



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**NÁSTĚNNÝ MANIPULÁTOR S PNEUMATICKÝM  
ZDVIHEM**

THE MANIPULATOR WITH PNEUMATIC ACTUATOR

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Stanislav Mach

**VEDOUcí PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2017



## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Stanislav Mach**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení  
Vedoucí práce: **Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.**  
Akademický rok: 2016/17

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

### Nástěnný manipulátor s pneumatickým zdvihem

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh konstrukčního řešení manipulátoru pro přemístění hliněných cihel na pomocné plošině. Manipulátor upevněn na zdi. Otáčení vyvozeno ručním pohonem. Zdvih manipulátoru vyvozen z pneumatického pohonu.

Technické parametry:

Manipulační úhlový prostor  $180^\circ$ .

Hmotnost břemene na jedné plošině do 50 kg. Rozsah zdvihu manipulátoru od 0,2 m do 2 m.

#### Cíle bakalářské práce:

Konstrukční návrh možných variant řešení.

Návrh jednotlivých částí konstrukce manipulátoru.

Silový rozbor mechanismu manipulátoru.

Pevnostní kontrolu vybraných konstrukčních uzlů. Návrh pneumatického pohonu.

Sestava manipulátoru.

Podsestava svařence manipulátoru.

Dílenské výkresy dílů.

#### Seznam literatury:

NEPRAŽ, František. Modelování systémů s hydraulickými mechanismy. 1. vydání. Brno: Bosch Rexroth, 2002. ISBN 8021421878.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLIŠKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava:Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

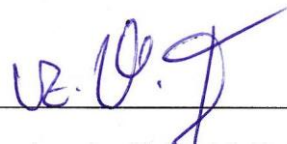
LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 31. 10. 2016



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.  
ředitel ústavu



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

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je navrhnout konstrukci nástěnného manipulátoru s pneumatickým pohonem pro přesun hliněných destiček na paletě. V úvodní části je popsána současná nabídka a rozdělení Průmyslových robotů a manipulátorů. V další části bakalářské práce je popsán vlastní návrh konstrukce manipulátoru.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Nástěnný manipulátor, průmyslové roboty a manipulátory, manipulátor

## **ABSTRACT**

The aim of the bachelor thesis is to design a wall-mounted manipulator with pneumatic drive for moving clay plates on a pallet. The introductory part describes the current supply and distribution of industrial robots and manipulators. In the next part of the bachelor thesis is described the own design of the manipulator construction.

## **KEYWORDS**

Wall manipulator, industrial robots and manipulators, manipulator

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MACH, S. *Nástěnný manipulátor s pneumatickým zdvihem*. Brno, 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 39 s. Vedoucí diplomové práce Jaroslav Kašpárek.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 26. května 2017

.....

Stanislav Mach

## PODĚKOVÁNÍ

Chci poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat blízké rodině, zvláště mým rodičům za podporu při studiu na vysoké škole.



## OBSAH

Úvod .....	10
1 Přehled současné nabídky průmyslových robotů a manipulátorů .....	11
1.1 Základní dělení .....	11
1.2 Charakteristické znaky průmyslových robotů a manipulátorů .....	12
1.3 Rozdělení dle konstrukce .....	14
1.4 Rozdělení dle pracovní hlavice .....	16
1.5 Pohony průmyslových robotů a manipulátorů .....	19
2 Návrh vlastní konstrukce .....	21
2.1 Návrh varianty řešení .....	21
2.2 Návrh konstrukce manipulátoru .....	21
2.3 Návrh pohonu .....	27
2.4 Návrh spojení pohybových členů .....	28
2.5 kontrola čepu .....	29
3 Zhotovení 3D modelu .....	32
4 Údržba stroje .....	34
Závěr .....	35
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	38
Seznam příloh .....	39

## ÚVOD

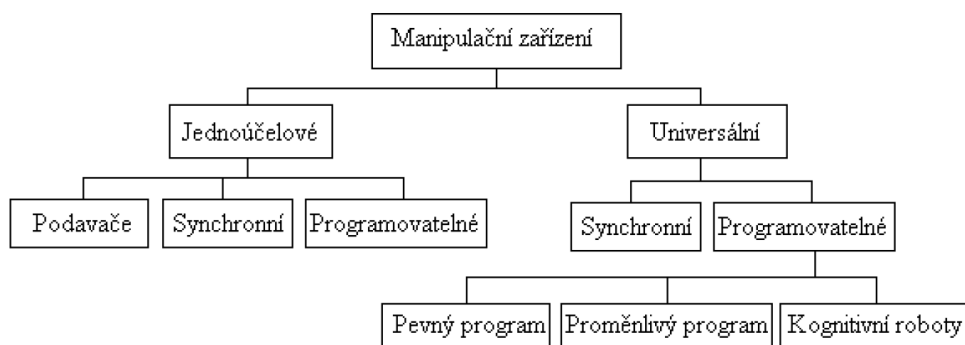
Cílem této bakalářské práce je navrhnout nástěnný manipulátor s pneumatickým zdvihem určený pro přenos hliněných cihel na paletě. Jedná se hlavně o jednoúčelový manipulátor, který ulehčí práci obsluze ve výrobě těchto cihel. Dále vyhotovit výrobní výkresy, výkres sestavy a pevnostní výpočty jednotlivých uzlů. V rešeršní části se zabývám nyní dostupným průmyslovým manipulátorem, z hlediska konstrukce, druhu pohonu a druhům uchycení břemene.



*Obr. 1 Průmyslový manipulátor s pneumatickým pohonem [4]*

# 1 PŘEHLED SOUČASNÉ NABÍDKY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ

Tlak, který roste na výrobu produktu z hlediska kvality výroby a produktivity, je jedním z důvodů rostoucí poptávky a použití automatických výrobních zařízení. Celé řady úkonů i celých procesů jsou v rámci automatizace se čím dál víc prosazují manipulatory a roboty. Pro zvýšení produktivity výrobního procesu musíme provést rekonstrukci, modernizaci a automatizaci výrobního řízení. V místech, kde se jedná o monotónní práci, lze nahradit obsluhu či pracovníka automatem nebo v místech, kde se pracuje ve zdraví škodlivém prostředí. Automatizace i z hlediska kvality výroby má lepší výsledky než člověk. Průmyslové roboty a manipulatory (dále též v označení PRaM) jsou manipulační mechanismy, které můžeme rozdělit, viz Obr. 2, podle funkce, provedení, aplikační možnosti, úrovně řízení apod. [1]



Obr. 2 Rozdělení manipulačních zařízení [1]

V dnešní době máme v nabídce u různých prodejců celou řadu průmyslových robotů a manipulatorů.

