



# Rozměrová kontrola výrobků ve firmě DETOA Albrechtice s.r.o.

## Diplomová práce

<i>Studijní program:</i>	N2301 Strojní inženýrství
<i>Studijní obor:</i>	Strojírenská technologie a materiály
<i>Autor práce:</i>	Bc. Petr Knittel
<i>Vedoucí práce:</i>	doc. Ing. Jan Jersák, CSc. Katedra obrábění a montáže
<i>Konzultant práce:</i>	Ing. Luděk Hrubec DETOA Albrechtice s.r.o.



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Knittel**

Osobní číslo: **S17000243**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Strojírenská technologie a materiály**

Název tématu: **Rozměrová kontrola výrobků ve firmě DETOA Albrechtice s.r.o.**

Zadávací katedra: **Katedra obrábění a montáže**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Shrnutí poznatků o průběžné kontrole součástí (všeobecný přehled).
2. Analýza současného stavu kontrolních měření ve firmě DETOA Albrechtice s.r.o.
3. Návrh metodiky pro zefektivnění měření vyrobených součástí.
4. Realizace návrhu a provedení zkoušek měření.
5. Hodnocení navrhovaného řešení a porovnání se stávajícím stavem ve firmě DETOA Albrechtice s.r.o.
6. Shrnutí a zhodnocení dosažených výsledků, vyvození závěrů.

Rozsah grafických prací: **obrázky, tabulky a grafy - dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **cca 60 - 70 stran textu**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **NENÁHLO, Č.** *Měření vybraných geometrických veličin.* Praha: Česká metrologická společnost, 2005.
2. **MLČOCH, L., SLIMÁK, I.** *Řízení kvality a strojírenská metrologie.* Praha: SNTL, 1987, 330 s.
3. **DRÁB, V., MOC, L.** *Teorie spolehlivosti a řízení jakosti.* Liberec: TUL, 1992, 350 s. ISBN 80-7083-098-0.
4. **DRASTÍK, F.** *Přesnost strojních součástí podle mezinárodních norem: Tolerování rozměrů a geometrických vlastností.* Ostrava: Montanex, 1996, 271 s. ISBN 80-85780-18-6.
5. **PLURA, J.** *Plánování a neustálé zlepšování jakosti.* 1. vyd. Praha: Computer Press, 2001. 144 s. ISBN 80-7226-543-1.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jan Jersák, CSc.**

Katedra obrábění a montáže

Konzultant diplomové práce: **Ing. Luděk Hrubec**

DETOA Albrechtice s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: **26. listopadu 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2020**

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 26. listopadu 2018

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

17. května 2020

Bc. Petr Knittel

## **Rozměrová kontrola výrobků ve firmě DETOA Albrechtice s.r.o.**

### *ANOTACE:*

Diplomová práce je zaměřena na rozměrovou kontrolu dřevěných kuliček. V její teoretické části jsou popsány vlastnosti dřeva, způsoby jeho zpracování a je popsána samotná výroba kuliček. Pozornost je věnována jakosti, kvalitě, kontrole a metodám měření. Teoretická část obsahuje i analýzu současného stavu kontrolních měření ve společnosti DETOA Albrechtice s.r.o. V praktické části práce je navrženo jednoúčelové automatické zařízení pro kontrolu kuliček, je popsán i samotný postup měření kuliček, jenž je doplněn o výkresovou dokumentaci.

Klíčová slova: DŘEVO, KULIČKA, KVALITA, ROZMĚR, KONTROLA, MĚŘENÍ.

## **Dimensional inspection of products in DETOA Albrechtice s.r.o. company**

### *ANNOTATION:*

The topic of this thesis is dimensional inspection of wooden balls. The theoretical part describes wood properties, methods of wood processing and description of wooden balls production. Attention is paid to quality, inspection and measurement methods. The theoretical part also includes current state analysis of inspection measurement in DETOA Albrechtice s.r.o. company. The practical part includes design of single-purpose automatic equipment for balls inspection, description of balls measurement process, including drawing documentation.

**Keywords: WOOD, BALL, QUALITY, DIMENSION, INSPECTION, MEASUREMENT.**



Katedra obrábění a montáže

Evidenční číslo práce: **KOM 1306**

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Knittel**

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Jersák CSc.

Konzultant: Ing. Luděk Hrubec – DETOA Albrechtice s. r. o.

