ORIENTAČNÍ PRVKY .....                               | 33 |
| 3.2.3. VIBRAČNÍ POHON .....                                 | 35 |
| 3.3. ZÁSOBNÍK.....  | 37 |
| 3.4. PODÁVACÍ MECHANISMUS.....                              | 40 |
| 3.5. KONTROLNÍ UMÍSTĚNÍ.....                                | 42 |
| 3.5.1. KAMEROVÝ SYSTÉM .....                                | 45 |
| 3.5.2. ÚZKÉ MÍSTO.....                                      | 49 |
| 3.6. TŘÍDÍCÍ MECHANISMUS .....                              | 51 |
| 3.7. OK, NOK SOUČÁSTI.....                                  | 52 |
| 4. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....                               | 59 |
| 5. ZÁVĚR.....   | 60 |
| 6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....                             | 61 |
| 7. SEZNAM PŘÍLOH na DVD .....                               | 62 |

|  |  |         |
|--|--|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 14 |
|  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

## 1. ÚVOD

V mé diplomové práci se budu zabývat automatizací daného procesu kontroly a řešením všech problémů s tím souvisejících. Všeobecně je známo že:

*„Automatizace označuje použití řídicích systémů (např. regulátorů, počítačů, snímačů) k řízení průmyslových zařízení a procesů. Z pohledu industrializace jde o krok následující po mechanizaci. Zatímco mechanizace poskytuje lidem k práci zařízení, které jim usnadňuje práci, automatizace snižuje potřebu přítomnosti člověka při vykonávání určité činnosti.“ [1]*

Touto definicí rozumíme, že jde o vytvoření procesu, který ke své činnosti nepotřebuje asistenci člověka, a toho dosáhneme za použití nynějších technologií. Ačkoli je to práce velice náročná a některými lidmi je považována za zbytečnou, výsledky jsou při zavedení automatických procesů jasně patrné ve zvýšení produkce a přesnosti vykonávané činnosti. Nejvíce se projevuje u velkosériové výroby a při práci s velkým počtem součástí.

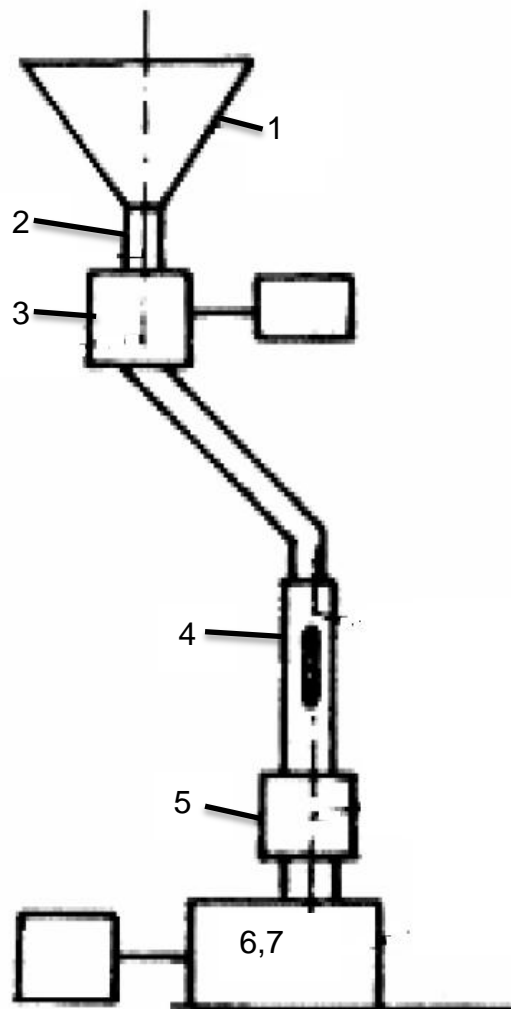
Při pochopení hlavních problémů člověk zjišťuje, že existuje nespočet různých variant automatizace jednoho stejného procesu a otázkou jen zůstává najít optimální řešení jak po stránce technické tak ekonomické. Proto je důležité projít si co nejvíce řešení a vybrat nejlepší variantu.

V první části jsem se tedy zabýval rešerší, možnostmi řešení a už funkčními systémy v provozu. Dalším krokem bylo vytvoření různých variant řešení a závěrem byl konstrukční návrh nejlepší varianty s ekonomickým zhodnocením.



## 2. REŠERŠE PROBLEMATIKY ZAŘÍZENÍ S POSUVEM A ORIENTACÍ

Plně automatické zařízení umožňující posun, orientaci a kontrolu polotovaru musí obsahovat několik částí. Tyto části jsou vidět na Obrázku 1, kde je zobrazeno a 1. násypka, 2. mechanismus pro zachycení objektu z násypky, 3. mechanismus pro orientaci objektu, 4. zásobník, 5. odměřovací mechanismus, 6. kontrolní zařízení a 7. podávací zařízení. Části budou rozebírat postupně v kapitolách a později budou zobrazeny vhodné varianty každého potřebného mechanismu.



Obrázek 1 Podávací zařízení se zásobníkem [2]

Podobná technologie automatizace se používá pro podávací zařízení u automatizovaných výrobních strojů při podávání polotovarů do prostoru stroje.

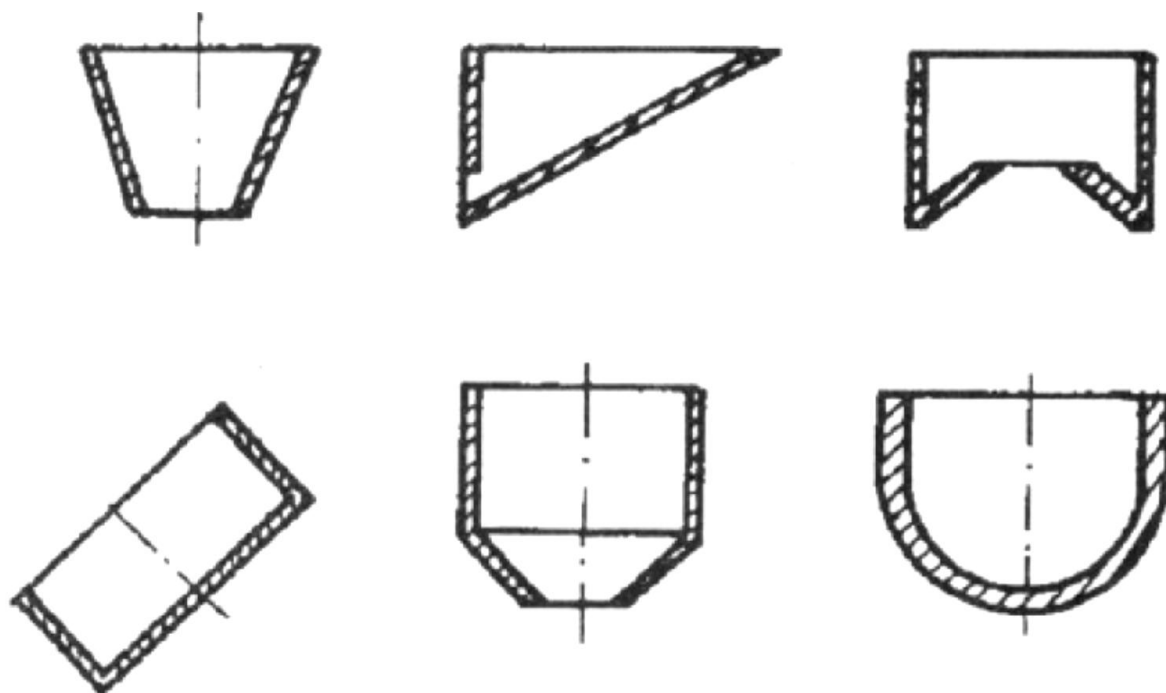
## 2.1. NÁSYPKA

Násypka je určena k umístění neorientovaných dílů v libovolné poloze a tedy i jako zásobárna dopravovaných dílů. Může jí předcházet předzásobník nebo dopravník, pokud násypka nepojme celou dávku nebo se chceme vyhnout manuálním doplňováním fyzickou osobou. Násypky jsou vyrobeny z různých materiálů, například svařeny z plechu materiálu nerezové oceli třídy 17 nebo konstrukční oceli třídy 11, mohou být frézovány z duralu nebo hliníku a podobně. Povrchové úpravy se vždy volí s ohledem na dopravovaný materiál. Nejčastější úpravy jsou broušení, polyuretanový nástřik, vylepení pryží nebo tkaninami.

Násypky lze rozdělit do dvou skupin:

- nepotřebují materiál orientovat
- potřebují materiál orientovat

Příklady tvarů násypek jsou zobrazeny na Obrázku 2.



Obrázek 2 Nejčastější tvary násypek [2]





## 2.2. MECHANISMUS ZACHYCENÍ A ORIENTACE

Mechanismy zachycení a orientace součástky jsou součástí násypky, jeho provedení je závislé na tvaru a vlastnostech materiálu v násypce, slouží především k zorientování dopravovaných součástí do zásobníku. Zachycení je prováděno buď za vnitřní nebo vnější povrch dopravovaného dílce, popřípadě do výřezu podle tvaru tělesa. Mechanizmy je možno rozdělit podle pohybu záchytného členu:

- přímočarý vratný
- kývavý pohyb
- otáčivý pohyb

Orientace však není možná u všech polotovarů, na Obrázku 4 a 5 jsou zobrazeny hlavní příklady.



Obrázek 3 Příklady typických částí z průmyslu [3]




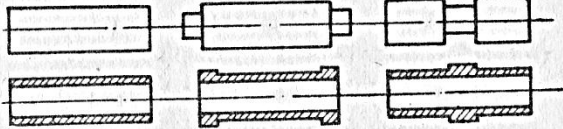
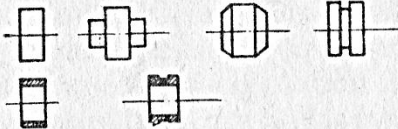
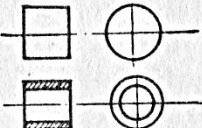
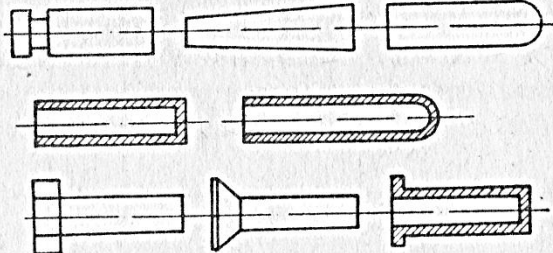
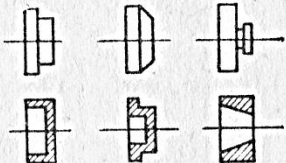
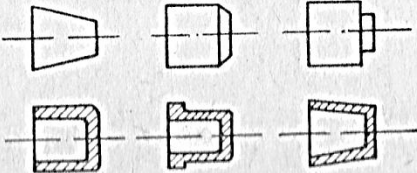
DIPLOMOVÁ PRÁCE

| Skupina                  | Poměr charakt. rozměrů  | Název         | Příklady součástí |
|--------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|
| Tři roviny souměrnosti   | $\frac{l}{b} \gg 1$     | desky hranoly |                   |
|                          | $\frac{l}{b} \approx 1$ | desky hranoly |                   |
|                          | $\frac{l}{b} \gg 1$     | desky hranoly |                   |
| Dvě roviny souměrnosti   | $\frac{l}{b} \approx 1$ | desky hranoly |                   |
|                          | $\frac{l}{b} \gg 1$     | desky hranoly |                   |
| Jedna rovina souměrnosti | $\frac{l}{b} \approx 1$ | desky hranoly |                   |

Obrázek 4 Ploché předměty [2]



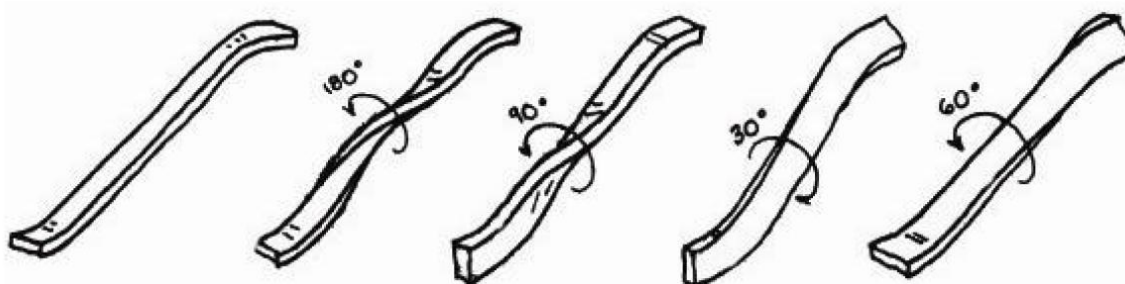
DIPLOMOVÁ PRÁCE

| Skupina                                 | Poměr charakteristických rozměrů | Název                          | Příklady součástí   |
|---|----------------------------------|--------------------------------|---|
| I Dvě osy otáčení jsou osami symetrie   | —                                | —                              |    |
| II Jedna osa a jedna rovina souměrnosti | $\frac{l}{d} \gg 1$              | hřídele<br>pouzdra             |     |
|   | $\frac{l}{d} \ll 1$              | kotouče<br>kroužky             |    |
|   | $\frac{l}{d} \approx 1$          | válečky<br>duté válečky        |  |
| III Jedna osa souměrnosti               | $\frac{l}{d} \gg 1$              | hřídele<br>pouzdra<br>svorníky |   |
|   | $\frac{l}{d} \ll 1$              | kotouče<br>kroužky             |   |
|   | $\frac{l}{d} \approx 1$          | válečky<br>kryty               |   |

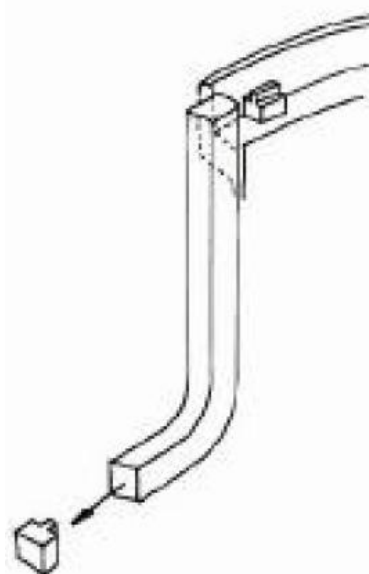
Obrázek 5 Rotační předměty [2]

### 2.2.1. TRATĚ

Pomoc při orientaci nám můžou takzvané „tratě“. Tratě gravitačně nebo pohonem uskutečňují posun součástek do nějakého místa, ale také je při přesunu mohou nasměrovat, tak jak potřebujeme. Příklady jsou vidět na Obrázcích 6,7,8.



Obrázek 6 "S" typ trati gravitační [3]



Obrázek 7 "J" typ trati gravitační [3]



Obrázek 8 Vodorovná trať poháněná [3]

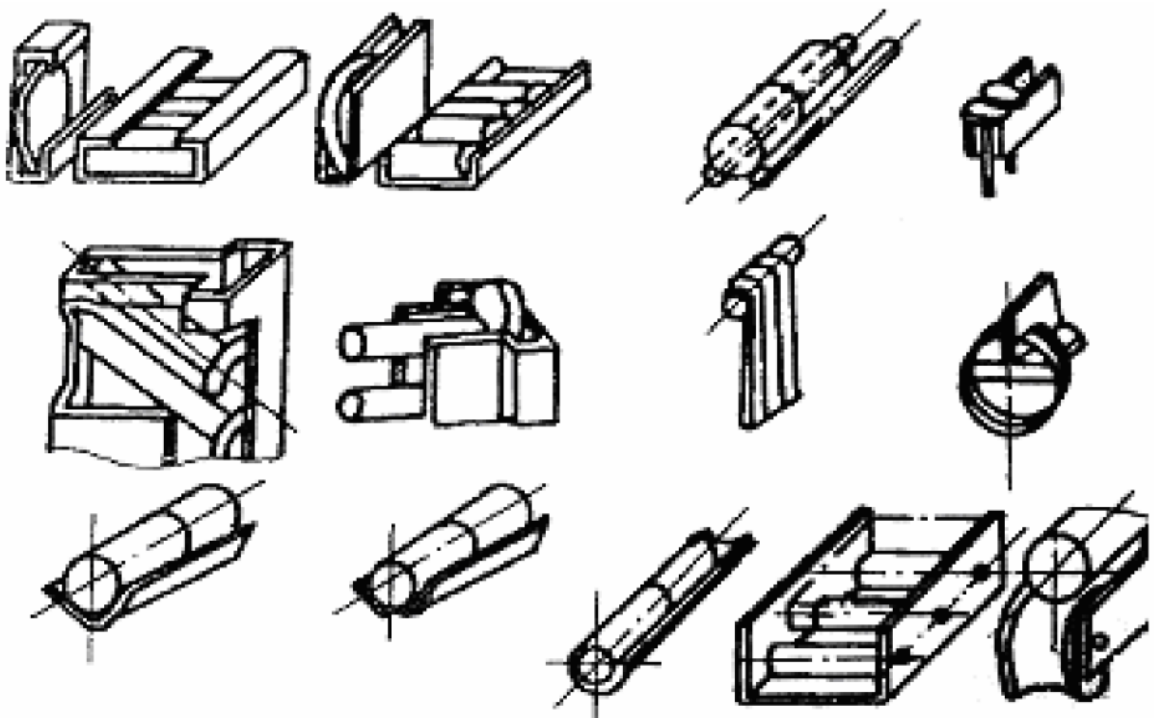


### 2.3. ZÁSOBNÍKY

Zásobníky jsou využívány pro vyrovnání nerovnoměrného zásobování z násypky a jejich nutnou kapacitu lze zjistit pouze experimentálně ze zákona změny výkonu záchytného mechanismu. Jsou tedy jen dva případy:

- střední výkon záchytného mechanismu je roven výkonu stroje
- střední výkon záchytného mechanismu je větší než výkon stroje

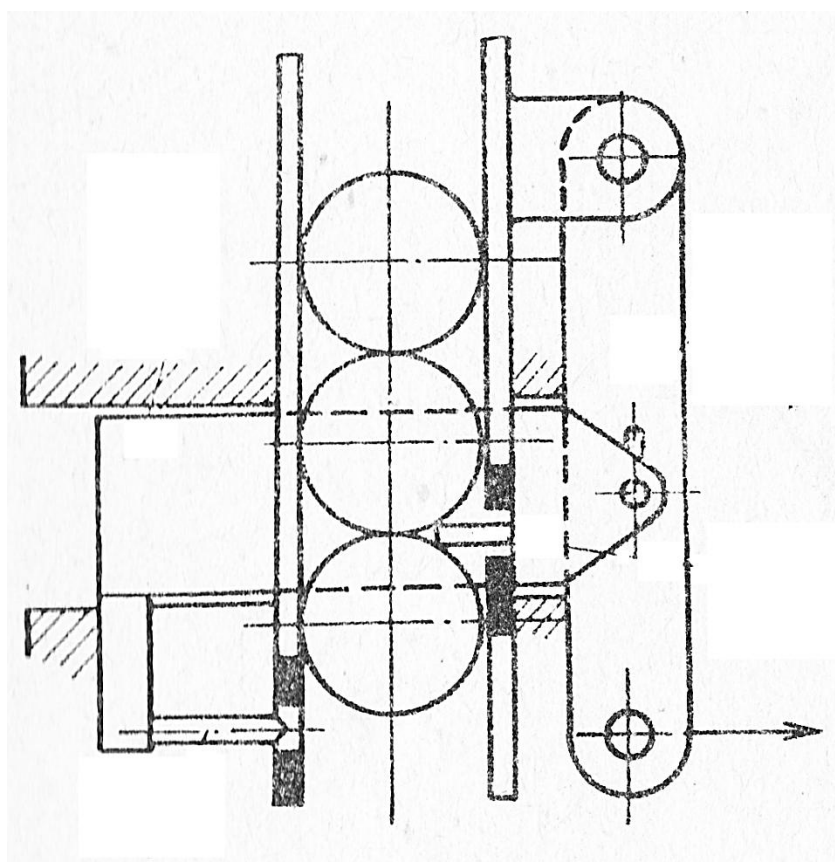
Zásobníky jako takové dělíme na zásobníky gravitační, kdy se dopravovaný materiál pohybuje jen díky gravitační síle a zásobníky s nuceným pohybem, kdy je polotovaru udílěna pohybová energie skrze pohon. Na Obrázku 9 je zobrazen jeden příklad zásobníků, tyto zásobníky jsou kluzné a jsou poháněné vlastní tíhou.