## 1.1 ZÁKLADNÍ DĚLENÍ

### 1.1.1 JEDNOUČELOVÉ MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ

Jednouúčelové manipulační zařízení se vyznačují omezenými pohybovými možnostmi. Konstrukční provedení a pohony manipulatoru korespondují s obsluhovaným zařízením a používanou technologií. Dále se vyznačují úrovní řízení vyhovující dané aplikaci. [1]

### 1.1.2 UNIVERSÁLNÍ MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ

Universální neboli víceúčelové manipulační zařízení se můžou dle svých možností přizpůsobit různým technologiím, kde volba mezi universálním nebo jednouúčelovým manipulačním zařízením se odvodí z celkového zjištění a vyhodnocení technologie, pracoviště, použití atd. Při zjištění těchto informací je dále zapotřebí respektovat další hlediska, a to zejména technická a ekonomická. [1]

PRaM můžeme specifikovat dále podle jednotlivých charakteristických znaků. Tato skupina má dále rozdělení do větví na podskupiny. Dělíme je od nejjednodušších manipulátorů až po kognitivní roboty. Tyto kognitivní roboty jsou vybavené vnímat svou práci pomocí jisté umělé inteligence, která má v sobě schopnosti vnímání apod [1].

## 1.2 CHARAKTERISTICKÉ ZNAKY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ

### 1.2.1 PODAVAČE

Zařízení tohoto typu definujeme jako nejjednodušší jednoúčelové manipulátory. Tato zařízení jsou často zhotovovány sami uživateli. Jsou dostupné k zakoupení samostatně pro doplnění stroje, se kterými poté tvoří s ovládaným strojem jeden celek, čímž jsou řízeny a pohon je od nich odvozen. Typickým jednoduchým podavačem v praxi, je podavač papíru v tiskárně viz obr. 3[1].



*Obr. 3 Podavač papíru v tiskárně [5]*

### 1.2.2 SYNCHRONNÍ

Synchronní manipulátory jsou zařízení, bez počítačového řídicího systému, které jsou převážně ovládaný člověkem. Úkolem těchto manipulátorů je zesilovat lidskou sílu a pohybové možnosti operátora. Dále eliminovat nedokonalosti obsluhy a umožní práci v náročných pracovních podmínkách. Synchronní manipulátory jednoúčelové mají omezenou možnost použití jiné manipulace, než která je jim určena. Příkladem jsou jednoúčelové teleoperátory pro zdvihání těžkých předmětů, nebo provádění přesných úkonů. Tyto zařízení mohou být i ovládané na dálku člověkem, kde toto použití můžeme využít zejména v oblasti lékařství, vědecké či vojenské činnosti apod. V dnešní době je u běžné provádění lékařských

operací pomocí teleoperátorů, tudíž nepřímo kontaktu pacienta s lékařem. Příklad teleoperátoru v praxi viz obr. 4 [1].



*Obr. 4 Použití teleoperátoru v praxi (operace ledviny) [7]*

Další charakteristické znaky průmyslových robotů a manipulátorů můžeme uvést ve stručném přehledu.

- Programovatelné
- S pevným programem
- S proměnlivými programy
- Kongitivní roboty.

Tyto charakteristické znaky uvádím ve stručnosti, protože ve vlastním návrhu konstrukce manipulátoru nebude použito ovládání počítačem, tudíž nebude možné jej naprogramovat.

## 1.3 ROZDĚLENÍ DLE KONSTRUKCE

### 1.3.1 ZÁVĚSNÉ

Manipulátory závěsné se vyznačují svým manipulačním prostorem kolem své osy o 360°. Pracovní prostor u této varianty má tu výhodu, že pod samotnou konstrukcí je místo pro manipulaci s materiálem. Příklad takového manipulátoru viz Obr. 5. Další výhodou jsou kolejnice, na kterých může být manipulační konstrukce přimontována, tím má větší prostor pro přesun břemene v jedné ose. Tato varianta je výhodná pro prostory s nižší výškou haly. Při vysokém stropu by musela být přistavěna speciální konstrukce pro tento typ uložení [6].



*Obr. 5 Manipulátor s pevnými rameny [8]*

### 1.3.2 SLOUPOVÉ

Sloupové manipulátory se vyznačují svou konstrukcí na sloupu. Základová deska má dvě varianty. U první varianty jsou rozměry základové desky relativně malé, ale musí se zajistit přišroubování šrouby do podlahy. Druhá varianta nepotřebuje žádné uchycení, ale rozměry základového čtverce musí být větší. Tímto je zajištěna stabilita sloupového manipulátoru.

Výhodou této varianty je prostorová nenáročnost. Manipulační prostor je 360° a disponuje vysokou nosností. Použití pro různé druhy výrobku, často se používá pro nejrůznější paletizační či manipulační procesy. Příklad sloupového manipulátoru viz Obr. 6.



*Obr. 6 Sloupový manipulátor [9]*

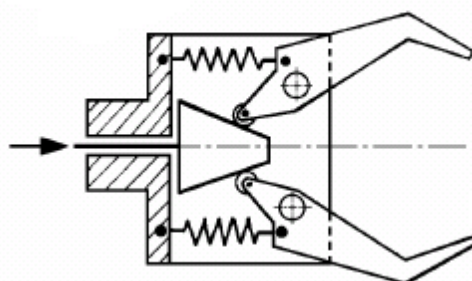
## 1.4 ROZDĚLENÍ DLE PRACOVNÍ HLAVICE

Pracovní hlavice PRaM je umístěna zpravidla na výstupu pohybového systému manipulátoru nebo robotu. Přesný název můžeme uvést výstupní hlavice. Každý robot, či manipulátor má jinou výstupní hlavici, což odpovídá charakteru PRaM. Ve výrobě můžeme uvažovat charakteristické aplikace PRaM dle následujících bodů [1].