Počet stran: 78

Počet příloh: 8

Počet tabulek: 20

Počet obrázků: 32

Počet výkresů CD: 58

## **Poděkování**

Děkuji doc. Ing. Janu Jersákovi, CSc., vedoucímu diplomové práce, za odborné vedení, poskytnutí cenných rad a věcných připomínek. Poděkování patří též společnosti DETOA Albrechtice s. r. o. v zastoupení Ing. Luďka Hrubce za poskytnutí rad, informací a potřebných materiálů.



# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>13</b>
1.1 Historie.....	13
1.2 Cíle diplomové práce .....	14
1.3 Společnost DETOA Albrechtice s.r.o. ....	16
<b>2 Teoretická část</b> .....	<b>17</b>
2.1 Materiál .....	17
2.1.1 Dřevo a jeho těžba .....	17
2.1.2 Vlastnosti dřeva .....	17
2.2 Výrobní proces .....	18
2.2.1 Manipulace a řezání .....	18
2.2.2 Sušení dřeva.....	18
2.2.3 Frézování hůlek.....	20
2.2.4 Soustružení.....	20
2.2.5 Povrchová úprava .....	21
2.3 Výrobky.....	21
2.3.1 Požadavky na hračku .....	21
2.3.2 Normy .....	22
2.3.3 Kuličky (perličky).....	22
2.4 Jakost a kvalita .....	23
2.4.1 Jakost .....	23
2.4.2 Procesy jakosti .....	24
2.4.3 Kvalita a metody kontroly .....	25
2.5 Kontrola a měření při výrobě kuliček ve společnosti DETOA .....	27
2.5.1 Hlavní cíl výroby .....	27
2.5.2 Kontrola dřeva .....	28
2.5.3 Kontrola ve výrobním procesu .....	29
2.5.4 Kontrola rozměrů.....	30

2.5.5	Kontrola geometrických vlastností .....	30
2.5.6	Kontrola povrchové úpravy .....	31
<b>3</b>	<b>Konstrukční část.....</b>	<b>33</b>
3.1	Průmysl a průmyslové revoluce .....	33
3.2	Automatizace.....	34
3.3	Návrh jednoúčelového automatického zařízení .....	35
3.3.1	Požadavek společnosti DETOA.....	35
3.3.2	Jednoúčelové automatické zařízení .....	35
3.3.3	Stavba jednoúčelového automatického zařízení .....	35
<b>4</b>	<b>Struktura řízení .....</b>	<b>54</b>
4.1	Řídicí systém měřicího zařízení .....	54
4.1.1	Program na řízení měřicího zařízení .....	54
4.1.2	Program na ovládání kamery .....	55
4.1.3	Vzájemná synchronizace .....	57
<b>5</b>	<b>Postup měření .....</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>Hodnocení navrhovaného řešení.....</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>70</b>

## Seznam použitých zkratek a symbolů

B	mm	šířka ložiska
$d_h$	mm	průměr hůlek
$d_{lož}$	mm	vnitřní průměr ložiska
$D_{lož}$	mm	vnější průměr ložiska
$d_p$	mm	průměr perliček
$d_k$	mm	průměr kuliček
$d_z$	mm	průměr závitu
$f_{e\ max}$	kHz	maximální frekvence enkodéru
$f_{os1}$	fps	obnovovací frekvence skenování/zobrazování
$f_{os2}$	3D profil	obnovovací frekvence skenování/zobrazování
$f_p$	Hz	pracovní frekvence
h	mm	výška
$h_{roz}$	$\mu\text{m}$	rozlišení výšky
I	A	jmenovitý proud na fázi
$I_v$	mA	výstupní proud
$I_p$	mA	příkon – proud bez zatížení
$J_s$	$\text{g}\cdot\text{cm}^2$	moment setrvačnosti motoru
$k_{pk}$	°	krok (plný krok)
l	mm	délka hranolů a prkének
$l_I$	ms	délka impulsu
$l_{kab}$	mm	délka kabelu
m	g	hmotnost v gramech
m	kg	hmotnost v kilogramech
$M_s$	N.cm	statický moment
$O_f$	"	optický formát v palcích
P	W	příkon
$p_z$	mm	stoupání závitu
$r_{ot}$	mm	rozteč otvorů
$R_s$	px	rozlišení senzorů
$R_{3D}$	px	rozlišení profilu
$S_r$	mm	spektrální rozsah
t	°C	teplota