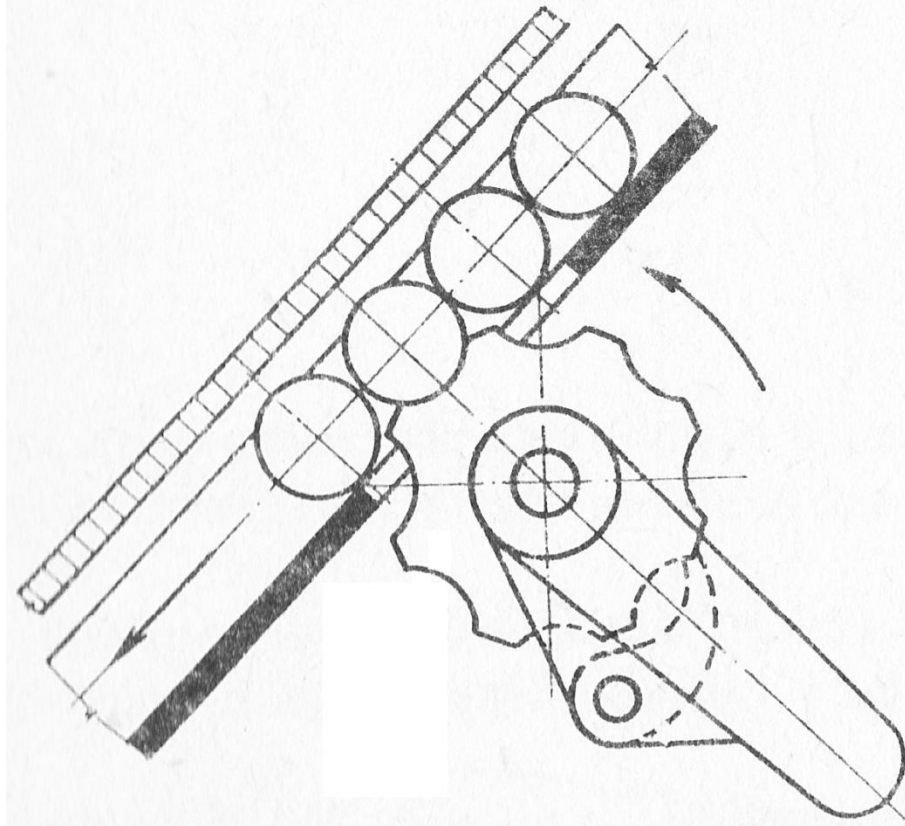
Obrázek 9 Žlábkové zásobníky [2]

## 2.4. ODMĚŘOVACÍ MECHANISMY

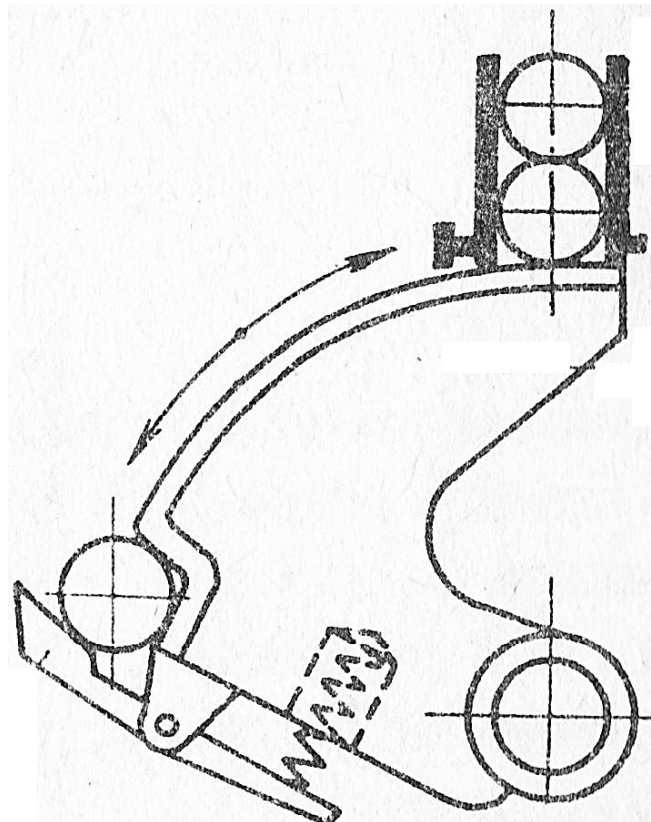
Slouží k oddělování jednotlivých polotovarů ze zásobníku, a také můžou počítat počet prošlých součástek, někdy jsou spojené s podávacím mechanismem. Odměřovací mechanismy se podle provedení rozdělují na tyčkové (Obrázek 10), bubnové (Obrázek 11) a kyvadlové (Obrázek 12). Veškeré mechanismy fungují tak, že jeden polotovar zastaví a druhý pustí, ostatní už je dáno technickou konstrukcí. Jak už bylo zmíněno, někdy bývají součástí podávací mechanismy, které dopravují daný předmět ze zásobníku do pracovního prostoru stroje. Ty se rozdělují podle druhu pohybu, který vykonávají na přímočarý vratný pohyb (Obrázek 13 a), kývavý pohyb (Obrázek 13 b), kombinovaný pohyb (Obrázek 13 c) a otáčivý pohyb (Obrázek 13 d).



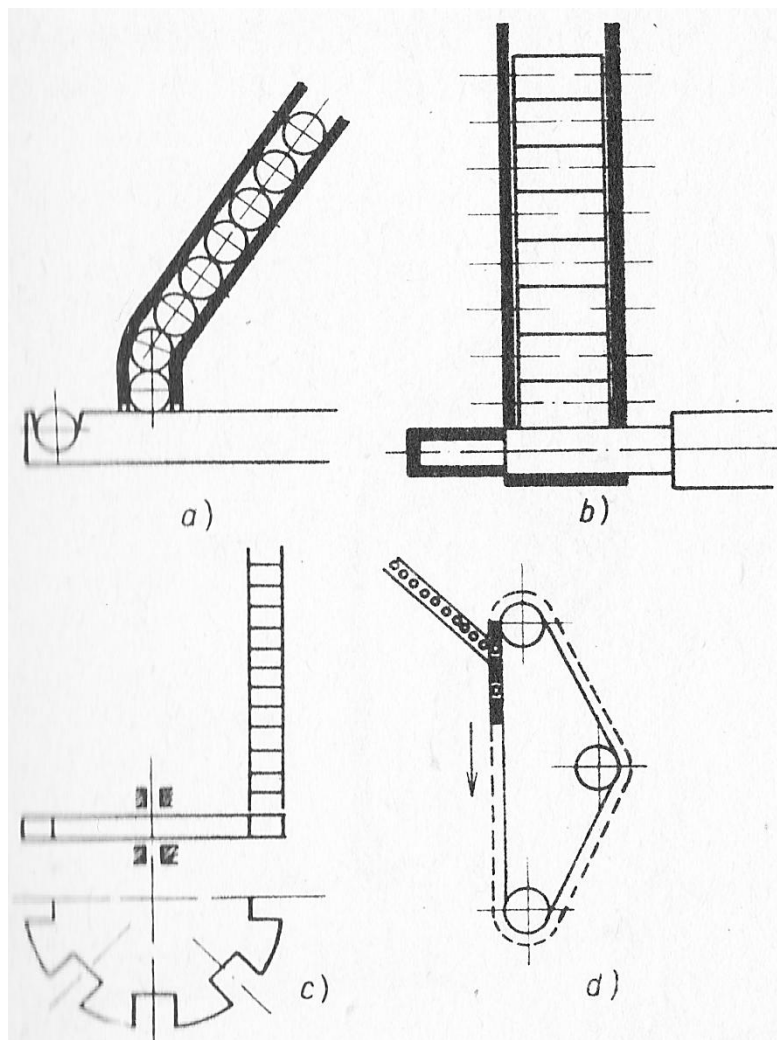
Obrázek 10 Tyčkový odměřovací mechanismus [2]



Obrázek 11 Bubnový odměřovací mechanismus [2]



Obrázek 12 Kyvadlový odměřovací mechanismus [2]

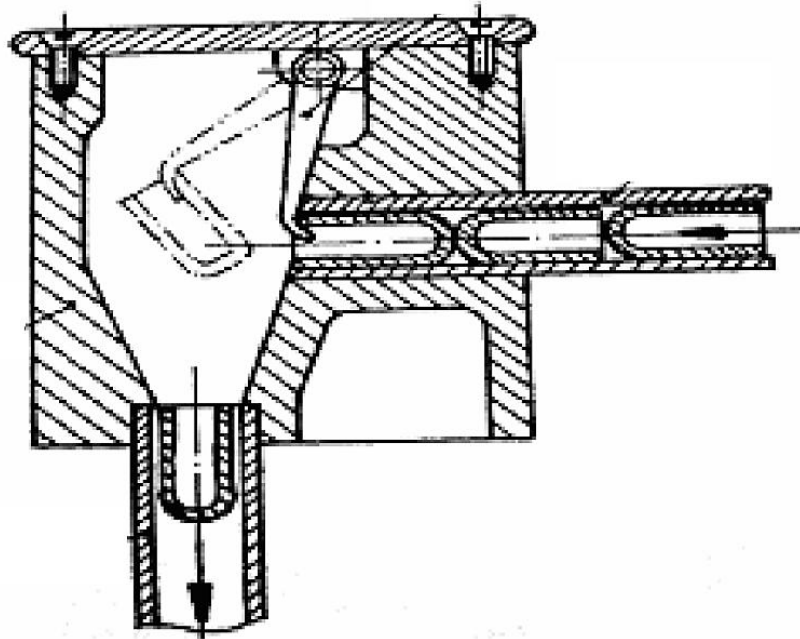


Obrázek 13 Podávací mechanismy [2]

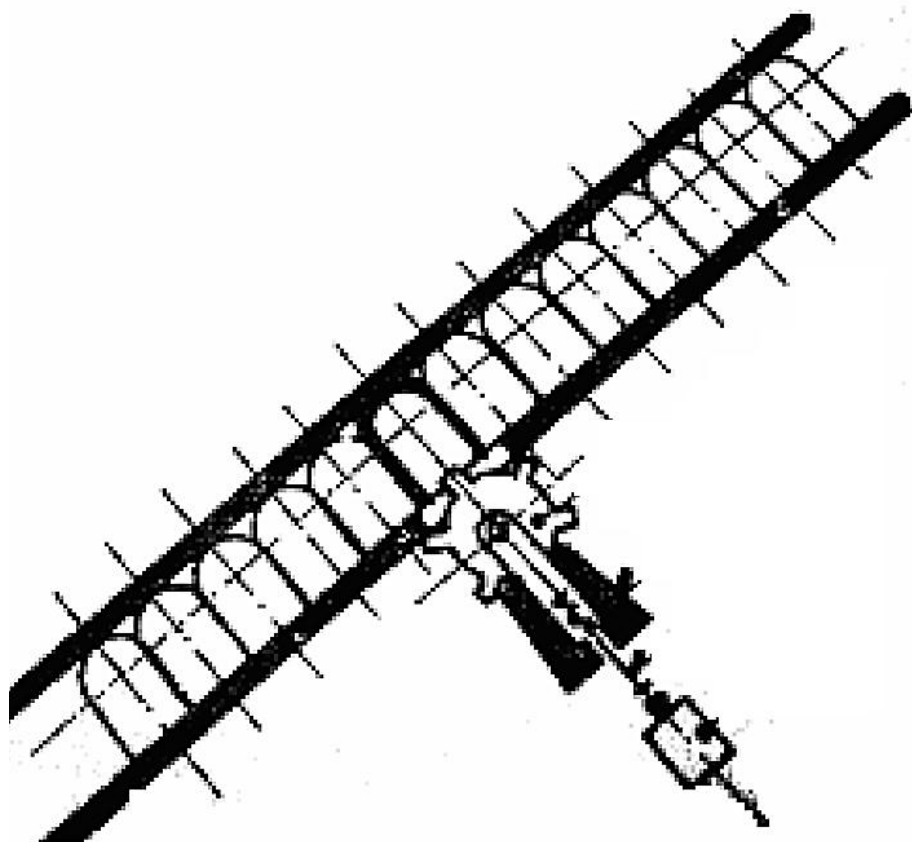
## 2.5. KONTROLNÍ ZAŘÍZENÍ

Kontrolní zařízení pracují jako jistící prvek celého procesu. Pokud existuje dostatečně velká šance, že v procesu orientace může nastat chyba, je potřeba tuto chybu dedikovat. K tomu slouží tedy kontrolní mechanismy, zjišťující nebo opravující chybu orientace. Mechanismus opravující orientaci je vidět na Obrázku 14, druhou možností je zařízení sloužící pouze k detekci chyby (Obrázek 15).





Obrázek 14 Pákový kontrolní mechanismus [2]

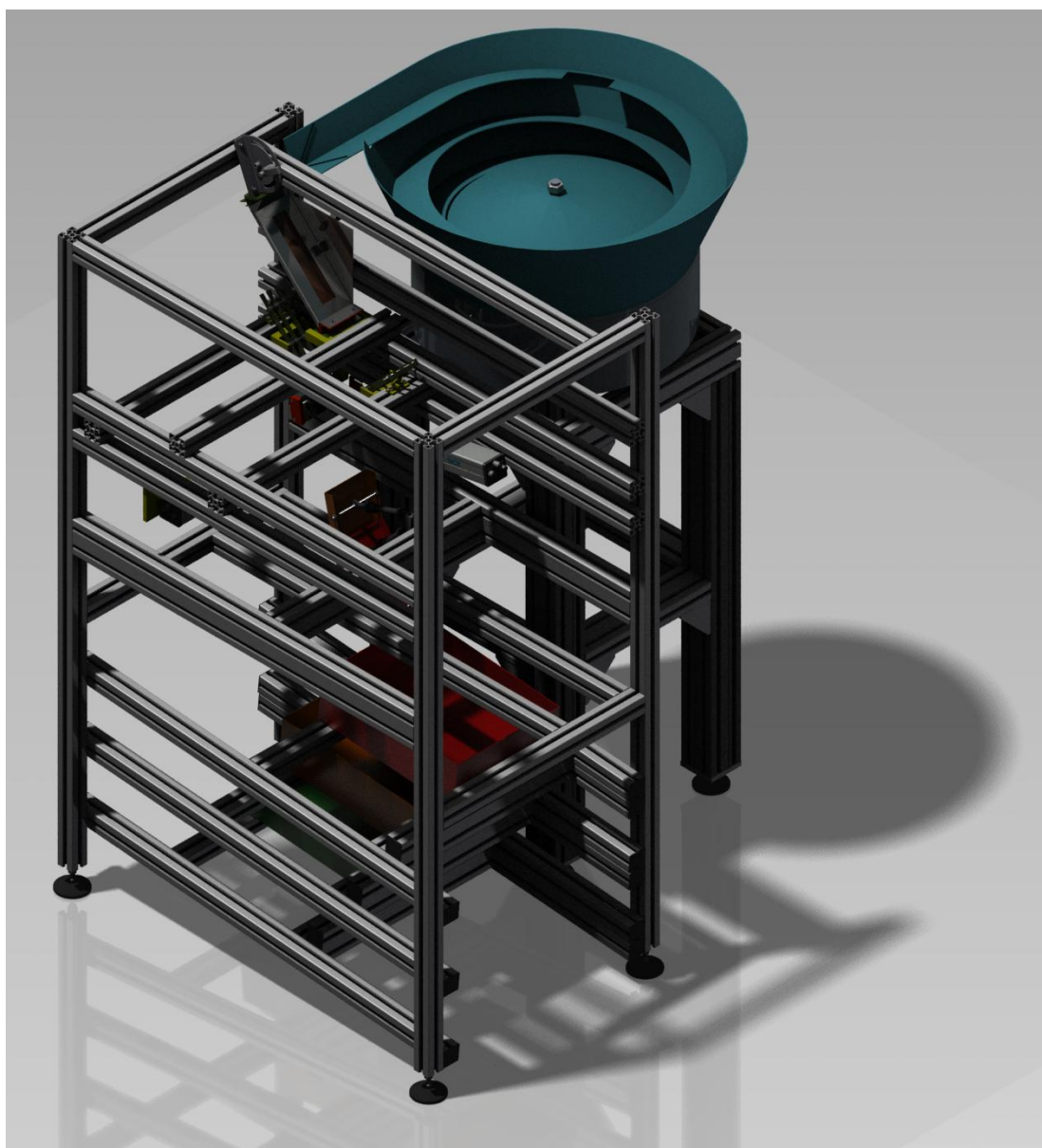


Obrázek 15 Otáčivý kontrolní mechanismus [2]



### 3. NÁVRH

Další kapitoly budou seřazeny podle postupu návrhu stroje. Prvním nejdůležitějším krokem bylo seznámení se se součástí určenou k orientaci a kontrole. Poté zjištění nároků na kontrolu a nejvhodnější řešení tohoto mechanismu.