- Vkládání objektu do pracovního prostoru a vyjmutí
- Mezioperační manipulace
- Technologické operace
- Kontrolní operace

### 1.4.1 ÚCHOPNÉ HLAVICE

Úchopné hlavice slouží k uchycení objektu při manipulaci. Hlavní částí koncové hlavice je systém nástrojů, u kontrolních nebo měřicích hlavic se jedná o čidla, pro sledování různých parametrů ať už délkových či jiných veličin. Dále se pak můžeme setkat s kombinovanými hlavicemi, které zajišťují v rámci jedné konstrukce dvě a více funkcí. Schéma úchopné hlavice je možné vidět na Obr. 7. Důležitou součástí návrhu hlavice je zajištění proti uvolnění tělesa z hlavice, tím zamezení pádu objektu, ublížení zdraví obsluhy, případně škody vytvořené uvolněním objektu [1].



Obr. 7 Schéma mechanické úchopné hlavice [6]

Dále tyto úchopné hlavice rozdělujeme dle počtu prstů pro uchycení břemene. Volbu, kterou hlavici a s kolika prsty použijeme závisí na tvaru objektu, hmotnosti a rozměrech. Podle počtu úchopových členů se rozlišují úchopové hlavice [1]:

- Dvouprsté
- Tříprsté
- Čtyřprsté
- Šestiprsté





*Obr. 8 Dvouprstá, tříprstá, čtyřprstá a šestiprstá hlavice [3]*

#### **1.4.2 PRACOVNÍ HLAVICE S LIŽINAMI**

Pracovní hlavice s ližinami, slouží převážně k přemístění europalet. Může být však nadstavena, nebo s nastavitelnými parametry, dle rozměrů břemene. Na obrázku Obr. 9 je možné vidět příklad takové hlavice. Výhodou této pracovní hlavice je universální použití pro přemístění jakéhokoliv objektu.



*Obr. 9 Pracovní hlavice s ližinami [10]*

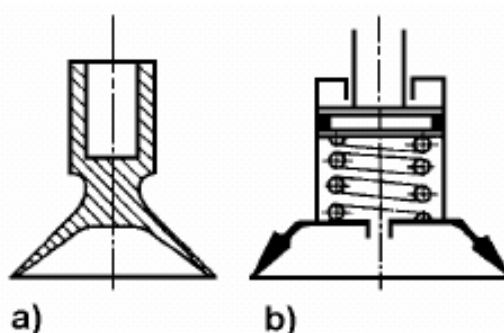
### 1.4.3 PRACOVNÍ HLAVICE PODTLAKOVÉ

Podtlakové úchopné hlavice rozdělujeme do odvětví:

- Pasivní
- Aktivní

Pasivní podtlakové prvky jsou deformační přísavky z pryžového materiálu, kde k vyvození úchopné síly dojde po přitlačení koncové přísavky k povrchu objektu, který je tímto způsobem přemístěn. Při deformaci této přísavky se zmenší objem vnitřního prostoru mezi přísavkou a povrchem materiálu a při zpětném pohybu, kdy pružnost stěn zvětší do určité míry svůj objem, vznikne podtlak, který drží objekt. Viz Obr. 10 a). Tato úchopná síla závisí na tvaru a povrchu materiálu, ale i na tuhosti přísavky. Není-li zaručený dostatečně hladký povrch objektu, lze použít přísavku s odpruženým pístem. V této přísavce je možné udržovat podtlak i při určitých netěsnostech mezi pryžovou přísavkou a povrchem objektu. Schéma takové hlavice na Obr. 10 b). Síla, která uchopí objekt, se zde dá nastavit tuhostí pružiny [1].

Aktivní podtlakové prvky mají výhodu vytváření podtlaku mezi přísavkou a objektem vývěvou nebo ejektorem.



Obr. 10 a) schéma pryžové deformační přísavky, b) schéma přísavky s odpruženým pístem [6]



Obr. 11 Přísavky [6]

## 1.5 POHONY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ

U průmyslových manipulátorů a robotů je důležitou součástí pohon, jehož funkcí je přeměnit nebo znásobit vstupní – primární energii. Hydraulické i pneumatické pohony pracují se stejným druhem média a to kapalinou. Poddajnost a viskozita kapalin a plynů se podílí na různých vlastnostech mechanismů. Přednosti těchto mechanismů jsou v možnosti realizace přímočarého pohybu [1].

### 1.5.1 PNEUMATICKÝ POHON

U konstrukcí průmyslových robotů a manipulátorů se pneumatický a hydraulický pohon v jejich konstrukci uplatňuje ve dvou hlavních oblastech. Jednodušší konstrukce manipulátorů s menší nosností, periferních prvků a zařízení automatizovaných pracovišť používají pneumatický pohon. Příklad pneumatického pístu na Obr. 12. Jako pracovní tekutina se používá stlačený vzduch [1].

Přednosti pneumatických pohonů:

- Možnost napojení pohonu na centrální kompresor se stlačeným vzduchem, kde je jednoduchý rozvod bez zpětného odvádění vzduchu z motoru
- Možnost dosažení rychlého přímočarého pohybu
- Prostředí, ve kterém pracuje může mít velké tepelné rozpětí, výbušné prostředí a prostředí, ve kterém je nebezpečí vznícení od otevřeného ohně

Nedostatky pneumatických pohonů:

- Při malých rychlostech je obtížné udržení rovnoměrného pohybu
- Komplikované mazání pohyblivých částí prvků mechanismu
- Drahý provoz ve srovnání s elektrickým pohonem, nebo hydraulickým



Obr. 12 Pneumatické pohony [11]

Lze tedy říct, že použití pneumatického pohonu použijeme u menších manipulátorů o menších výkonech do přibližně 1kW, jednoduché cykly, pro nastavení polohy nebo pevné dorazy, kde není problém s obtížným řízením rychlosti pohybu a nerovnoměrnosti pohybu [1].

### 1.5.2 HYDRAULICKÁ POHON

Hydraulický pohon se realizuje v provozech robotů a manipulátorů s potřebou větších výkonů při realizaci jednoduchých pohybových funkcí, tak i se spojitým zařízením pohonu. Pracovní kapalina se u hydraulických pohonů používá minerální olej [1].