$T_m$	micro/sec	mrtvý tah
$t_{op}$	°C	teplota v okolí provozu
$t_{os}$	°C	teplota okolí skladu
$t_{tvz}$	°C	teplota teplého vzduchu
$T_{4,8V}$	kg.cm	tah při 4,8 Voltech
$T_{6V}$	kg.cm	tah při 6 Voltech
$U$	V	elektrické napětí
$U_n$	V	napájecí napětí
$v_{dp}$	Mbit/s	datová přenosová rychlost
$v_{4,8V}$	sec/°	rychlost při 4,8 Voltech
$v_{6V}$	sec/°	rychlost při 6 Voltech
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	objemová hmotnost (hustota)
$\Phi_{zb}$	Vss	zbytkové vlnění ve stejnosměrném proudu (napětí)
$\varphi$	%	vlhkost
$\phi$	%	relativní vlhkost

a.s.	akciová společnost
ARP	Address Resolution Protocol (překlad: protokol rozlišení adresy)
BASIC	Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code; programovací jazyk
C/C++	C/C with Classes; programovací jazyk
CE	značka shody
CNC	Computer Numerical Control (překlad: počítačem řízený obráběcí stroj)
core	jádro
C#/.NET	C network; programovací jazyk
ČSN	Česká soustava norem
ČSN EN	převzatá Evropská norma do České soustavy norem
ČR	Česká republika
DC	zkratka pro stejnosměrný proud
EN	Evropská norma
FSC	Forest Stewardship Council (překlad: Rada lesního dozoru)
FTP	File Transfer Protocol (překlad: protokol souboru Transfer)
HDL	Hardware Description Language (překlad: popis hardwarového jazyka)

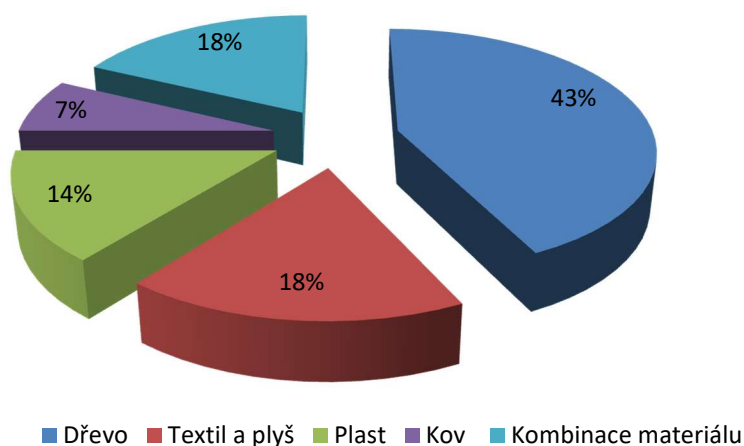
HSS	High Speed Steel; (překlad: vysokorychlostní ocel)
IEC	International Electrotechnical Commission (překlad: Mezinárodní elektrotechnická komise)
IP	Internet Protocol (překlad: internetový protokol)
IP67	IP kód krytí – stupeň krytí (elektrická odolnost)
IT systém	informační technologický systém
Java	programovací jazyk
KRL	Kids Programming Language; programovací jazyk
LISP	List Processing; programovací jazyk
MATLAB	matrix laboratory; programovací jazyk
Pascal	název programovacího jazyku na počest Pascala
PC	personal computer (překlad: osobní počítač)
PEFC	Program pro podporu schémat lesních certifikací
PLC	Programmable Logic Controller (překlad: programovatelný logický automat)
PMMA	polymethylmethakrylát
př. n. l.	před naším letopočtem
PWC	Pulse Width Control; řízení šířky pulsu
Python	programovací jazyk, který vyvíjí společnost Python Software Foundation
RAPID	programovací jazyk, který vyvíjí společnost Rapid Systém, spol. s r. o.
RARP	Reverse Address Resolution Protocol (překlad: protokol o zpětném rozlišení adresy)
SOPAS ET	SICK Offenes Portal for Applikationen und systeme verze ET; konfigurační software pro vyhodnocení vhodnosti senzoru
s. r. o.	organizace s ručením omezeným
TCP	Transmission Control Protocol (překlad: protokol kontroly přenosu)
TTL	Through the lens (time-to-live), (překlad: čas přes objektiv); číslo omezující dobu platnosti dat nebo počet průchodů paketů skrz aktivní prvky počítačové sítě
Web API	webový Application Programming Interface; webový rozcestník
2D	dvojdímenzionální; „dvourozměrný“
3D	trojdímenzionální; „trojrozměrný“

# 1 Úvod

## 1.1 Historie

Hračky mají velmi bohatou a dlouholetou tradici. Samotná jejich výroba sahá až do pravěku – do období 7 000 let př. n. l. V této době začali lidé vyrábět hračky z jim dostupných materiálů, z materiálů, které uměli už v této době opracovat. Jednalo se o kámen, hlinu a ve velké míře o dřevo. Postupem času k těmto materiálům přibýval kov, porcelán, plastické hmoty atd. Za zlatou éru hračkářského průmyslu je označován přelom 19. a 20. století [1,2].