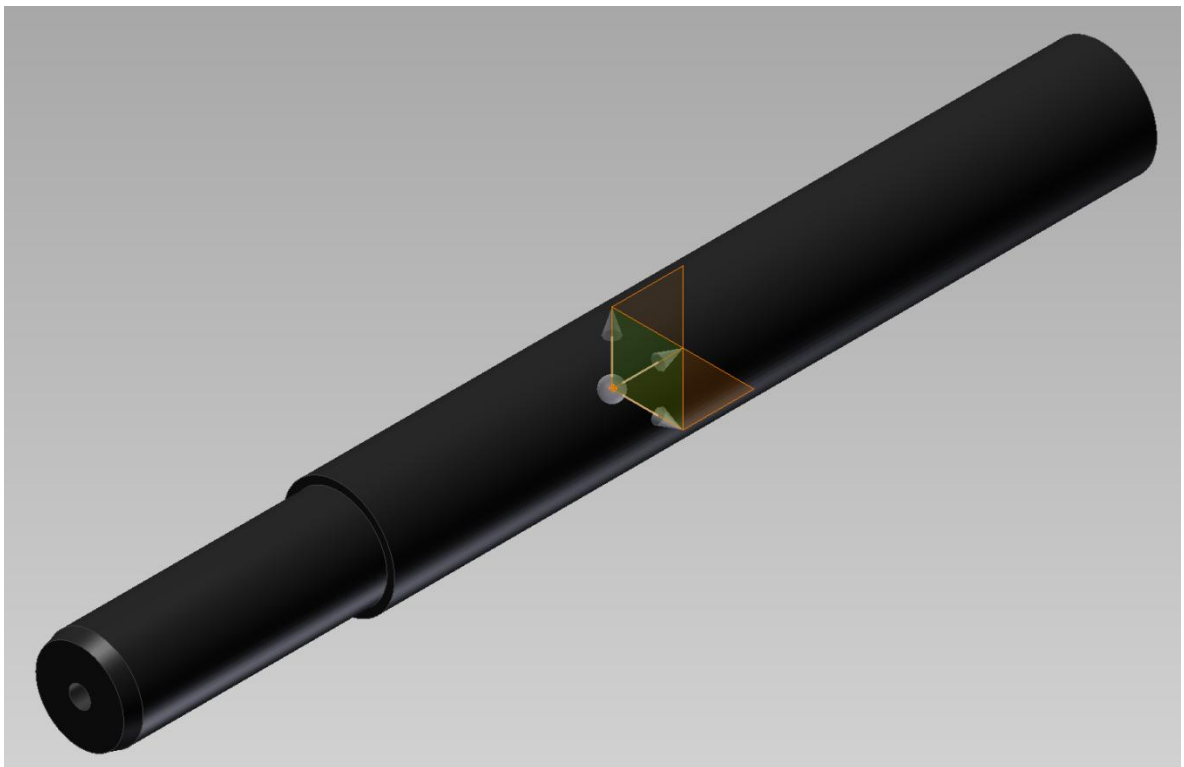
Obrázek 16 Celkové sestavení [Inventor 2012]



### 3.1. KONTROLOVANÁ SOUČÁSTKA

Kontrolovanou součástí je pryžová válcová ucpávka s parametry:

- materiál PRYŽ M1158-G
- hmotnost  $2 \times 10^{-3}$  kg; objem  $2 \times 10^{-6}$  m<sup>3</sup>

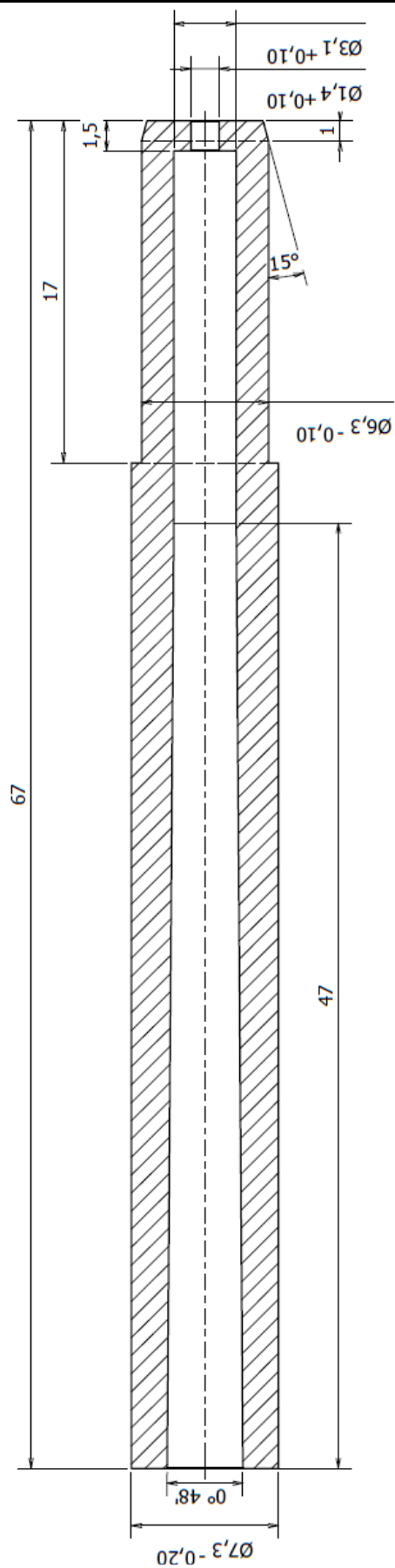


Obrázek 17 Pryžová ucpávka s těžištěm [Inventor 2012]

Pryžové těsnění je rotační polotovar s jednou osou souměrnosti, poměr charakteru rozměrů odpovídá  $l/d \gg 1$ .



DIPLOMOVÁ PRÁCE

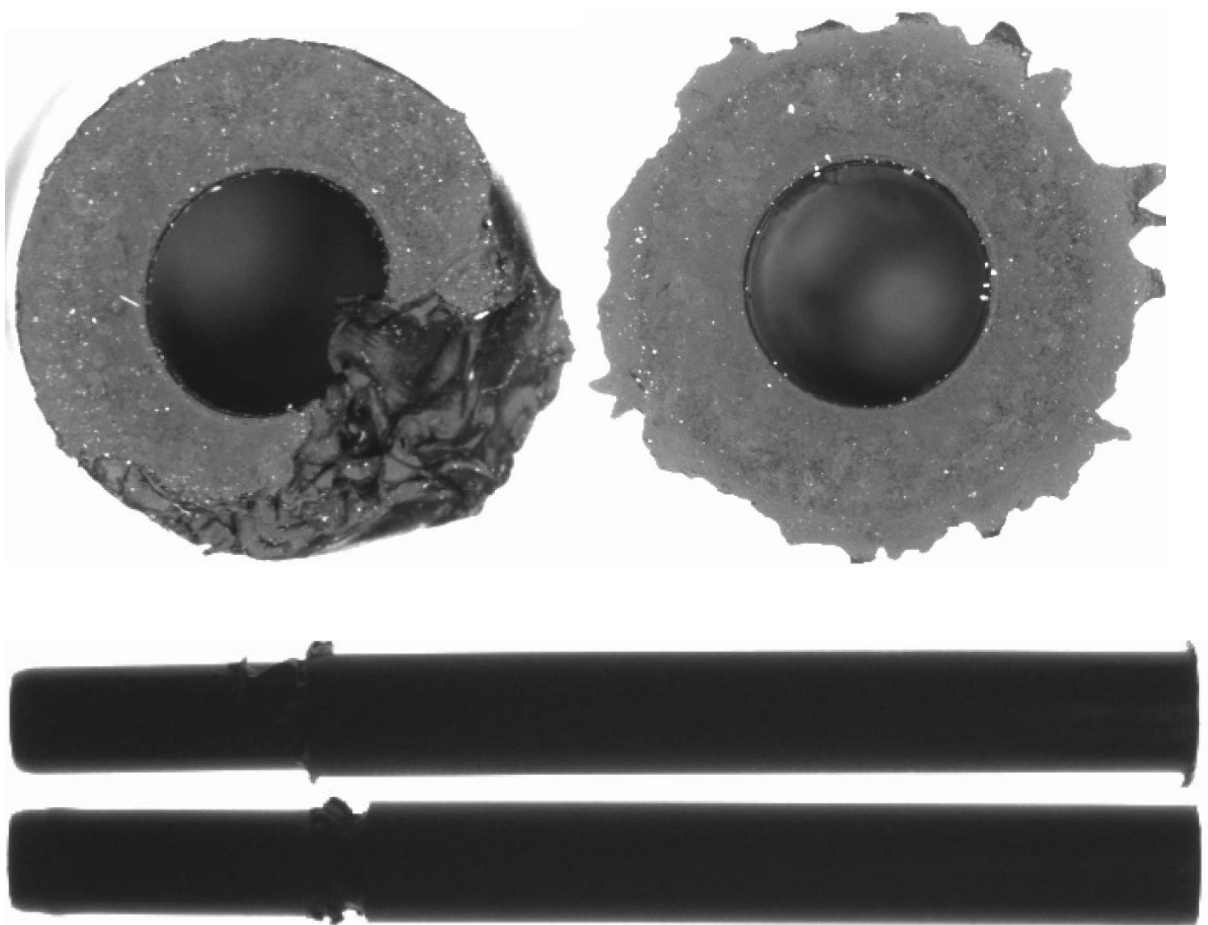


Obrázek 18 Část 2D výkresu [Inventor 2012]



### 3.1.1 CHYBY VÝROBY

U součástek je uvažováno pouze s dokumentovanými chybami zobrazenými níže na obrázcích, a taktéž všechny gumové ucpávky musí projít zestárnutím kvůli přilnavosti čerstvého materiálu z výroby.

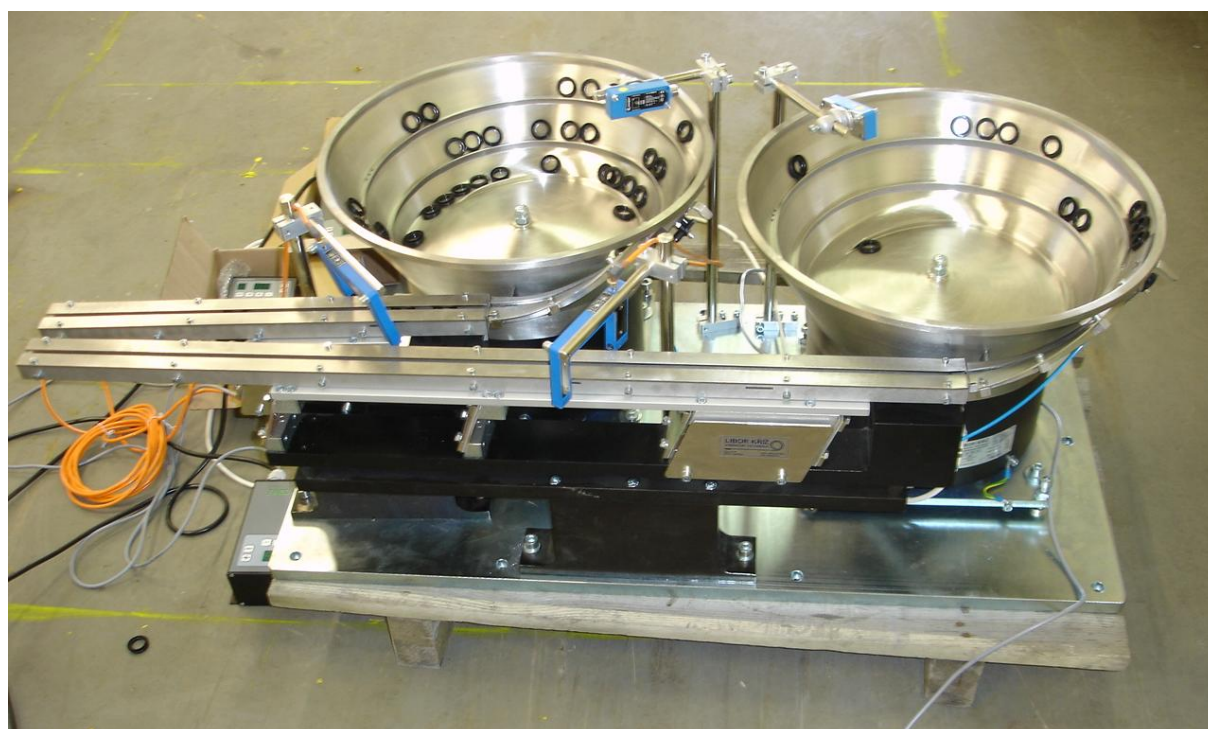


Obrázek 19 Chyby gumových hadic [zadání]

Chyby se tedy týkají pouze konců gumové ucpávky, místa změny průměru a průchodnosti součástky. Bez vady = OK; neprůchozí otvor = NOK (opětovné omílání); geometricky nevyhovující = NOK.

### 3.2. VIBRAČNÍ ZÁSOBNÍK

Tato varianta s vibračním zásobníkem byla navržena jako první a jeví se i jako nejlepší. Existuje nemálo podobných problémů, vyřešených vibračními zásobníky, jako je například zobrazen na Obrázku 20 systém od firmy LIBOR KŘÍŽ orientování gumových dílů (CONTINENTAL).



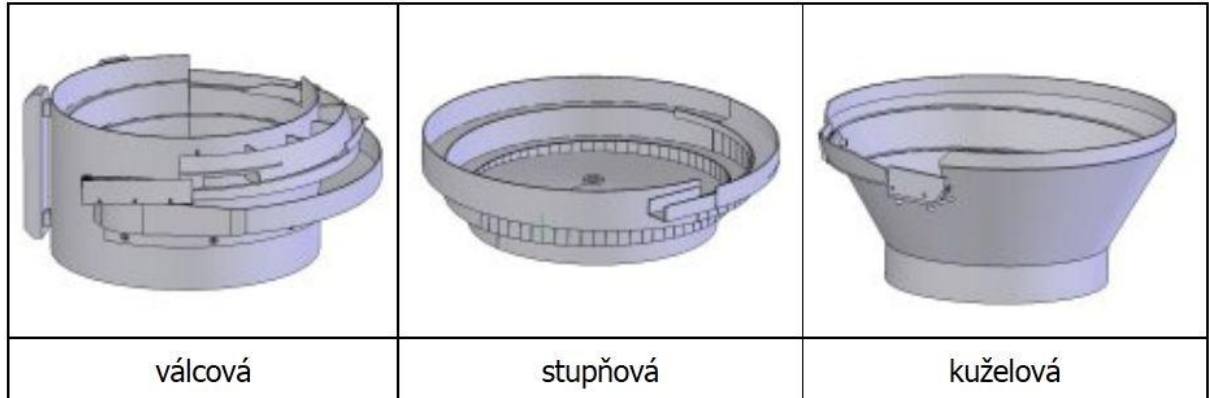
Obrázek 20 Gumové díly - CONTINENTAL [4]

Vibrační zásobník se skládá z násypky, vibračního pohonu, regulace, popřípadě odhlučňovacího krytu.

#### 3.2.1. NÁSYPKA VIBRAČNÍHO ZÁSOBNÍKU

Typy násypek u vibračních zásobníků máme (zobrazené na Obrázku 21):

- Válcové svařované
- Kuželové frézované neboli stupňované
- Kuželové svařované



Obrázek 21 Nádoby kruhových vibračních zásobníků [4]

Násypky se volí podle velikosti a celkového objemu dopravovaného materiálu, pro menší části a menší objemy je určena válcová násypka, která se vyrábí do maximálního průměru 600 mm, je z materiálu 11 373 nebo 17 246 a jsou možné její povrchové úpravy (komaxit, pogumováno černou technickou pryží, nástřík polyuretanovou pryží MetaLine, vibrační koberec). Pro těžší díly je určena kuželová frézovaná násypka, vyrábí se do průměru 400 mm a je vyrobena z duralu. Jako konečná úprava je nanesení tvrdého eloxu. Na větší objemy dopravovaných kusů je určena kuželová násypka o maximálním průměru 800 mm, jinak je stejná jak válcová násypka.

Výpočet velikosti násypky:

$R$  ... poloměr násypky

$l_0$  ... délka dopravované součásti

$$R > (2 \text{ až } 3) \cdot l_0 [2]$$

$$R = 3 \cdot l_0$$

$$R = 3 \cdot 67$$

$$\underline{R = 204 \text{ mm}}$$

Průměr násypky by měl být tedy větší jak 404 mm, proto je zvolena násypka kuželová s horním průměrem 800 mm a označením NK 800A P – 1.A.



Vzhledem k tomu, že je žádáno, aby násypka pojala objem Euro přepravky o rozměrech (0,4 m x 0,3 m x 0,12 m), musím provést kontrolu výpočtem.