Přednosti u pneumatických pohonů:

- Velká tuhost
- Plynulý chod
- Dosažení i malé rychlosti pohybu bez převodů a velmi dobrou rovnoměrností
- Velká účinnost

Nedostatky hydraulických pohonů

- Energetický blok musí být samostatný a oddělený
- Obtížné dosažení vyšších rychlostí pohybů
- Prostředí s větším rozdílem teploty se projeví na viskozitě pohonné tekutiny a tím i na rychlosti pohybu pohonu
- Hořlavost některých druhů pohonných kapalin



*Obr. 13 Dvojčinný hydraulický válec pro nízké tlaky [12]*

## 2 NÁVRH VLASTNÍ KONSTRUKCE

### 2.1 NÁVRH VARIANTY ŘEŠENÍ

Cílem této bakalářské práce je navrhnout manipulátor pro přemístění hliněných cihel na pomocné plošině. Manipulátor bude upevněn na zdi, kde pracovní prostor bude 180°, maximální hmotnost břemene 50 kg a rozsah zdvihu manipulátoru od 0,2 m do 2 m. Z hlediska peněžní úspory a jednoduchosti výroby je cílem navrhnout manipulátor jednoduchý na montáž a výrobu.

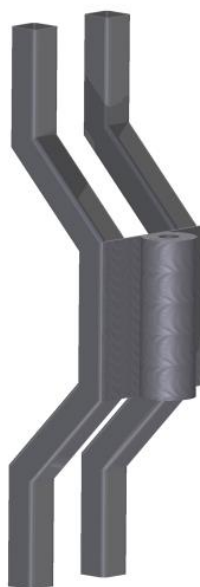
Inspirací pro návrh konstrukce manipulátoru je sloupový manipulátor, kde nosný sloup manipulátoru je nahrazen konzolou upevněnou ve zdi. Tím se mění rozložení sil v konstrukci.

### 2.2 NÁVRH KONSTRUKCE MANIPULÁTORU

Konstrukce manipulátoru se skládá ze čtyř základních částí. Tyto části nejsou spojeny nerozebíratelným spoje, tudíž se jedná i jednoduchost montáže.

#### 2.2.1 RÁM KONZOLY

Základní část celého manipulátoru začíná u konzoly spojující stěnu, ke které bude manipulátor připevněn a samotnou konstrukci manipulátoru. Zde jsem volil svařovanou konstrukci z trubky čtvercového průřezu. Model rámu základní konzoly na Obr. 14.



*Obr. 14 Konstrukce konzoly*

### 2.2.2 NÁVRH PARALELOGRAMU

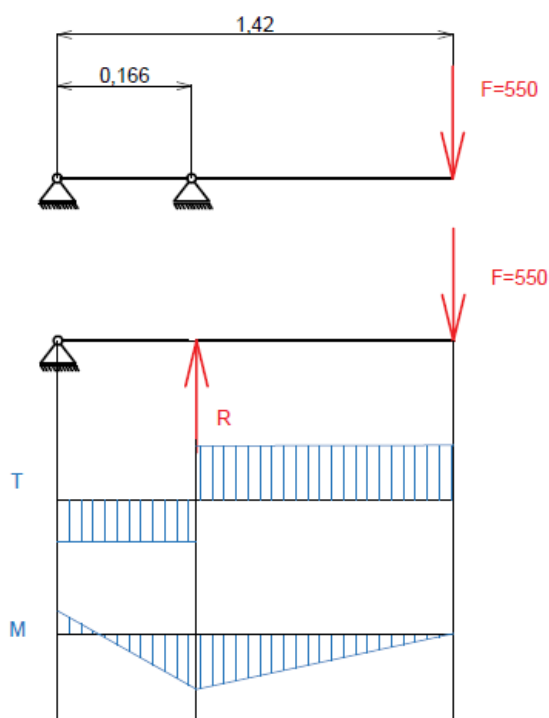
Druhá část manipulátoru se skládá z mechanismu paralelogram. Jedná se o čtyřkloubový mechanismus, který má shodnou délku ramen. Tento mechanismus zajišťuje vodorovnou polohu přenášeného objektu. Dále bude nosnou konstrukcí pro pneumatický pohon.



Obr. 15 Konstrukce paralelogramu

Kontrola paralelogramu na ohyb a výpočet potřebné síly pístu k jednoduchému pohybu manipulátoru.

### 2.2.3 VÝPOČET SÍLY PÍSTU



Obr. 16 Schéma vnitřních účinků

**VÝPOČET REAKČNÍ SÍLY**

$$L = 1,42 \text{ m}$$

$$l = 0,166 \text{ m}$$

$$F = 550 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F + R = 0$$

$$\sum M = 0$$

$$F \cdot L - R \cdot l = 0 \Rightarrow R$$

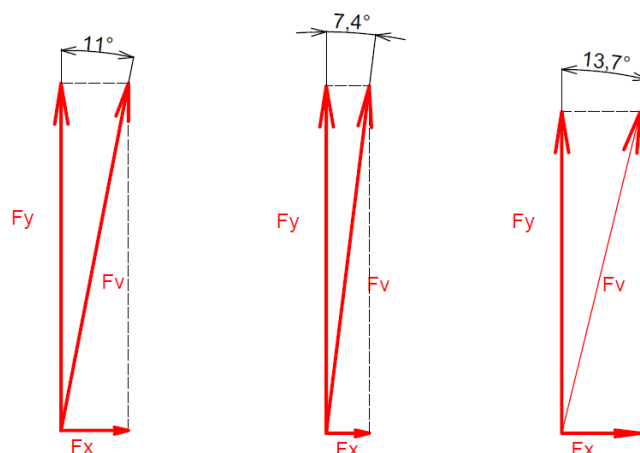
$$R = \frac{F \cdot L}{l}$$

$$R = \frac{550 \cdot 1,42}{0,166}$$

$$R = 4704,81 \text{ N}$$

Hodnota  $R$  je síla, která působí kolmo na nosník. Výslednou sílu, která působí pod úhlem na paralelogram, spočítáme pomocí odměřených úhlů v maximálních polohách manipulátoru.