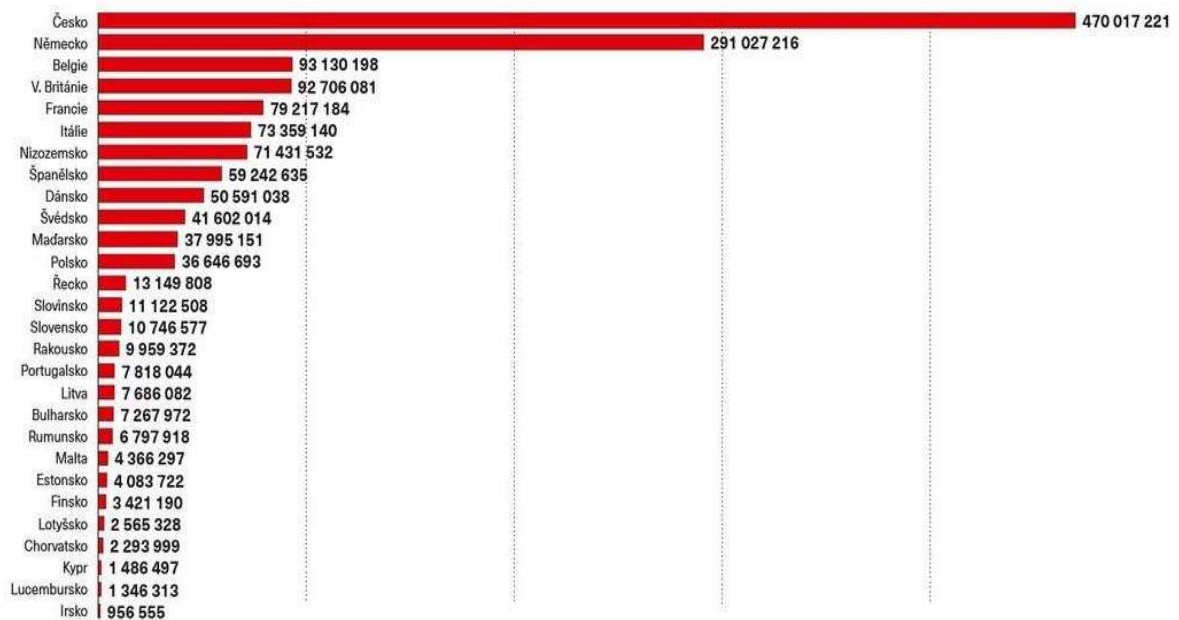
V České republice bylo v roce 2018 registrováno přibližně 280 výrobců hraček, z nichž největšími byly DETOA Albrechtice s. r. o., Moravská ústředna Brno, družstvo umělecké výroby, Mikro Trading a. s., Dino Toys s. r. o., Merkurtoys s. r. o. a LENA – hračky s. r. o. Dřevěné hračky produkuje přibližně 120 firem, 50 firem vyrábí textilní a plyšové hračky, 40 plastové a přibližně 20 společností vyrábí technické a kovové hračky. Procentuální vyjádření této produkce je znázorněno na obr. 1 [3].



**Obr. 1:** Schéma procentuální produkce výroby hraček z různých materiálů v ČR [2]

V roce 2017 vyrobily české společnosti zboží v celkové hodnotě 3,05 miliard korun českých. Objem výroby, ale i exportu do roku 2020 každoročně stoupal. Export byl ze 70% směřován do zemí Evropské unie, zejména do Německa, Nizozemska, Francie a do Slovenské republiky; z ostatních zemí pak do Japonska, Spojených států, Izraele a do Ruské federace [3].

V České republice se hračky i kompletují. Jedná se o zahraniční hračky nadnárodních firem Lego, Simba, Ravensburger a Playmobil atd. V roce 2016 byla Česká republika největším evropským vývozcem hraček. Statistické údaje o vývozu hraček z jednotlivých zemí jsou zpracovány do grafu (obr. 2) [4].