$V_1$ ... objem Euro přepravky

$$V_1 = a_1 \cdot b_1 \cdot c_1$$

$$V_1 = 0,4 \cdot 0,3 \cdot 0,12$$

$$\underline{V_1 = 0,014 \text{ m}^3}$$

$V_2$ ... objem maximálního zaplnění kuželové násypky [z Inventoru 2012]

$$\underline{V_2 = 0,024 \text{ m}^3}$$

$V_1 < V_2 \Rightarrow$  VYHOVUJE

## TYP NK 500 - 800



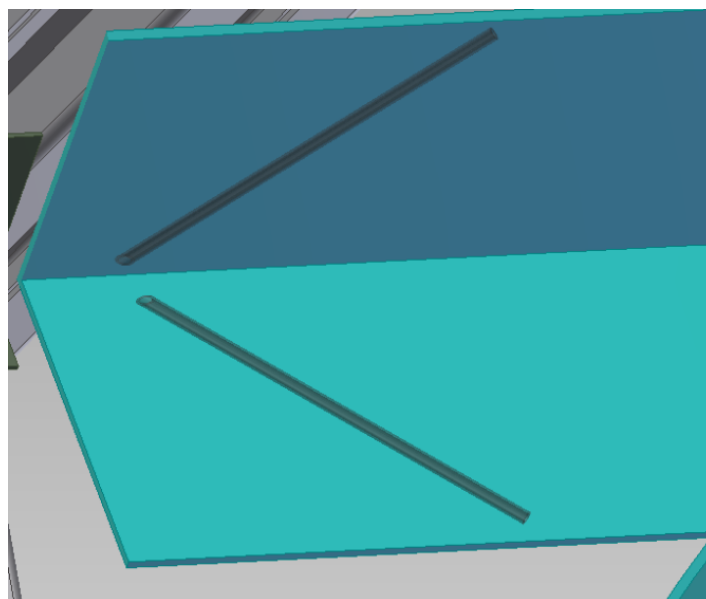
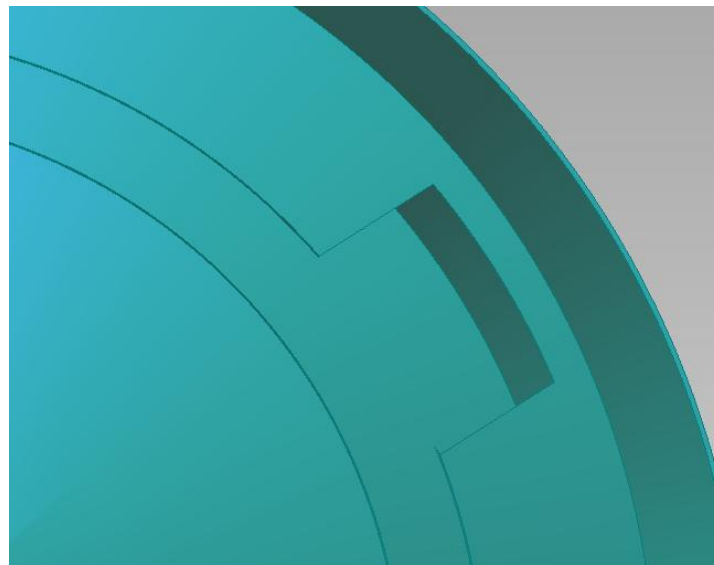
Obrázek 22 Násypka kuželová typ NK [5]





### 3.2.2. ORIENTAČNÍ PRVKY

Pro předměty, které mají délku daleko větší než průměr, je vhodné použití oddělovacího mechanismu (viz. Obrázek 23) u vibračních zásobníků, spolu se vzduchovými hadičkami na konci, pro urychlení součástky (Obrázek 24). Rychlost vzduchu se nastaví v provozu škrtícím ventilem podle toho, jak daleko budeme potřebovat součástku dostat.



Obrázek 23 Oddělení nesprávně orientovaných dílů (nahore) a vzduchové hadičky (dole) [Inventor 2012]



Tento systém používá společnost Automation Devices, Inc. a funguje na principu propadnutí nadbytečných součástek.

Výpočet oddělovacího systému

$L_0$ ... délka vyříznutého oblouku

$L$ ... délka dopravované součásti

$$L_0 = 1,5 \cdot L \text{ [3]}$$

$$L_0 = 1,5 \cdot 67$$

$$\underline{L_0 = 100,5 \text{ mm}}$$

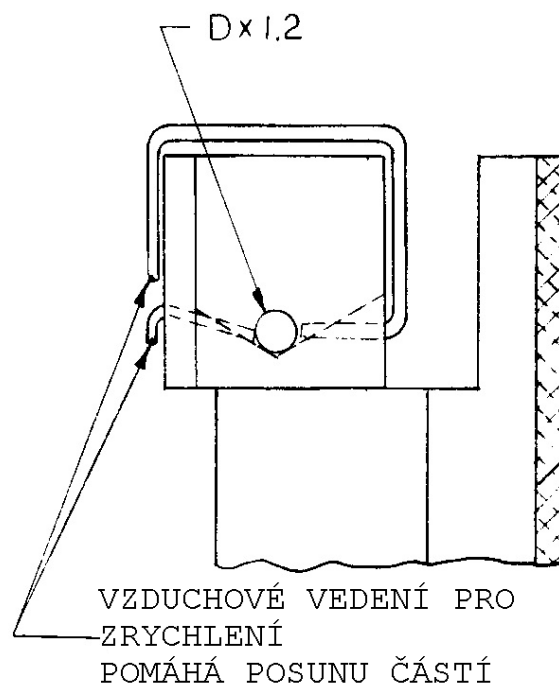
$D_0$ ... délka hrany

$D$ ... maximální průměr dopravované součásti

$$D_0 = 1,5 \cdot D \text{ [3]}$$

$$D_0 = 1,5 \cdot 7,3$$

$$\underline{D_0 = 10,95 \text{ mm}}$$

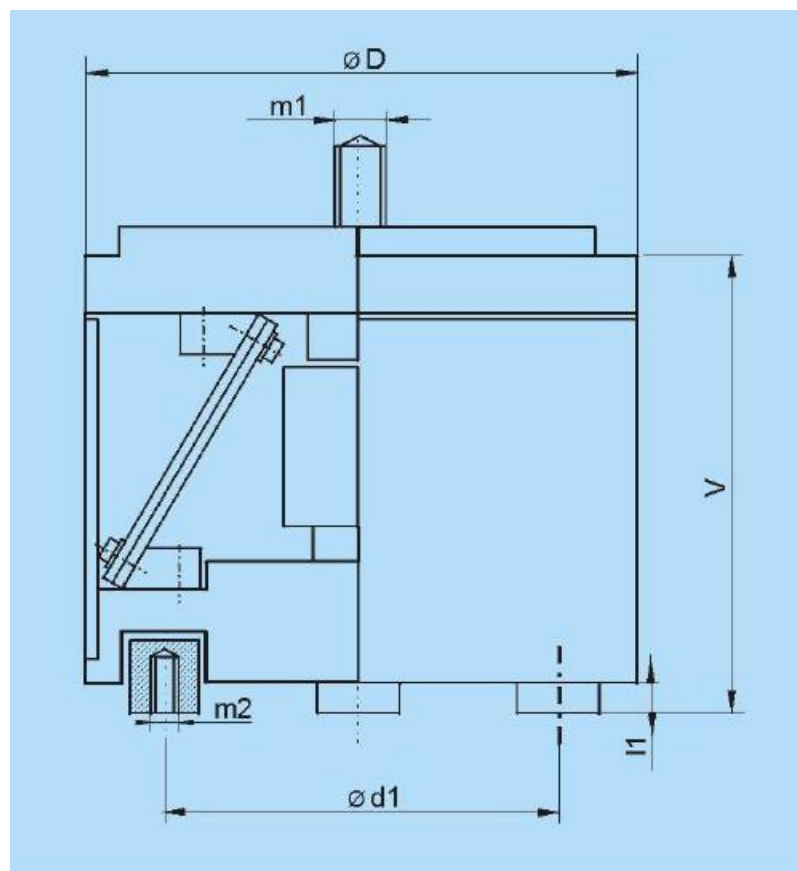


Obrázek 24 Způsob urychlení součásti při opouštění ze zásobníku [3]



### 3.2.3. VIBRAČNÍ POHON

Násypka je připevněna k vibračnímu pohonu díky středovému šroubu, který umožňuje natočení násypky o 360° kolem osy vibrační jednotky. Vibrační pohon se skládá ze základového tělesa, soustavy pružin, elektromagnetického budiče a nosné desky násypky.



Obrázek 25 Vibrační pohon kruhový typ C [5]

Vibrační pohon byl vybrán z katalogu podle velikosti násypky a velikosti přepravovaného materiálu VZ/C 600 P s vestavěnou plynulou elektrickou regulací typu DIGR 1300I.

Základem je třecí síla mezi žlábkem a přesunovaným materiálem, která nesmí dovolit předmětu sledovat posuv žlábků. Fungují tři způsoby pohybu:

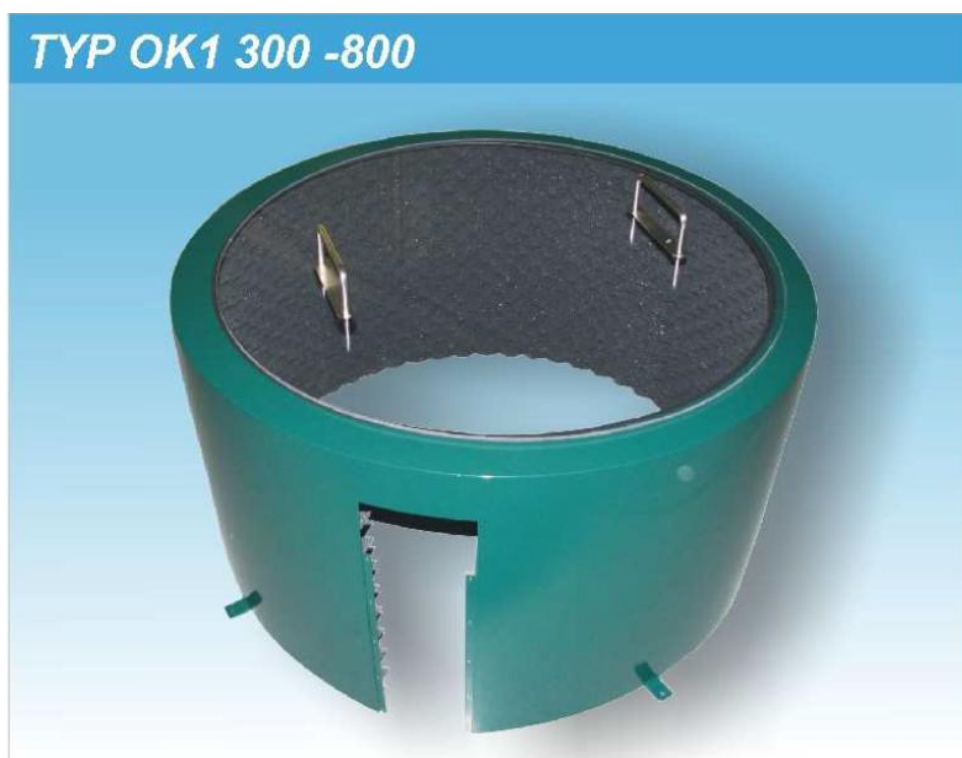
- prokluzem
- volnými mikroskoky, předmět není stále ve styku se dnem
- částečným prokluzem a částečnými mikroskoky

Nejvhodnější je pohyb prokluzem, protože předmět se pohybuje plynuleji, a to je vhodnější pro možnosti orientace. Toho se docílí v praxi nastavením frekvence na regulátoru DIGR pomocí vnějších analogových či digitálních signálů z nadřazeného řídicího systému nebo čidel.



Obrázek 26 Vestavěné provedení DIGR 1300 I [5]

Hluk vzniká při pohybu dílů v násypce, pokud je potřeba jeho omezení, pomůže protihlukový kryt. Musí se počítat s tím, že zastavěný prostor se zvětší a nebude tak jednoduché dosypávat materiál.

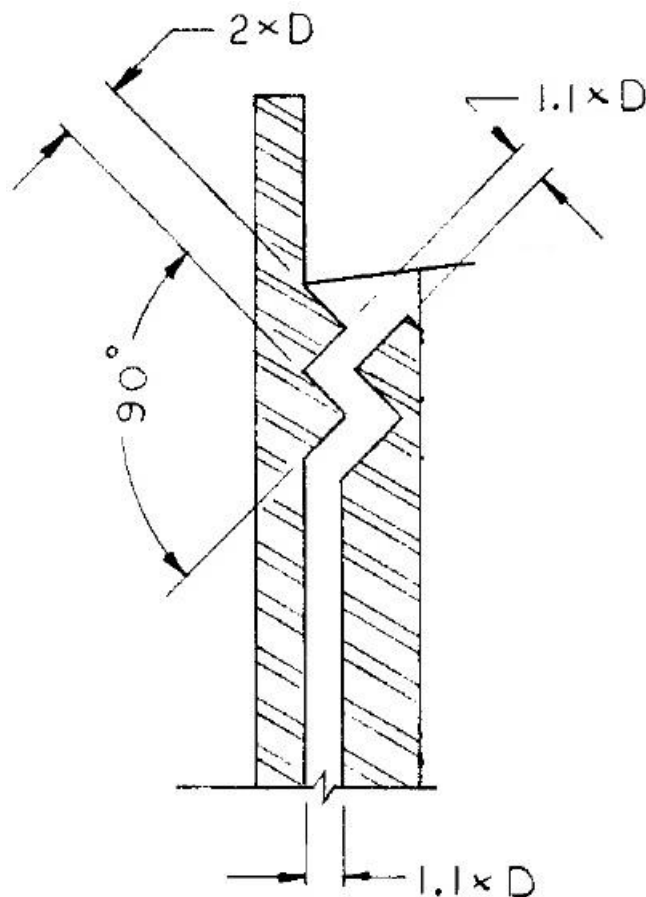


Obrázek 27 Odhlučňovací kryt [5]



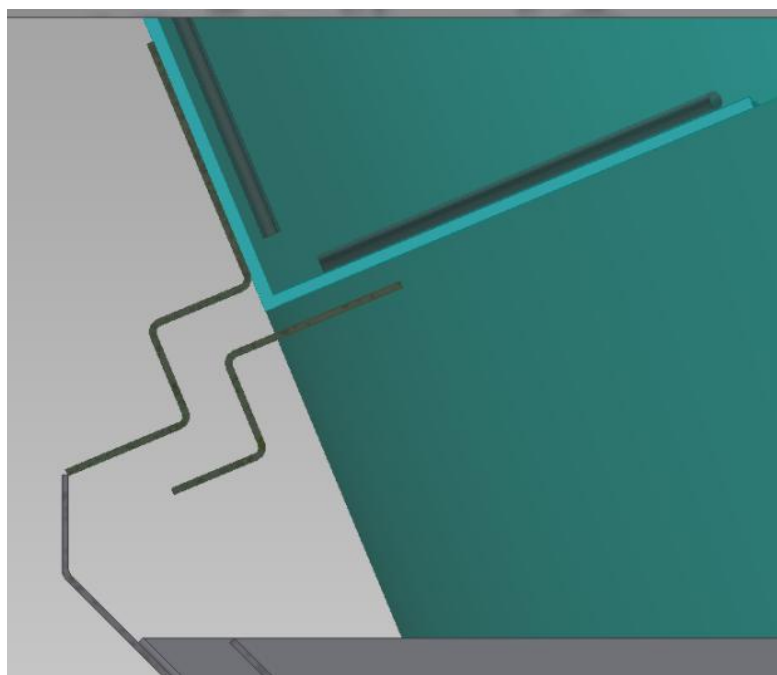
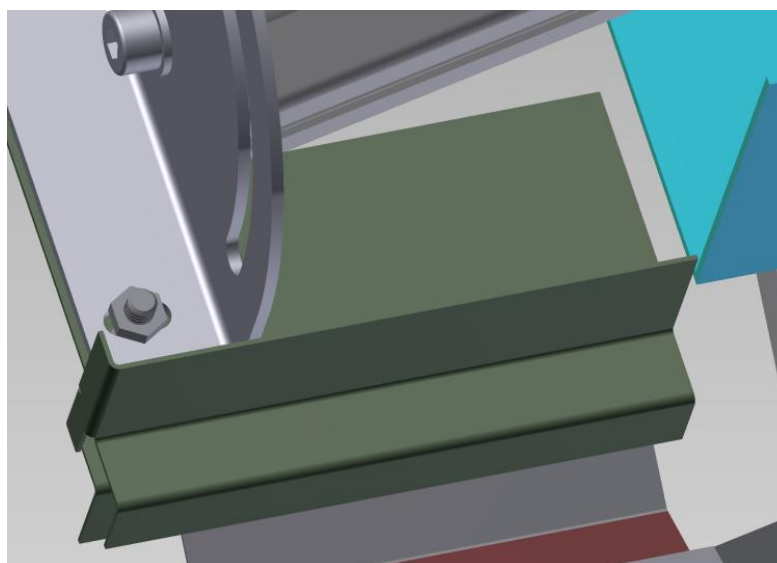
### 3.3. ZÁSOBNÍK

Součástku je třeba naskládat do zásobníku. Byl zvolen zásobník s horizontální polohou, protože je nejskladnější ve směru do výšky. Velikost zásobníku lze stanovit pouze experimentálně, proto jeho kapacita byla odhadnuta a dimenzoval na 35 kusů. Pro správné skládání pryžových těsnění jsem našel jednoduché řešení používané firmou Automation Devices, Inc. zobrazené na Obrázku 28.