Jelikož píst není umístěn tak, aby byl k paralelogramu v kolmém smyslu dle následující tabulky Tab. 1 můžeme vidět maximální síly a rozložení sil. V nejnižší poloze manipulátoru svírá mezi výslednicí sil a vertikální silou, což je naklonění pístní tyče proti vertikálnímu smyslu úhel  $11^\circ$ . Ve střední poloze, což je poloha, kde ramena paralelogramu jsou ve vodorovném smyslu, je pístní tyč pod úhlem  $13,7^\circ$ . Zde je největší naklonění pístu. V nejvyšší poloze manipulátoru pak svírá úhel pístní tyče  $7,4^\circ$ .



Obr. 17 Schéma úhlů pístu

Tab. 1 Silový rozbor

	$F_v$ [N]	$F_x$ [N]	$F_y$ [N]
Nejnižší poloha 0,2 m	4792,87	897,72	4704,81
Střední poloha 1,1 m	4843,21	1116,67	4704,81
Nejvyšší poloha 2,2 m	4744,44	606,77	4704,81

#### 2.2.4 NÁVRH RAMENE

V ohýbaném ramenu konstrukce manipulátoru jsem řešil zejména profil a technologii výroby vůči bezpečnosti konečného výrobku. Jedním z návrhů byla svařovaná konstrukce z čtvercové trubky složená ze tří částí spojené technologií svařování viz Obr. 18. Mezi každou částí by byl úhel 135°, aby výsledný úhel dal 90°. Tato varianta má nízkou bezpečnost, riziko porušení svaru a deformaci celé konstrukce.



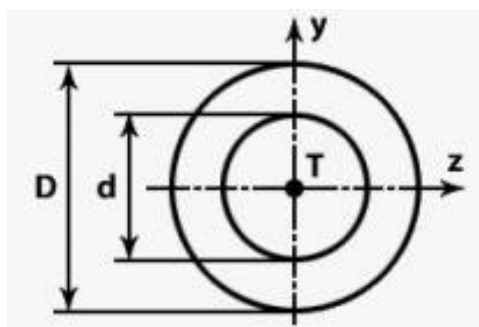
Obr. 18 Návrh svařovaného ramene



Zvolená varianta se skládá pouze z ohýbané trubky, která má díky technologii ohýbání větší tuhost a tím i bezpečnost. Materiál nosníku je S355J0 (11 523). Jedná se o konstrukční ocel, s dobrou svařitelností. Hlavní rozměry průřezu dle normy TR $\emptyset$ 51x6,3 – ČSN 42 5712.01. Na obrázku Obr. 20 je znázorněn model ohýbané součásti.

$$D = 51 \text{ mm}$$

$$d = 38.4 \text{ mm}$$



Obr. 19 Schéma průřezu trubky



Obr. 20 Ohýbaná konstrukce ramene

### 2.2.5 KONTROLA OHÝBANÉHO RAMENE

Výpočet maximálního ohybového momentu

$$F = 510 \text{ N}$$

$$L_r = 1050 \text{ mm}$$

$$M_{o \max} = F \cdot L$$

$$M_{o \max} = 535,5 \text{ Nm}$$

Výpočet modulu průřezu v ohybu

$$W_o = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 \cdot D}$$

$$W_o = 8,83 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

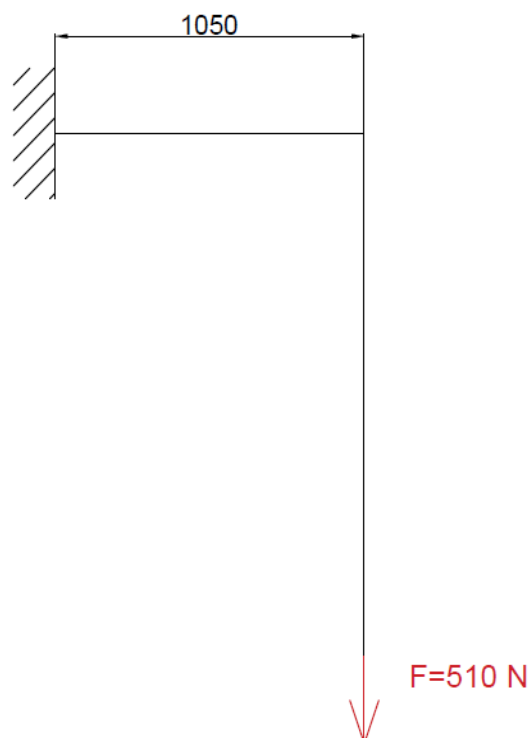
Výpočet ohybového napětí

$$\sigma_o = \frac{M_{o \max}}{W_o}$$

$$\sigma_o = 57,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dov} = 220 \text{ MPa}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_{dov}$$



### 2.2.6 NÁVRH KONCOVÉ HLAVICE

Navrhovaný manipulátor složí k přemístění hliněných cihel na vlastní paletě. Konstrukce palety není předepsaná žádnou normou. Návrh koncové hlavice je universální pro jakýkoliv typ objektu s pevnou plochou pomocí ližin viz Obr.21. Ližiny na koncové hlavici jsou nastavitelné dle potřebného rozměru. V případě možného průhybu je zde doporučeno pogumování samotných ližin, z důvodu zvýšení tření a zabránění případné nehodě v podobě pádu palety s cihlami bez výrazných škod.



*Obr. 21 Koncová hlava-ližiny*

### 2.3 NÁVRH POHONU

Pohon manipulátoru bude zaveden z hlediska jednoduchosti zapojení pneumatický píst, který znásobí lidskou sílu. Návrh pístu je konzultován přímo s výrobcem pneumatických pístů z firmy SMC Industrial Automation CZ s.r.o., na obrázku Obr. 22 je znázorněn obecně pneumatický píst. Potřebný výkon a potřebný zdvih pístu odpovídá požadavkům pro funkčnost manipulátoru. Píst CP96S (D):

Zdvih = 450 mm

Průměr pístu = 32 mm



*Obr. 22 pneumatický píst [13]*

Koncová část pístu pro přenos síly může mít různé uchycení. Příklad nástěnného manipulátoru vyžaduje pro přenos sil koncový segment s kloubovým uchycení čepu, jako na Obr. 23. Toto uchycení umožní nejlepší rozklad sil při pohybu manipulátoru v horizontální ose.