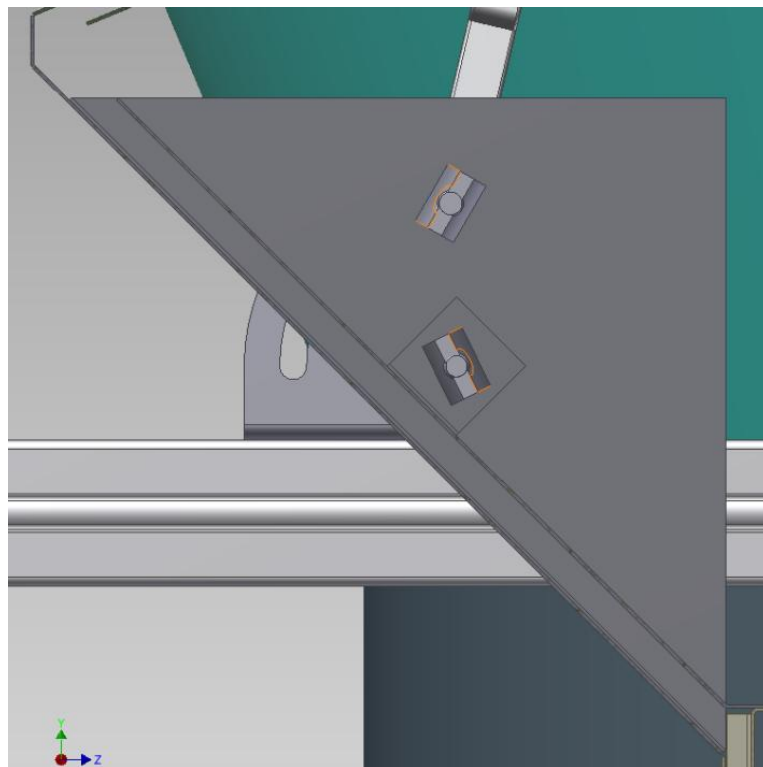
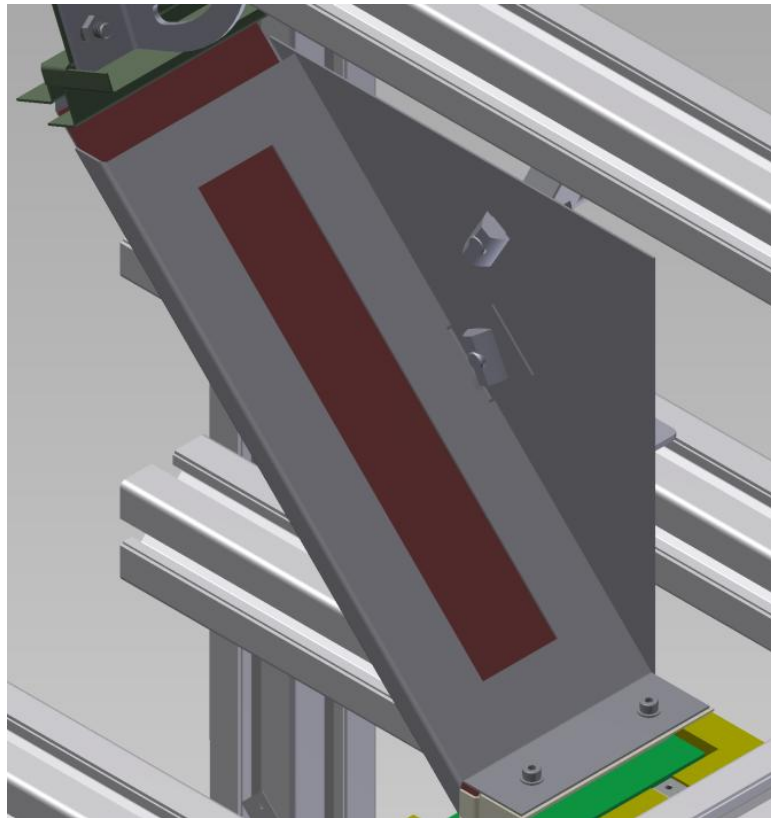
Obrázek 28 Způsob skládání do zásobníku [3]

Tímto způsobem budou součástky pouštěny do zásobníku rovně a s dostatečnou vůlí od stěn žlábků, tím nedojde k tření po stranách a součástka se na krátké dráze nestočí (nedojde ke vzpříčení). Žlábek je spojen s konstrukcí, lze jej natáčet a je oddělen od vibračního dopravníku.



Obrázek 29 Žlábek s detailem [Inventor 2012]

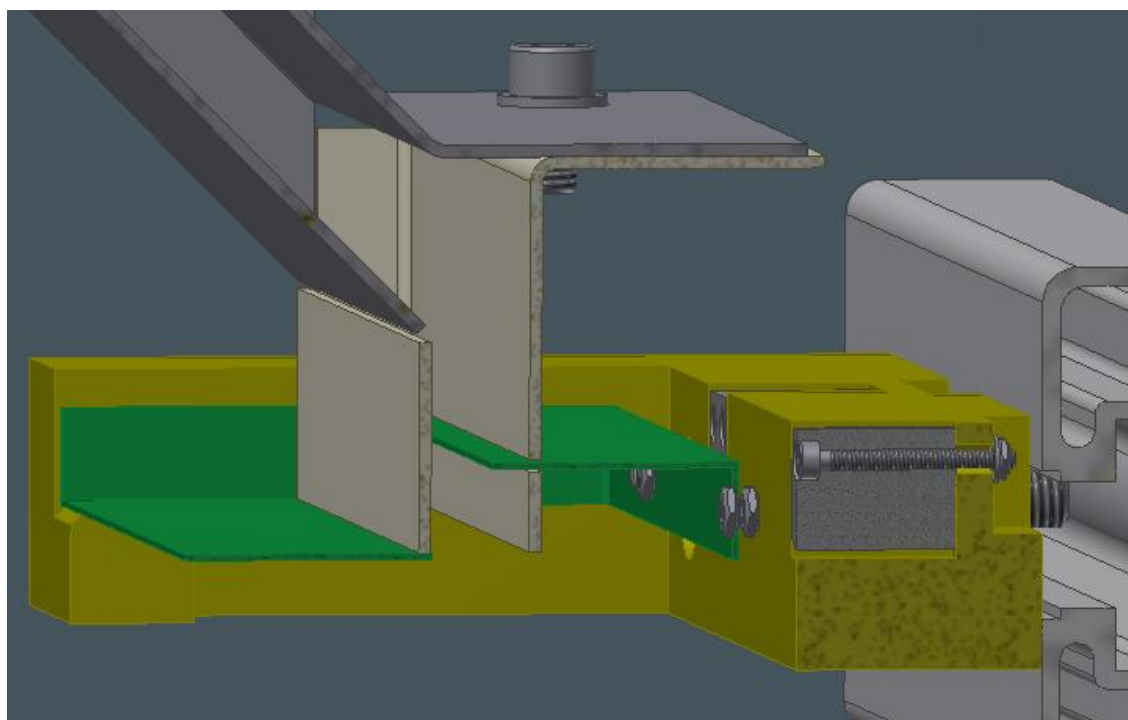
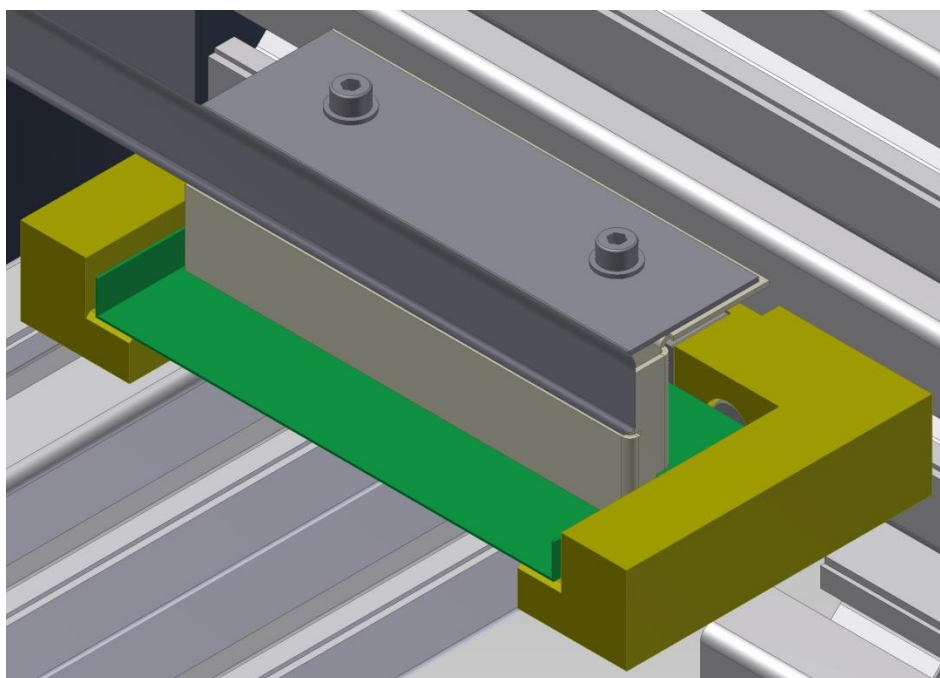
Zásobník je navržen žlábkový nakloněný, předměty se tedy pohybují vlivem vlastní hmotnosti. Toto se hodí pro válcové předměty. Zásobník je spojen s konstrukcí otočným elementem, který dovoluje správné nastavení vůči žlábků. Zásobník by měl mít snímač, který informuje řídicí systém o jeho zaplnění.



Obrázek 30 Mezizásobník s detailem [Inventor 2012]

### 3.4. PODÁVACÍ MECHANISMUS

Tento mechanismus je inspirován tyčkovým odměřovacím mechanismem zobrazeným na Obrázku 10. Kvůli jednodušší konstrukci a tedy nižším nákladům na výrobu, byly použity přímo napojené pneumatické válce s krátkým zdvihem.



Obrázek 31 Podávací mechanismus s detailem [Inventor 2012]





Výpočet podávacího mechanismu

$m_1$ ... hmotnost jedné pryžové ucpávky

$m_2$ ... hmotnost pohybujícího se mechanismu

$f$ ... součinitel tření ocel – ocel [1]

$$m_1 = 0,002 \text{ kg}$$

$$m_2 = 0,02 \text{ kg}$$

$$f = 0,15$$

$$F_1 = m \cdot g$$

$$F_1 = (4 \cdot m_1 + m_2) \cdot g$$

$$F_1 = (4 \cdot 0,002 + 0,02) \cdot 9,81$$

$$\underline{F_1 = 0,275 \text{ N}}$$

$$F_t = F_1 \cdot f$$

$$F_t = 0,275 \cdot 0,15$$

$$\underline{F_t = 0,042 \text{ N}} \dots \text{potřebná síla k uvedení mechanismu do pohybu}$$

$F$ ... síla pístu o průměru 4 mm a při tlaku 4 baru

$$F = p \cdot S$$

$$F = 0,4 \cdot \pi \cdot r^2$$

$$F = 0,4 \cdot \pi \cdot 2^2$$

$$\underline{F = 5,026 \text{ N}}$$

$F > F_t \Rightarrow$  VYHOVUJE

Pro pohyb podávacího mechanismu byly zvoleny dva pneumatické dvojčinné válce s krátkým zdvihem od firmy FESTO s označením ADVC-4-2,5-A-P, které jsou upevněny pomocí dvou šroubů vedenými dvěma průchozími dírami. Píst pracuje v provozním tlaku 2 až 8 barů a teplotě okolí  $-20^\circ\text{C}$  až  $+80^\circ\text{C}$ . Zdvih pístu je 2,5 mm.

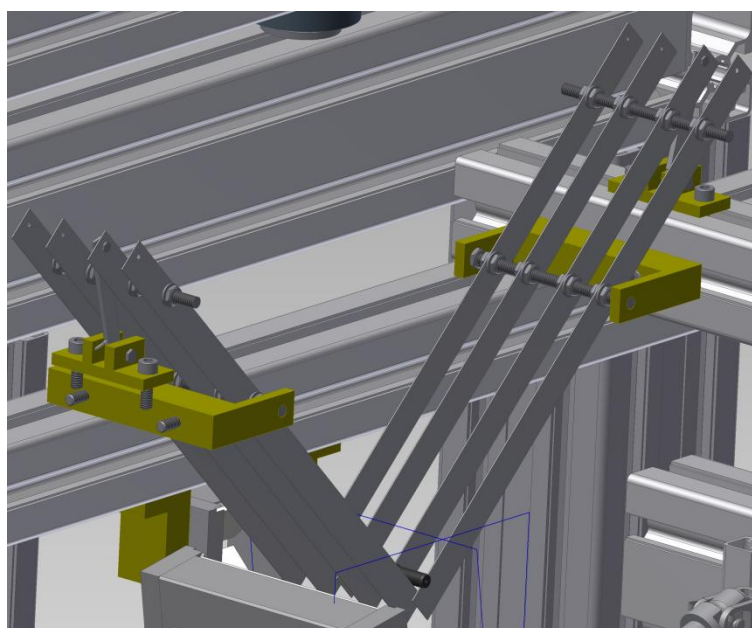


Obrázek 32 Pneumatický píst ADVC-4-2,5-A-P [6]

### 3.5. KONTROLNÍ UMÍSTĚNÍ

Tato část z celého stroje byla nejnáročnější na konstrukci, bylo potřeba vymyslet mechanismus zajištění pryžové ucpávky tak, aby neblokoval kamerovému systému snímání potřebných částí při kontrole geometrie a to vše zvládat v rychlém časovém sledu.

Nejvhodnější variantou řešení bylo použití nůžkového mechanismu zobrazeného na Obrázku 33. Mechanismus zaručuje zachycení materiálu tak, aniž by bránil snímání obrazu a přitom je dostatečně pevný pro udržení součástky.



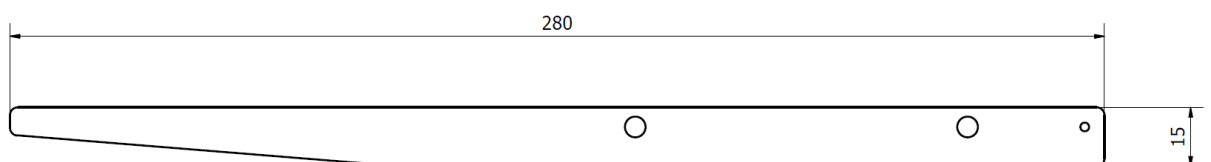
Obrázek 33 Záchytný mechanismus [Inventor 2012]



Pás plechu je tlustý 0,5 mm, válcovaný za tepla, podle ČSN 42 530, vyroben z oceli 11 373.1. Kvůli deformacím v tělese by neměl být použit stříh, ale vhodnější je zvolit dělení materiálu pomocí metod, které nejméně ovlivní okolí řezu polotovaru, jako je například řezáním vodním paprskem či laserem. Pohyb „ostří“ bude zajištěn pneumatickým jednočinným válcem od firmy FESTO s označením EZH-1,5/6,5-10, pracuje v provozním tlaku 3 až 6 [bar] a teploty 0 až +60 [°C], délka zdvihu je 10 mm.



Obrázek 34 Pneumatický válec EZH-1,5-6,5-10 [6]



Obrázek 35 „Ostří“ [Inventor 2012]



## Výpočet síly na píst

$m_1$ ... hmotnost tlačící na píst

$m_2$ ... hmotnost tahající píst

$F$ ... síla působící na píst

$m_m$ ... hmotnost matic

$m_t$ ... hmotnost závitové tyče

$m_p$ ... hmotnost delšího konce „ostří“

$m_s$ ... hmotnost kontr. součástky

$$m_1 = 8 \cdot m_m + m_t$$

$$m_1 = 8 \cdot 1 + 14$$

$$\underline{m_1 = 22 \text{ g} = 0,022 \text{ kg}}$$

$$m_2 = m_p + m_s$$

$$m_2 = 2,4 + 2$$

$$\underline{m_2 = 4,4 \text{ g} = 0,0044 \text{ kg}}$$

$$M_1 = F_1 \cdot r_1$$

$$M_1 = m_1 \cdot g \cdot r_1$$

$$M_1 = 0,022 \cdot 9,81 \cdot 85$$

$$\underline{M_1 = 18,35 \text{ Nmm}}$$

$$M_2 = F_2 \cdot r_2$$

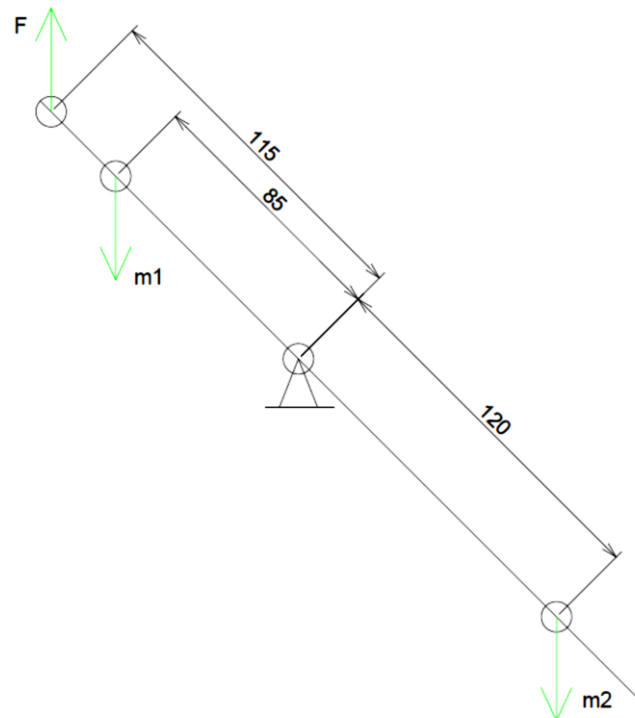
$$M_2 = m_2 \cdot g \cdot r_2$$

$$M_2 = 0,0044 \cdot 9,81 \cdot 120$$

$$\underline{M_2 = 5,18 \text{ Nmm}}$$

$$M = M_1 - M_2$$

$$M = 18,35 - 5,18$$



Obrázek 36 Rozložení sil na "ostří" [AutoCAD 2012]

$$\underline{M = 13,17 \text{ Nmm}}$$

$$M = F \cdot r$$

$$F = \frac{M}{r}$$

$$F = \frac{13,17}{115}$$

$$\underline{F = 0,115 \text{ N}}$$

⇒ Na Obrázku 36 je vidět síla  $F$  působící na píst proti směru šipky a je zanedbatelná.



### 3.5.1. KAMEROVÝ SYSTÉM

Použití kamerového systému bylo určeno v zadání. V první variantě se počítalo s použitím 4 kamer na snímání každé strany, ale protože garantovaná doba zpracování obrazu je 500 milisekund jednou kamerou, tak 4 kamerami v sériovém zapojení je potřeba již 2 sekund jen na zpracování obrazu. V tom případě bychom se nedostali na minimální požadovanou produktivitu 40 ks/minutu. Možné řešení je tedy ve snížení počtu kamer, to se dá řešit použitím zrcadel.

Kamery fungují i jako kontrola provozu, pokud v časovém intervalu kamera nezaznamená součást, ohlásí se závada.

Navržené 2D smart kamery jsou od firmy SICK VC-2DM1122 s rozlišením 1024x768 pixelů (XGA 0,7 MP), s objektivem CCD 1:1,4/12MM, s ohniskovou vzdáleností 12mm (F1,4). První kamera snímá čela, a tedy i průchodnost otvoru s chybami na koncích, druhá kamera snímá obvod a chyby výroby v přechodu průměrů. Nasvícení kontrolované součástky se provede až při testování, pomocí dvou světel, které jsou na nastavitelném krku.

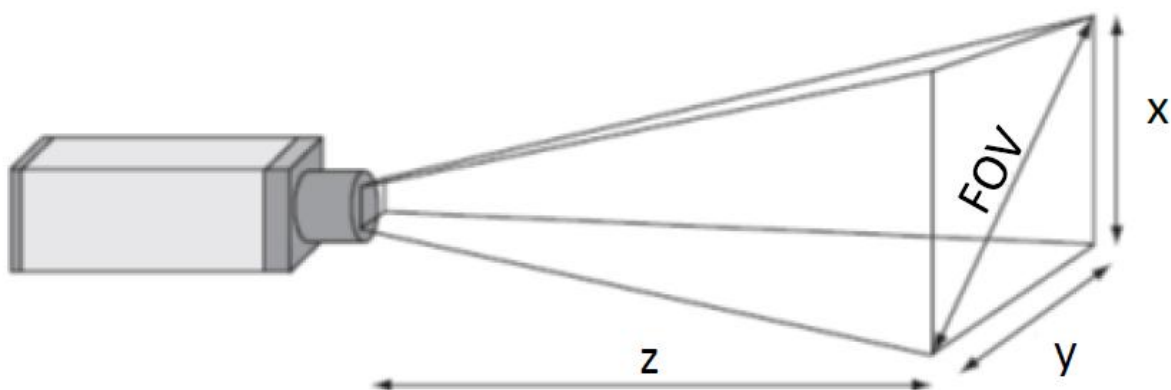


Obrázek 37 VC-2DM1122 [7]

Pro správné nastavení kamery nám poslouží několik výpočtů, ve kterých budeme muset znát: velikost obrázku pro XGA je  $x=3,6$  mm,  $y=4,8$ mm a ohniskovou vzdálenost 12 mm (F 1,4).

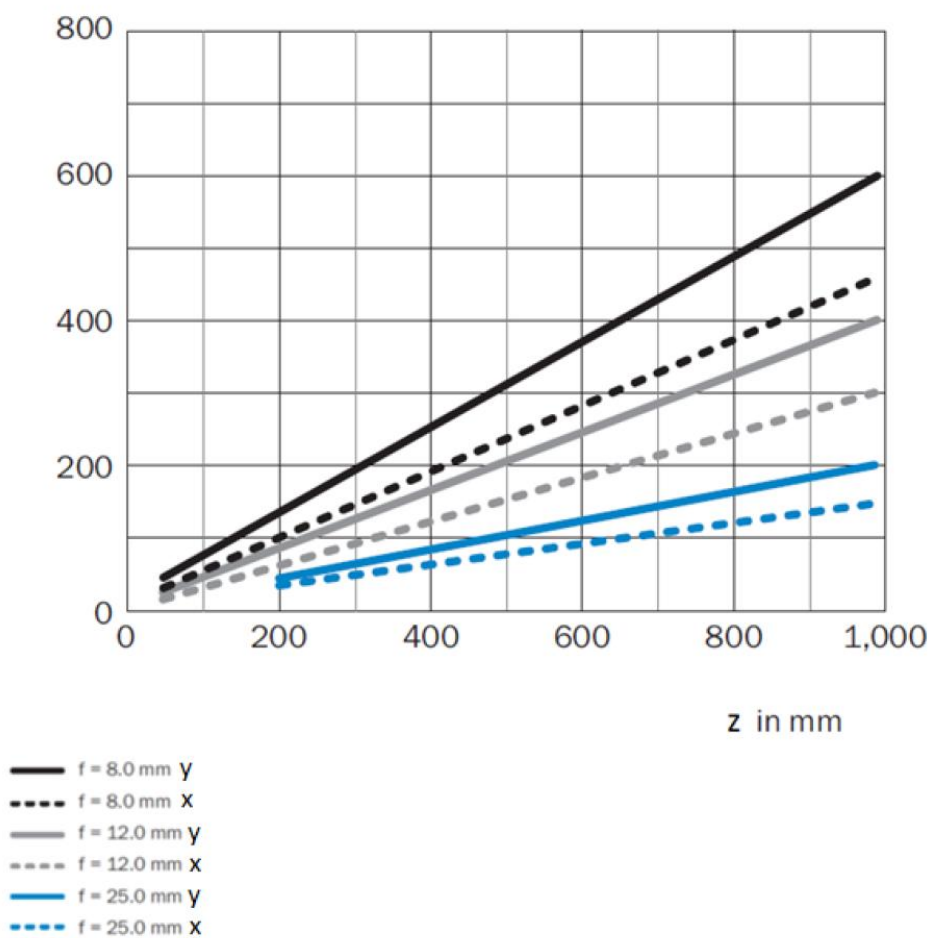


Podklady pro výpočet velikosti snímaného obrazu



Obrázek 38 Schéma snímaného prostoru [7]

x,y size in mm



Obrázek 39 Graf závislosti vzdálenosti kamery na velikosti snímaného prostoru pro XGA rozlišení [7]



Výpočet velikosti snímaného obrazu

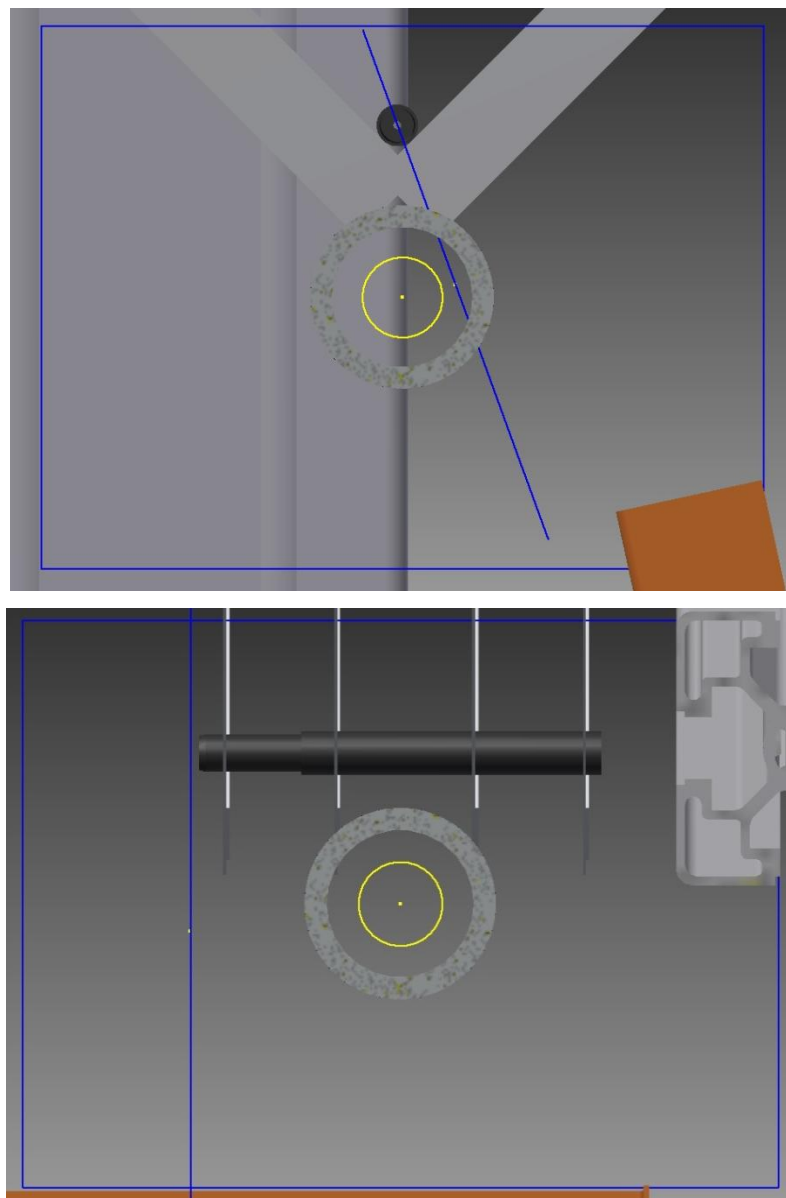
z... vzdálenost kamery 315 mm

$$x = \frac{3,6}{12} \cdot 315$$

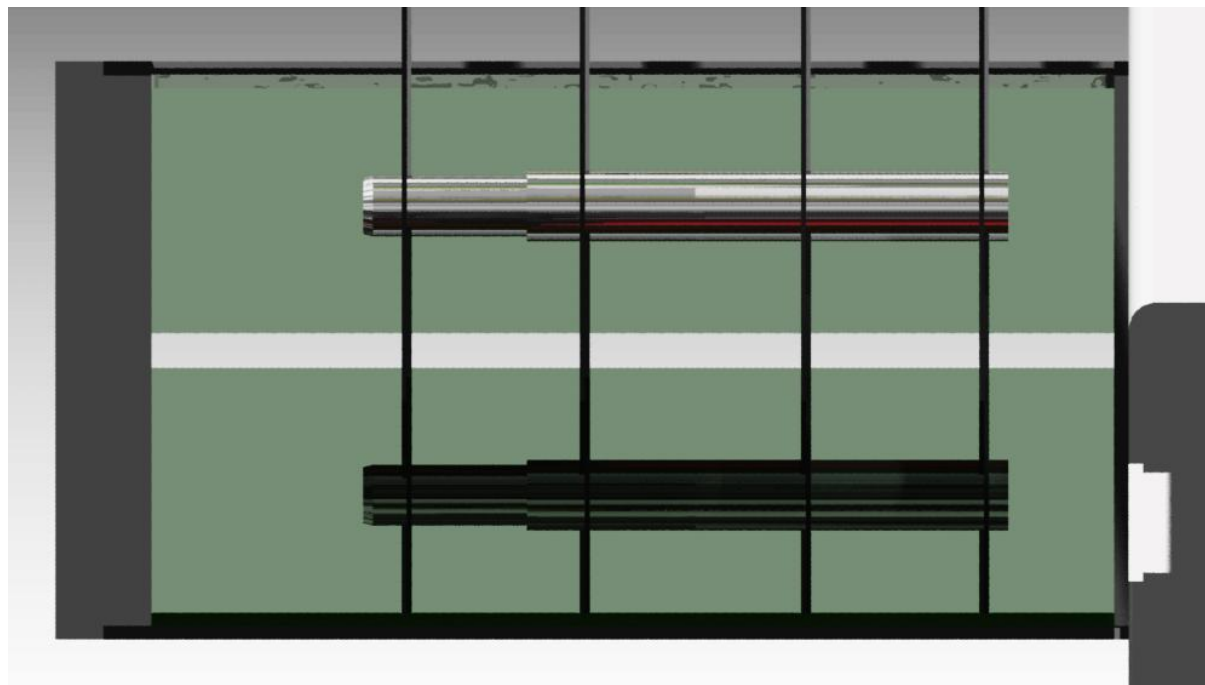
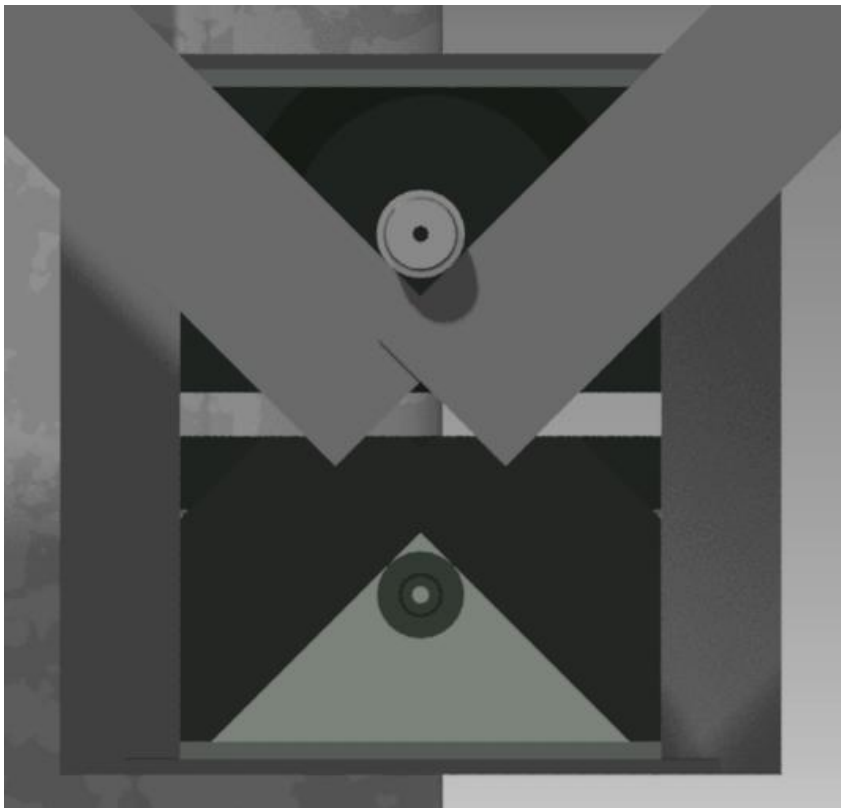
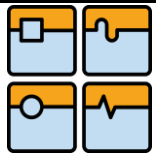
$$x = 94,5 \text{ mm}$$

$$y = \frac{4,8}{12} \cdot 315$$

$y = 126 \text{ mm} \Rightarrow$  Rozměry zabírané obl. ze vzdálenosti 315mm jsou 94,5mm\*126mm



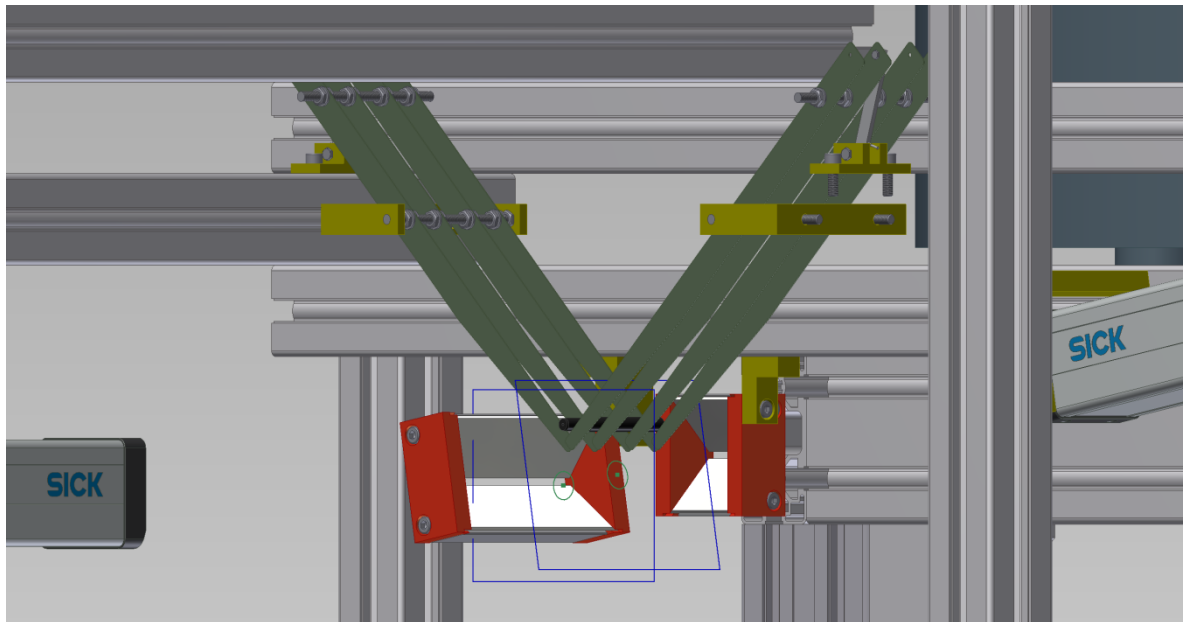
Obrázek 40 Pohled kamery 1 (nahore) kamera 2 (dole) [Inventor 2012]



Obrázek 41 Pohled kamer s odrazem, kamera 1 (nahore) kamera 2 (dole)

[Inventor 2012]]

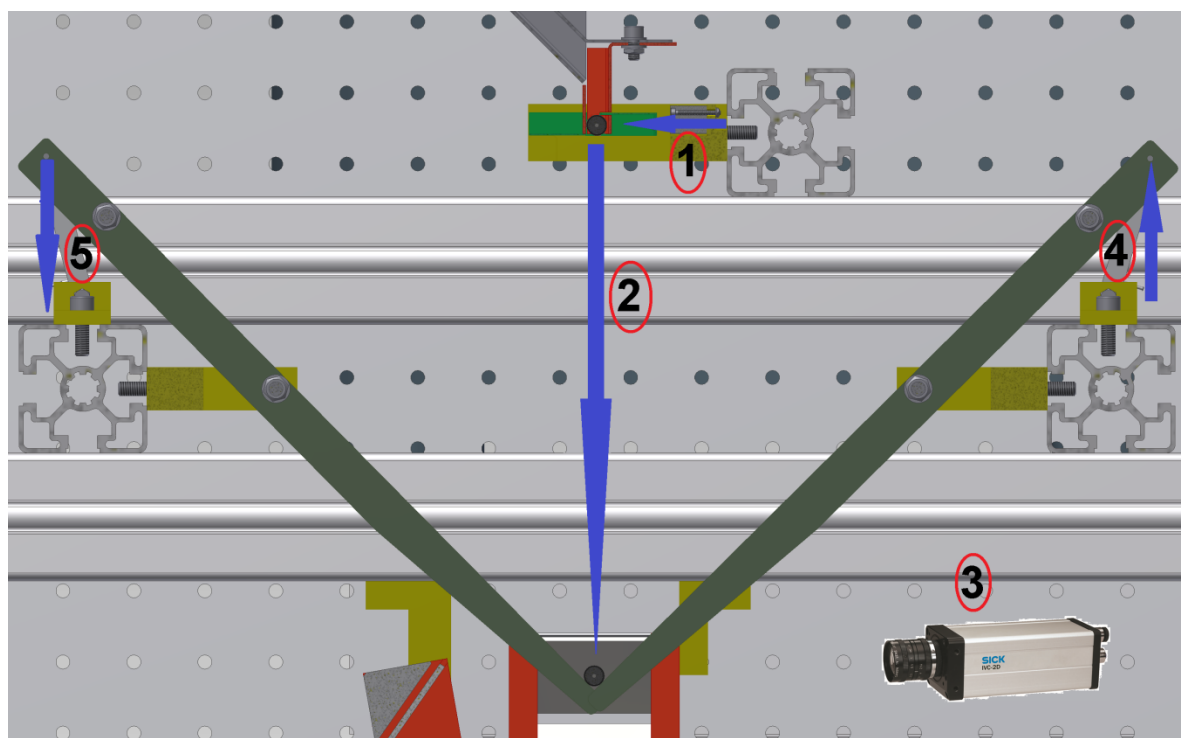




Obrázek 42 Pohled z boku [Inventor 2012]

### 3.5.2. ÚZKÉ MÍSTO

Úzkým místem celého systému je kontrolní umístění, proto je nutné udělat odhad časové náročnosti cesty polotovaru tímto místem.



Obrázek 43 Časová sekvence ("ostří" se pohybují synchronizovaně) [Inventor 2012]

Na Obrázku 43 je vidět časová posloupnost hlavních jednotlivě po sobě jdoucích operací. Důležitou složkou je rychlost pístu, tuto hodnotu jsem volil nejnižší, firma FESTO uvádí, že maximální rychlostí se pohybují od 100mm/s do 1000mm/s. Její velikost závisí na zatížení pístnice, tlaku vzduchu a rozdílem tlaků ve válci. Pro regulaci rychlosti pístu se většinou používají škrťací ventily.