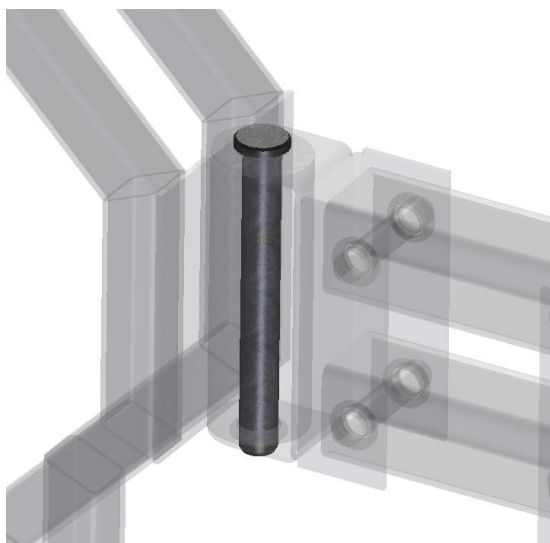


*Obr. 23 kloubové uchycení [14]*

Pneumatický pohon bude napojen na centrální kompresor. V případě výpadku elektrické energie, bude z bezpečnostních důvodů přívod pneumatické tekutiny zabezpečen pojistným ventilem, který uzavře přívod i odvod stlačeného vzduchu. Tímto ventilem zůstane manipulátor při výpadku energie v poloze, ve které byl a neumožní zranit obsluhu.

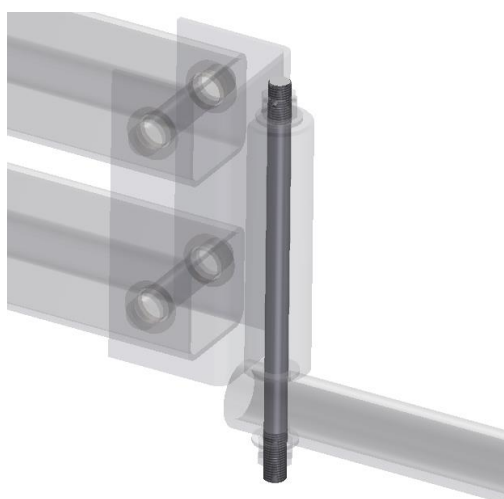
## **2.4 NÁVRH SPOJENÍ POHYBOVÝCH ČLENŮ**

Spojení první konzole a paralelogramu manipulátoru je řešeno pomocí čepu z konstrukční oceli, kde musí být zajištěno pravidelné mazání pro plynulý chod. Části čepu, které jsou namáhány na otláčení a stříh jsou ošetřeny bronzovými otrubky.



*Obr. 24 Spojení čepem*

Spojení mezi paralelogramem a ohýbaným ramenem bude řešeno pomocí závitové tyče. Závitová tyč bude na každém konci zajištěna korunovou maticí a závlačkou proti uvolnění viz Obr. 25.

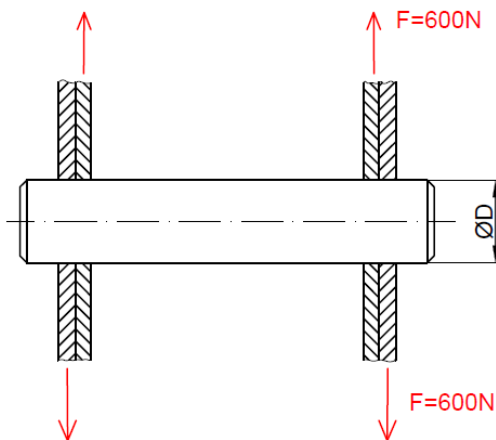


Obr. 25 Spojení závitovou tyčí

## 2.5 KONTROLA ČEPU

Čep o průměru  $\varnothing 24$  spojující části konstrukce paralelogramu je namáhán hlavně na ohyb a stříh. Materiál čepu volím konstrukční ocel E295 (11 500). Schéma namáhání na Obr. 26.

### KONTROLA ČEPU NA STŘIH



Obr. 26 Schéma namáhání čepu

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$F = 600 \text{ N}$$

$$\tau_{DS} = 40 \text{ MPa}$$

$$\tau_S = \frac{F}{S_{\check{c}}} \leq \tau_{DS}$$

$$\tau_S = \frac{F}{\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)}$$

$$\tau_S = \frac{4 \cdot 600}{\pi \cdot 24^2} \leq \tau_{DS}$$

$$\tau_S = 1,32 \text{ MPa} \leq 40 \text{ MPa}$$

### KONTROLA NA OTLAČENÍ

Styčná plocha pro otláčení

$$h = 4,5 \text{ mm}$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$S_o = h \cdot d$$

$$S_o = 4,5 \cdot 24$$

$$S_o = 108 \text{ mm}^2$$

Kontrolní výpočet na otláčení

$$p = \frac{F}{S_o} \leq p_d$$

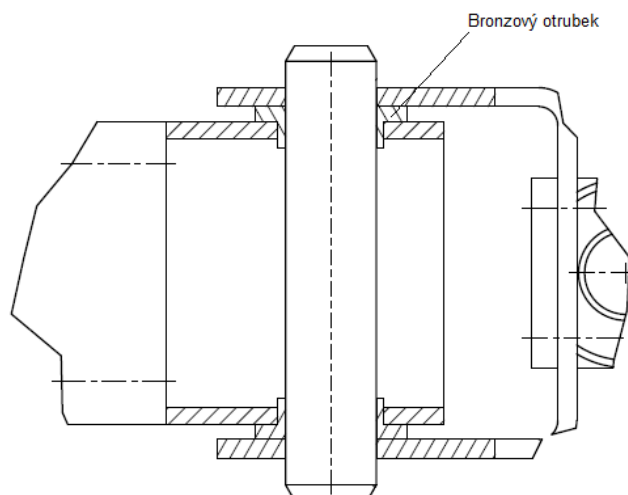
$$p = \frac{300}{2 \cdot 108} \leq p_d$$

$$p = 1,38 \text{ MPa} \leq 60 \text{ MPa}$$

Ikdyž kontrola čepu na otláčení vyšla s vysokou bezpečností, musíme použít bronzových otrubků. Stykové plochy mezi čepem a konstrukcí paralelogramu by byly namáhány třením. Bronzový materiál zabrání tomuto opotřeбенí čepu.