1. Píst 1 a 2 se současně vysune (2,5mm)

$$l_1 = 2,5 \text{ mm}; v = 100 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$t_1 = \frac{l_1}{v} = \frac{2,5}{100} = 0,025\text{s} = 25\text{ms}$$

2. Polotovar padá (205mm)

$$l_2 = 205\text{mm} = 0,205\text{m}; g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$t_2 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot l_2^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot 0,205^2 = 0,206\text{s} = 206\text{ms}$$

3. Dojde ke zpracování obrazu kamerou 1 a 2 (2x500ms)

$$t_3 = 1000\text{ms}$$

4. Současně se vysunou písty 3 a 4 (10mm)

$$l_4 = 10 \text{ mm}; v = 100 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$t_4 = \frac{l_4}{v} = \frac{10}{100} = 0,1\text{s} = 100\text{ms}$$

- 4.1. Ve stejném časovém okamžiku se píst 1 a 2 zasune (2,5mm)

$$t_{4.1} = t_1 = 25\text{ms}$$

5. Současně se zasunou písty 3 a 4 (10mm)

$$t_5 = t_4 = 100\text{ms}$$

6. Poté se sekvence opakuje

$$t_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_{4.1} + t_5 = 25 + 206 + 1000 + 100 + 25 + 100$$

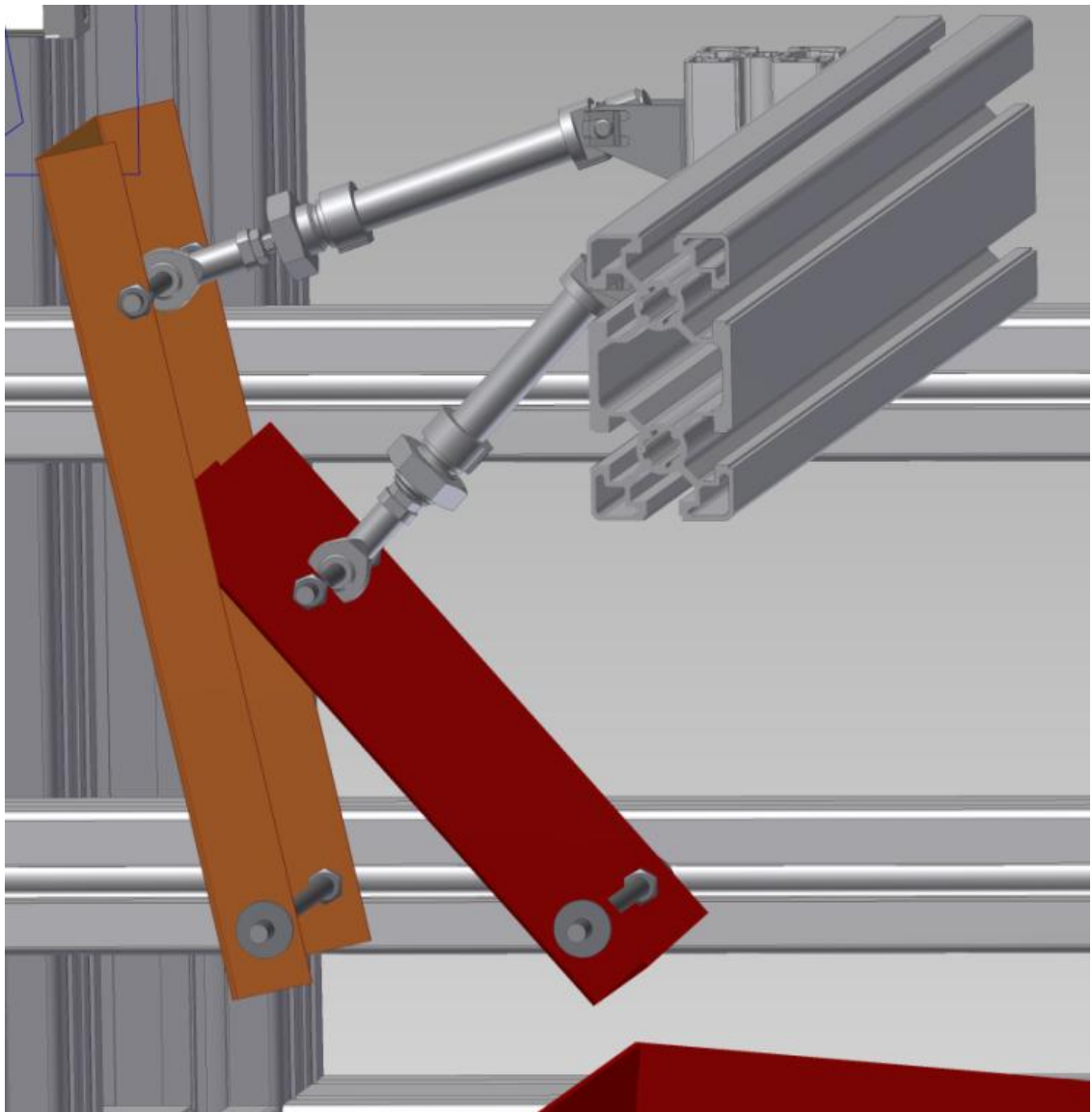
$$t_c = 1431\text{ms} = 1,431\text{s}$$

$$t_c < 1,5\text{s} \Rightarrow \text{VYHOVUJE POŽADAVKŮM}$$

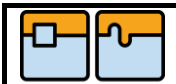



### 3.6. TŘÍDÍCÍ MECHANISMUS

Kvůli rychlosti a překonávání menší dráhy byla navržnuta děličku vadných kusů s dvěma skluzavkami, poháněnými pneumatickými písty s malým zdvihem.



Obrázek 44 Třídící mechanismus [Inventor 2012]

|  |  |         |
|--|--|---------|
|   | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 52 |
|  | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

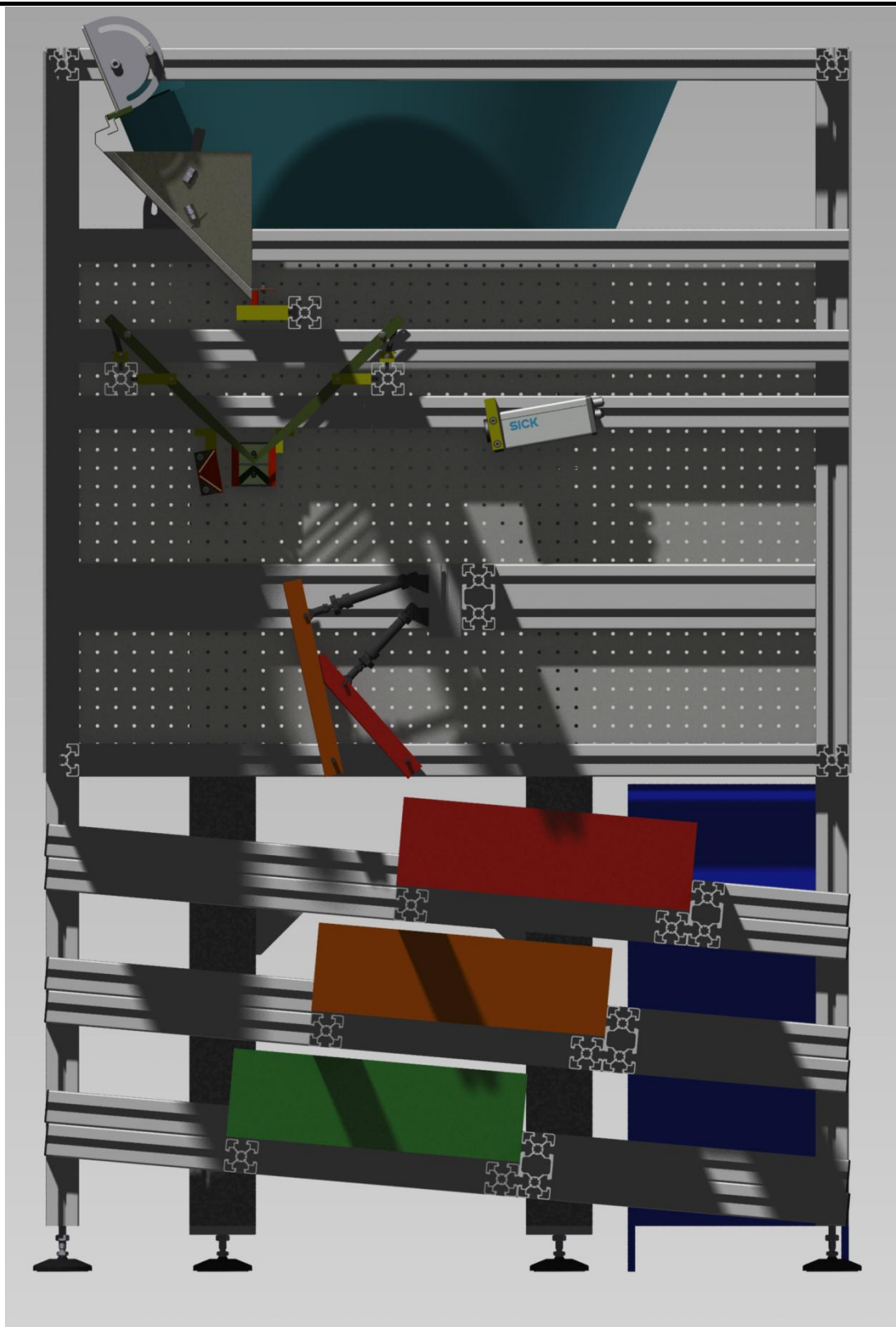
Zvolily se dva dvojčinné pneumatické válce od firmy Festo typ DSNU-12-40-P, jeden se zdvihem 40mm pro cestu vadných dílů s neprůchozím otvorem a druhý se zdvihem 25mm pro vadné díly se špatnou geometrií. Pracují v provozním tlaku 1,5 až 10 [bar] a při teplotách od 0 do +120 [°C].



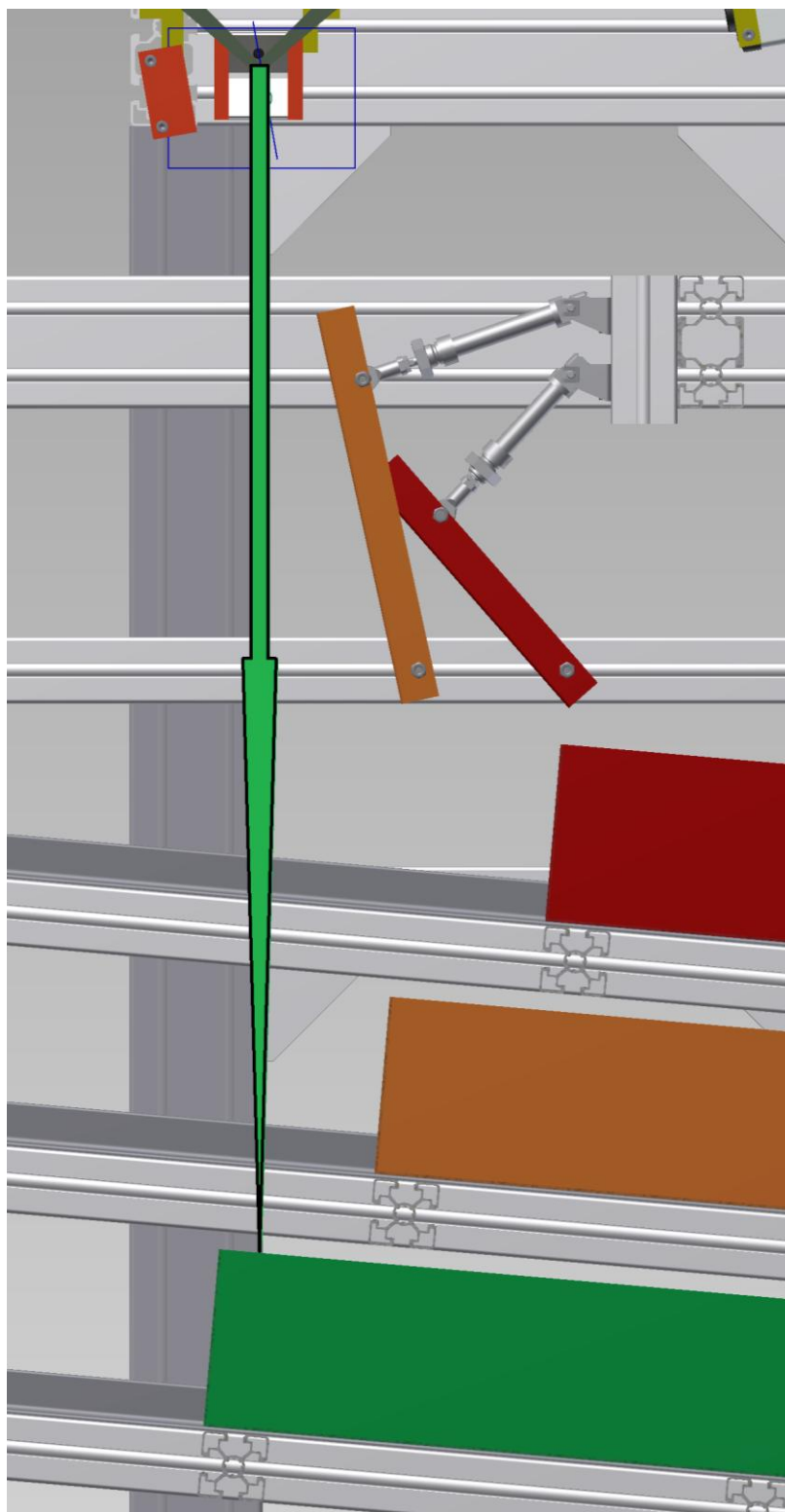
Obrázek 45 DSNU-12-40-P [6]

### 3.7. OK, NOK SOUČÁSTI

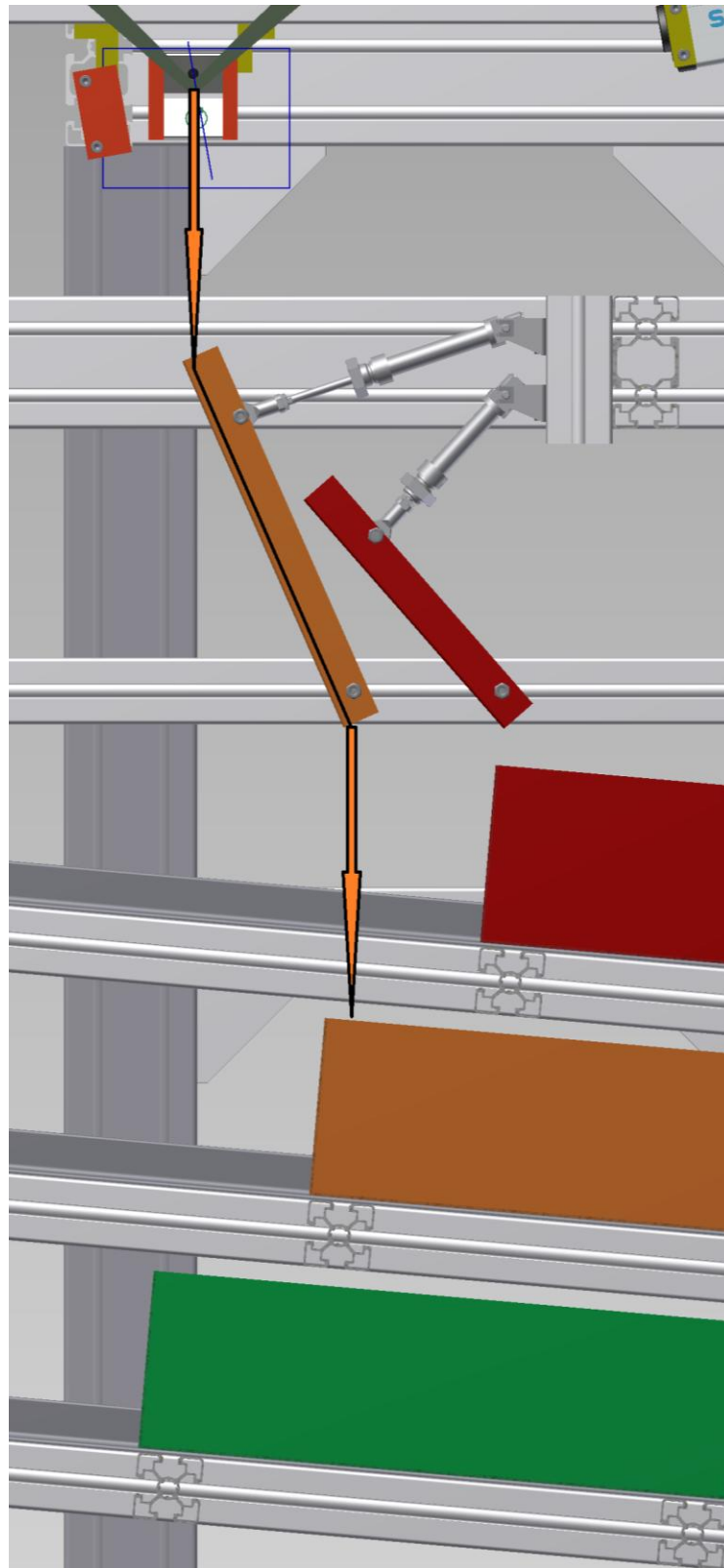
Rozdělená pryžová těsnění budou padat do tří Euro přepravek, které jsou šikmo umístěny kvůli lepšímu rozložení dopadajícího materiálu. Umístění přepravek je navrženo tak, aby manipulace s nimi byla jednoduchá.