### 2.5.1 NÁVRH DROBNÝCH KOMPONENTŮ

Čepy, které přenášejí na své ploše tenkostěnné profily, jsou namáhané na stříh a otláčení. Pro snížení rizik stříhu a otláčení bude použit otrubek viz schéma Obr. 27. Materiál otrubku jsem zvolil bronz. Bronzy jsou nejčastěji slitiny mědi a cínu. Místo cínu se používají i jiné kovy např. nikl, hliník, křemík apod. Bronzy cínové s obsahem 10% až 14% cínu se používají na ložiska. V této konstrukci bronzové otrubky sníží tření mezi stykovými plochy a zvětšená plocha provede rozklad sil na větší plochu. Na schéma je vidět příklad použití bronzového otrubku v konstrukci.



Obr. 27 Schéma použití otrubku



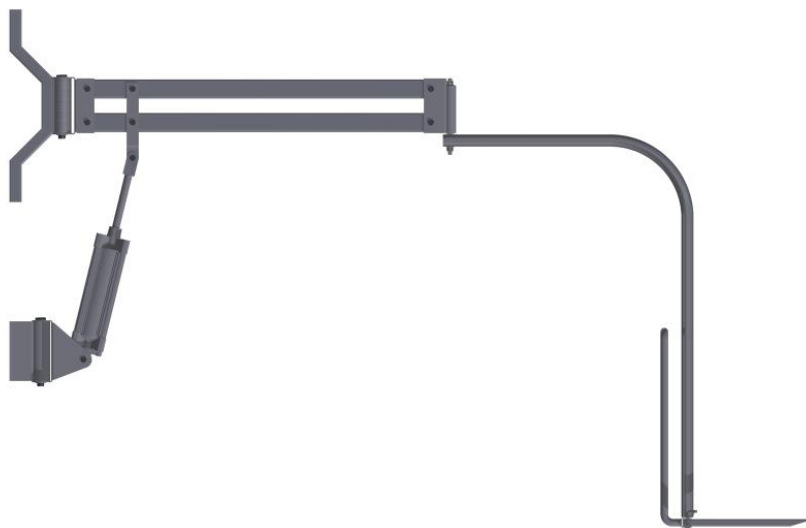
Obr. 28 Model bronzového otrubku

Zajištění čepů proti vypadnutí je řešeno pomocí závlaček. Jelikož použití závlaček je pouze u čepů, které nekonají pohyb či posuv ke směru závlačky, nedejde zde k namáhání tak velkému, aby došlo k deformaci závlačky. Jedná se o závlačku dle normy ČSN EN ISO 1234

### 3 ZHOTOVENÍ 3D MODELU

Zhotovení 3D modelu bylo v modelovacím programu Autodesk Inventor. Složením všech komponentů manipulátoru v modelovacím programu lze vidět reálnou podobu manipulátoru a simulaci manipulačního prostoru viz Obr. 27 Zjištění případných nedostatků můžeme vyřešit hned.

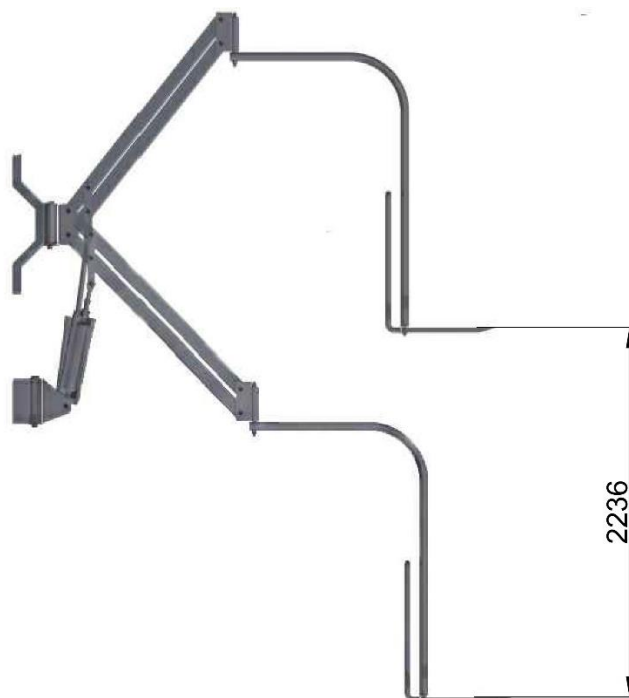
Tato varianta řešení se skládá z mnoha svařovaných komponentů. Materiál u nesvařovaných komponentů bude zvolen E295 (11 500) z důvodu dobrých konstrukčních vlastností. Svařované komponenty jsou z materiálu S355J0 (11 523)



*Obr. 29 Nástěnný pneumatický manipulátor*

Po zhotovení 3D modelu kompletního manipulátoru, je možné odměřit přesný rozsah pohybu stroje. V zadání bakalářské práce je třeba splnit podmínku výškového dosahu od 0,2 m do 2 m. Ze schéma viz Obr. 30. Je možné vidět skutečnou hodnotu, pohyb mechanismu paralelogramu se všemi komponenty stroje a nevyšší a nejnižší polohu manipulátoru.





*Obr. 30 Manipulační prostor*



*Obr. 31 Model konstrukce manipulátoru*

Pomocí 3D modelu můžeme vyhodnotit chování všech konstrukčních částí pomocí simulace na různé druhy namáhání. Samotné zhotovení konstrukce bude vyráběna vlastnoručně ve volném čase majitele výroby. Tento manipulátor je navrhnut tak, aby ulehčil práci obsluhy, která celou pracovní dobu přenáší břemeno vážící 40 kg.

## 4 ÚDRŽBA STROJE

Pro pravidelný chod a dlouhou životnost manipulátoru, je velmi důležitá údržba stroje a kontrola spojů. V příručce k manipulátoru bude napsáno, jak provádět pravidelnou údržbu u tohoto konkrétního manipulátoru a v jakých intervalech.

V první části údržby je důležité promazání pohyblivých částí stroje. Zejména součástky z bronzového materiálu musí být pravidelně mazány. Údržba stroje předepisuje, každý druhý den promazat tyto části olejem. Tímto procesem se nám sníží koeficient tření mezi dotykovými plochami a odplaví se usazeniny a prach.