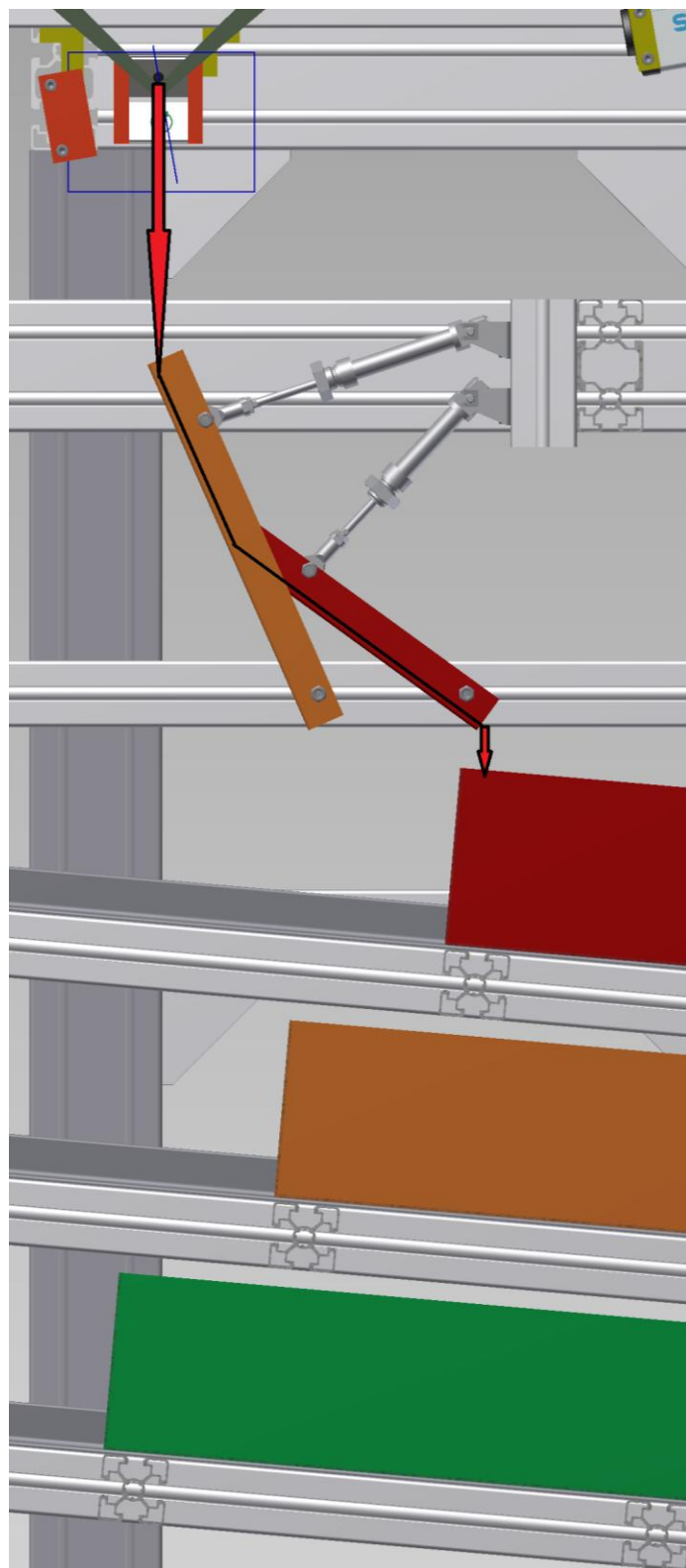
Obrázek 46 Celkový řez [Inventor 2012]



Obrázek 47 "NOK" cesta, špatný tvar [Inventor 2012]

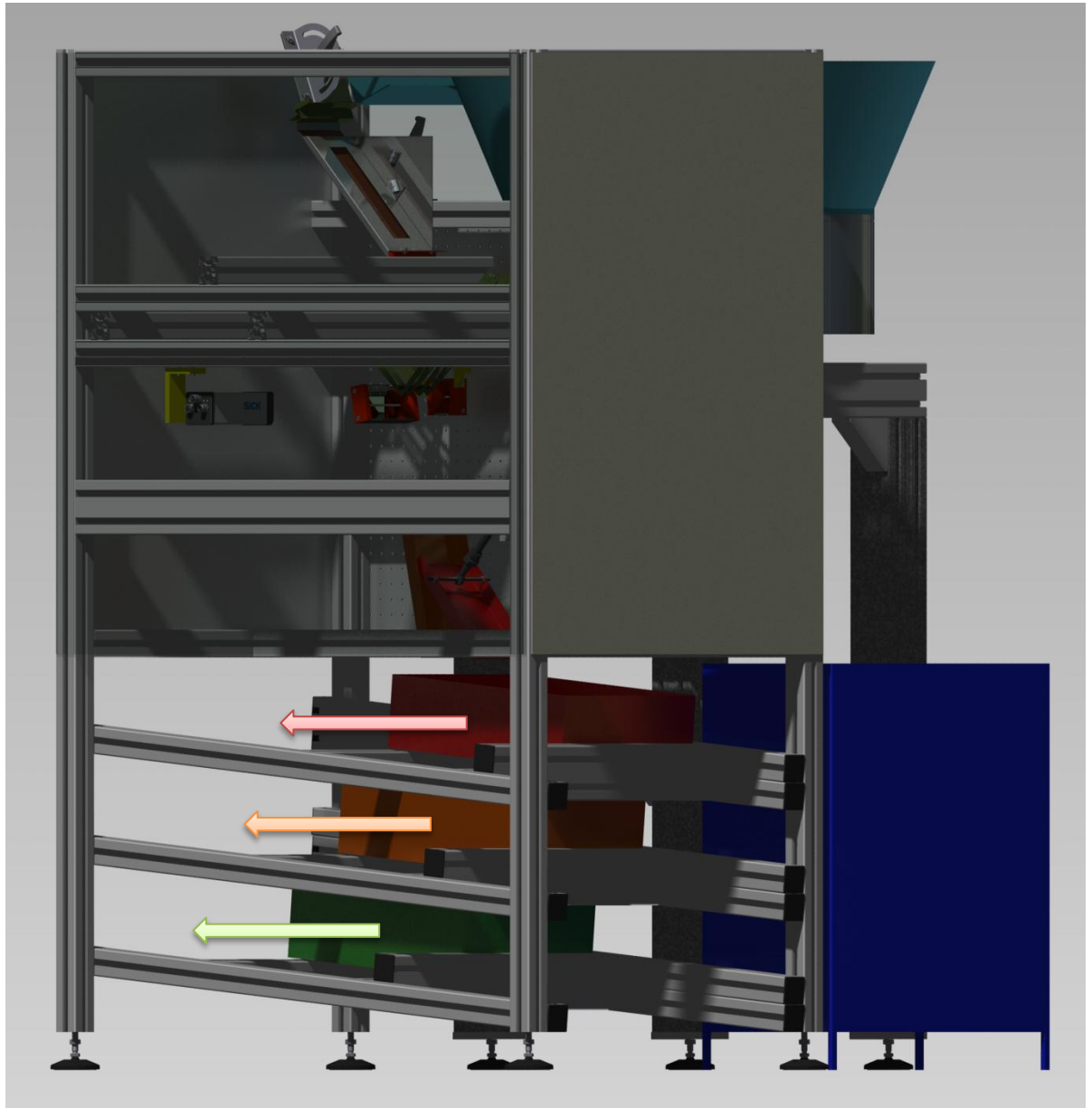


Obrázek 48 "NOK" cesta, neprůchozí otvor [Inventor 2012]



Obrázek 49 "OK" cesta, vše v pořádku [Inventor 2012]





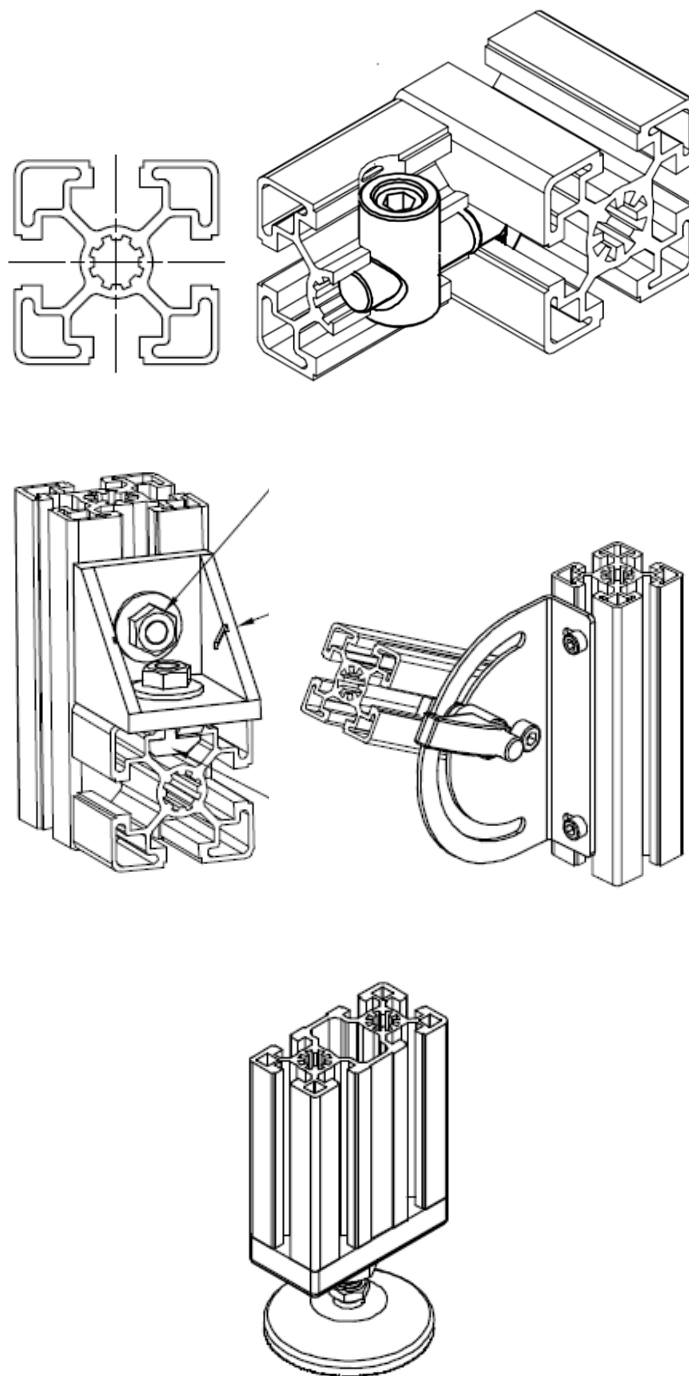
Obrázek 50 Způsob vyjmutí přepravek [Inventor 2012]

Přepravky se odebírají čelní stranou, jsou lehce nakloněny kvůli lepšímu uspořádání dopadajících dílů. Jejich umístění vymezují hliníkové profily.



### 3.8. NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosná konstrukce je sestavena z hliníkových profilů od firmy ALUTEC K&K, a.s. Spojení profilů je zobrazeno v detailech spojení viz katalog výrobce.



Obrázek 51 Detaily spojení hliníkových profilů [8]



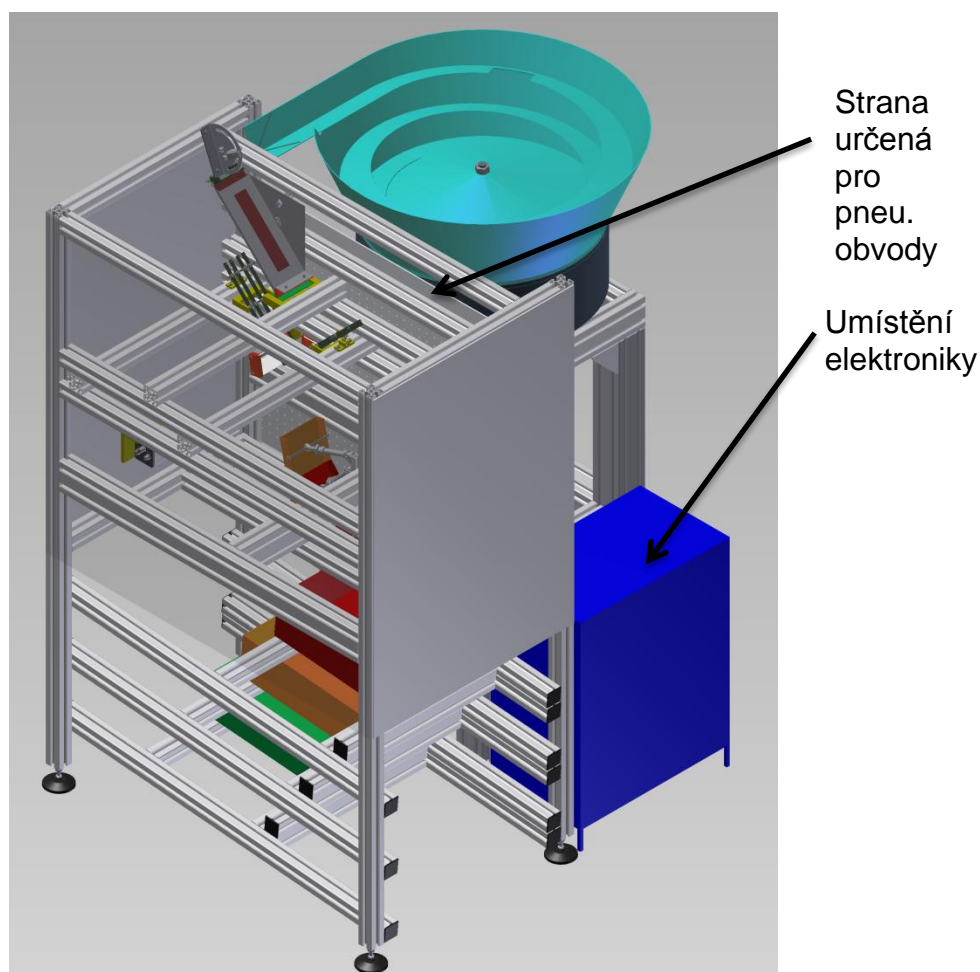
#### 4. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Protože není znám současný fungující stav, bude zde vypsán pouze odhad celkové cenové náročnosti (bez DPH) při současných cenách.

- Celková nosná konstrukce se všemi prvky od firmy MMT s.r.o.  
42 704 Kč
- Odhad ceny montáže hliníkové konstrukce  
12 000 Kč
- Kamerový systém skládající se ze dvou kamer, dvou objektivů, kabeláže, dvou držáků od firmy SICK spol. s r.o.  
233 652 Kč
- Odhad ceny výpočetní elektroniky se softwarem  
45 000 Kč
- Pneumatické písty a příslušenství s montáží od firmy FESTO s.r.o.  
16 723 Kč
- Celek vibračního zásobníku Vondra a Vondra s.r.o.  
89 800 Kč
- Součet činí  
439 879 Kč

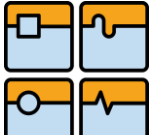
## 5. ZÁVĚR

Při návrhu konstrukce bylo snahou využít co nejvíce již fungujících zařízení z praxe, aby se předešlo nerealizovatelnosti systému. Pokud bylo nutné vymyslet nový návrh, bylo třeba ho podpořit výpočtem nebo nákresem. Během celého procesu návrhu byl nejzávažnější problém čas kontroly každé jednotlivé součástky, proto byl zvolen volný pohyb v úseku kontroly. Díky tomu se docílilo rychlého pohybu bez větší energetické náročnosti na posun součástí.







Obrázek 52 Celkové sestavení [Inventor 2012]

Finální celek je zakrytován kvůli možnosti nežádaného zásahu z okolí do automatizovaného systému, jako například průvanu, který by mohl ovlivnit pohyb součástí. Zadní strana je určena pro instalaci pneumatického obvodu a vedení potřebné kabeláže do místa určeného pro řídicí systém.

|   |  |         |
|---|--|---------|
|  | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 61 |
|   | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

## 6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Automatizace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Automatizace>
- [2] CHVÁLA, Břetislav, Gejza DUNAY a Josef NEDBAL. *Automatizace: vysokošk. učebnice pro strojní fakulty vys. škol techn. 3., opravené vyd.* Praha: SNTL, 1989, 603 s. ISBN 80-030-0090-4.
- [3] *Automation Devices, Inc* [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.autodev.com/>
- [4] *Libor Kříž: Vibrační technika* [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.liborkriz.eu/cz/index.html>
- [5] *Vondra a Vondra* [online]. 2011 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.vondra-vondra.cz/cz/>
- [6] *FESTO* [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: [http://www.festo.com/cms/cs\\_cz/index.htm](http://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm)
- [7] *SICK: Sensor Intelligence* [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <https://www.mysick.com/>
- [8] *ALUTEC K&K a.s.: Hliníkový konstrukční systém* [online]. 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.aluteckk.cz/>
- [9] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky*. 2. uprav. a dopl.vyd. Praha: Scientia, 1999, 911 s. ISBN 80-718-3164-6.
- [10] *Montážní a manipulační technika* [online]. 2011 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.mmt.cz/aktualne/cenik-hlinikovych-profilu-paletti/?aktualitaId=9>
- [11] *DORMA* [online]. 2011 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.glascomp.cz/pages/sklenarstvi-ndash-vyroba-a-dodavky-vsech-typu-skel/cira-skla-a-zrcadla.php>
- [12] *FABORY* [online]. 2009 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: [http://www.fabory.cz/pages/categories.html?catId=fabory\\_0000092195\\_0000092485\\_0000092486\\_0000092487&pageId=20](http://www.fabory.cz/pages/categories.html?catId=fabory_0000092195_0000092485_0000092486_0000092487&pageId=20)

|   |  |         |
|---|--|---------|
|   | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky | Str. 62 |
|   | DIPLOMOVÁ PRÁCE                            |         |

## 7. SEZNAM PŘÍLOH na DVD

- [1] 201138-prirazeni-regulaci-k-vibracnim-pohonum
- [2] 201138-technicky-list-nasypky-kuzelove-typ-nk
- [3] MOUNTING-COMPONENTS\_CZ str. 4
- [4] DSNU-ISO\_CZ pist str. 8-16
- [5] EZH-DZF-DZH\_CZ EZH 1,5x6,5 s6 str. 4-6
- [6] PISTON-ROD-ATTACH\_CZ SG M4 s7 str. 4
- [7] 20108.050.090cs Závitová tyč m5x90
- [8] M45D10-Katalog str. 1-20
- [9] ADVC\_CZ pist str. 8-11
- [10] 201138-technicky-list-plynula-regulace-digr
- [11] 201137-technicky-list-vibracni-pohony-kruhove-typ-c
- [12] Methods and techniques manual scan40001 str. 2,4
- [13] Vut\_MiDr\_1\_0
- [14] NÁVRH\_ZÁSOBNÍKU 3-101125-12/00
- [15] PRYŽOVÉ\_TĚSNĚNÍ 4-101125-12/11
- [16] NŮŽ 4-101125-12/12
- [17] 120425 vibracni zasobnik cena
- [18] FESTO e7faec8\_3257\_2510026602\_20120430 ceny
- [19] SICK vut\_NA051422 cena
- [20] 1331725705\_(Nabidka\_Paletti\_001)
- [21] 1331725680\_(Nabidka\_Paletti\_002)
- [22] Nabidka\_Paletti
- [23] celkove sestaveni (Inventor 2012)