Další částí údržby je čištění pístní tyče od prachu a nečistot. Tato údržba se bude provádět jednou za tři dny z důvodu hladkého chodu pístu.

V neposlední řadě je důležitá kontrola pevnostních a pojistných spojů. Jednou za sedm dní údržba stroje provede kontrolu svarových spojů. Kontrola bude spočívat ve vizuální prevenci začínajících prasklinách a případných prasklin v pokročilém stádiu. Dále zkontroluje, zda všechny pojistné závlačky nejsou porušené, či vůbec nechybí. Při ztrátě těchto pojistných členů může dojít k rozpadu mechanismu a tím i k nebezpečí úrazu.

## ZÁVĚR

Zadáním této bakalářské práce bylo navrhnout konstrukci nástěnného manipulátoru s pneumatickým zdvihem. V první části jsem se zabýval dostupnou nabídkou manipulátorů a jejich konstrukční řešení. V druhé části mé bakalářské práce jsem se zabýval návrhem vlastní konstrukce nástěnného manipulátoru s pneumatickým zdvihem. Dále byl vytvořen 3D model pro virtuální podobu manipulátoru a zpracování výkresů. Poslední část se zabývá údržbou samotného manipulátoru. Při dodržování pravidelné údržby se prodlouží jeho životnost. Vlastní návrh konstrukce odpovídá zadaným parametrům. Konstrukční podmínky splňují všechny náležitosti pro výrobu samotného stroje.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] RUMÍŠEK, Pavel. *Automatizace: (roboty a manipulátory)*. Brno, 2003. Vysoké učení technické v Brně.
- [2] SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. 1. Brno: Vitium, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [3] AMBROŽ, Pavel. *Koncové efekторы v robotice a manipulaci* [online]. 2015 [cit. 2017-05-05].
- [4] Průmyslový manipulátor. In: *Mecalux logismarket* [online]. Rudná u Prahy, 2016 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://www.logismarket.cz/dalmec/pneumaticky-manipulator-s-rameny-s-ohebnymi-segmeny-2/1773811803-2370895248-p.html>
- [5] Podavač papíru v tiskárně. In: *Konica minolta* [online]. Brno: online [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <https://obchod.konicaminolta.cz/prislusenstvi/>
- [6] *Automatizace a robotizace i.* [online]. Kolín, 2014 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://strojarna7.webnode.cz/pro-studenty/studijni-materialy/automatizace-a-robotizace/>
- [7] Použití teleoperátoru v praxi: operace ledviny. In: *Žít Ústí* [online]. Ústí nad Labem: Media Concept, 2016 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.zitusti.cz/operateri-predvedli-resekcii-ledviny-na-robotu/>
- [8] Manipulátor s pevnými rameny (Dalmec PARTNER PMS). In: *Mecalux logismarket* [online]. Rudná u Prahy: Mecalux Česká republika, 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://www.logismarket.cz/dalmec/manipulator-s-pevnymi-rameny/1552474904-947644215-p.html>
- [9] Sloupový manipulátor. In: *Indeva* [online]. Val Brembilla: blinkerart.net, 2013 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.indevagroup.cz/produkty/sloupovy-manipulator-indeva-liftronic/>
- [10] Pracovní hlavice s ližinami. In: *Indeva* [online]. Val Brembilla: blinkerart.net, 2013 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.indevagroup.cz/prumyslove-manipulatory/>
- [11] Pneumatické pohony. In: *Tubes international* [online]. Ostrava: Tubes international, 2016 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.tubes-international.cz/pneupohony.html>
- [12] Dvojitý hydraulický válec pro nízké tlaky. In: *Kovaz hydraulika a pneumatika* [online]. Pardubice: KOVAZ s.r.o, 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://www.kovaz.cz/dvojcinny-hydraulicky-valec-pro-nizke-tlaky-pist-125mm-zdvih-200mm-iso-15552-p1d-x125mj-0200-624247/>
- [13] Pneumatický píst. In: *Festo* [online]. Hauppauge: Festo group, 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cms/en-us\\_us/16792.htm](https://www.festo.com/cms/en-us_us/16792.htm)

- [14] Kloubové uchycení. In: *Traceparts* [online]. Bonneville: TraceParts S.A., 2017 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: [https://www.tracepartsonline.net/\(S\(b312odbxzf0ruscvpl143gg\)\)/PartDetails.aspx?PartID=32-21122010-084240&class=BOSCH\\_PN&clsid=%2fF\\_BOSCH\\_PN%2f](https://www.tracepartsonline.net/(S(b312odbxzf0ruscvpl143gg))/PartDetails.aspx?PartID=32-21122010-084240&class=BOSCH_PN&clsid=%2fF_BOSCH_PN%2f)
- [15] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$L$	[m]	Délka ramene paralelogramu
$l$	[m]	Vzdálenost konce pístu od počátku paralelogramu
$R$	[N]	Reakční síla od pístu
$M$	[Nm]	Moment na základní bod paralelogramu
$F_y$	[N]	Síla pístu v ose Y
$F_x$	[N]	Síla pístu v ose X
$F_v$	[N]	Výslednice sil od pístu
$D$	[m]	Vnější průměr trubky
$d$	[m]	Vnitřní průměr trubky
$L_r$	[mm]	Délka ohýbaného ramene
$F$	[N]	Zatěžující síla
$M_{o \max}$	[Nm]	Maximální ohybový moment
$W_o$	[m <sup>3</sup> ]	Modul průřezu v ohybu
$\sigma_o$	[MPa]	Napětí v ohybu
$\sigma_{dov}$	[MPa]	Dovolené napětí v ohybu
$\tau_{ds}$	[MPa]	Dovolené napětí ve stříhu
$\tau_s$	[MPa]	Napětí ve stříhu
$S_{\check{c}}$	[mm <sup>2</sup> ]	Obsah průřezu čepu
$S_o$	[mm <sup>2</sup> ]	Styčná plocha otláčení
$p$	[MPa]	Tlak na otláčení
$p_d$	[MPa]	Dovolený tlak na otláčení

## SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace:

NM-3pSSZ-01	Výkres sestavy
NM-3pSSZ-01-2	Seznam položek
NM-3pSSZ-02	Výkres svarku
NM-3pSSZ-03	Výrobní výkres
NM-3pSSZ-04	Výrobní výkres