**Obr. 2:** Vývoz hraček z jednotlivých evropských zemí – údaje v eurech [4]

## 1.2 Cíle diplomové práce

Snahou všech výrobců je vyrábět zboží v co nejvyšší kvalitě. Při výrobě však vzniká celá řada vad. Požadavky na kvalitu výrobků, tedy i požadavky na kvalitu hraček, nutí výrobce vady důsledněji sledovat, dokumentovat je, stanovovat příčiny jejich vzniku, vadám předcházet, či je alespoň eliminovat. Touto problematikou se zabývají i ve společnosti DETOA Albrechtice s. r. o. Diplomová práce na téma „Rozměrová kontrola výrobků ve firmě DETOA Albrechtice s. r. o.“ je zaměřena na zefektivnění kontroly měření vyrobených kuliček a perliček.

Hlavním úkolem diplomové práce je vypracování návrhu zařízení na rozměrovou kontrolu vyrobených součástí. Diplomová práce je rozdělena na teoretickou, praktickou a konstrukční část. Cílem praktické a konstrukční části práce je:

- navržení zařízení pro zefektivnění měření vyrobených kuliček i perliček, návržení zařízení pro zautomatizování jejich kontroly;
- navrhnout vlastní pohybový systém, vlastní efekторы; zvolit: vhodný typ a způsob pohonu, typ a strukturu řízení, typ a úroveň senzorů, převody, spojky;

- c) vhodně zvolit materiál na výrobu samotné konstrukce a další materiál potřebný ke konstrukci automatického zařízení;
- d) doplnit praktickou část práce o popis pracovního postupu měření kuliček i perliček, a to včetně obrázků k jednotlivým pracovním úkonům;
- e) sestavit jednoúčelové automatické zařízení z jednotlivých částí, z konstrukčních skupin; doplnit konstrukční část práce o výkresovou dokumentaci.

Cílem teoretické části práce je tedy:

- a) vypracovat přehled o vlastnostech dřeva, přehled o přednostech jednotlivých druhů dřev používaných na výrobu hraček; poukázat na požadavky na původ a těžbu dřeva;
- b) popsat manipulaci, řezání a sušení dřeva, frézování polotovarů – hůlek, soustružení, ale i popsat způsob provádění povrchové úpravy výrobku. Všem fázím výrobního procesu je zapotřebí věnovat zvláštní pozornost, žádný proces nelze podcenit. Popisovaný výrobní proces je vztažen na výrobu ve společnosti DETOA Albrechtice s. r. o., tedy na jimi používané výrobní postupy, na současný firemní strojový park;
- c) upozornit na všeobecné požadavky kladené na hračku (kuličku, perličku) s odkazem na předpisy a normy, které musí dřevěné hračky (kuličky, perličky) splňovat, a kterými se řídí i společnost DETOA Albrechtice s. r. o.;
- d) blíže popsat proces jakosti, tzv. „Juranovou trilogii“. Kvalitě, možným druhům a metodám kontrol kvality, měřicím přístrojům je též věnována část teoretické práce;
- e) rozbor problematiky průběžné kontroly, a to od zadání materiálu do výroby, přes samotnou realizaci výroby až po kontrolu konečného výrobku;
- f) analýza současného stavu kontrolních měření při výrobě zejména kuliček i perliček ve společnosti DETOA Albrechtice s. r. o. s uvedením případně možných dalších kontrol.

Ve společnosti DETOA Albrechtice s. r. o. v současné době kuličky i perličky přebírají a třídí zaměstnanci ručně. Rozměrovou kontrolu provádějí buď pomocí měřicích přístrojů (pomocí kalibrů a posuvných měříték) nebo vizuálně. Tyto metody kontrol jsou pro firmu dostačující. V blízké době však zástupci společnosti plánují zefektivnit měření vyráběných součástí, zautomatizovat rozměrovou kontrolu, a tím nahradit opakující se jednotvárnou práci zaměstnanců.





### 1.3 Společnost DETOA Albrechtice s.r.o.

Výroba dřevěných hraček spadá do dřevozpracujícího průmyslu, která má v České republice dlouholetou tradici. Česko je velmocí ve výrobě kvalitních dřevěných hraček. K nejstarším a největším závodům vyrábějícím lidové dřevěné hračky tradičním způsobem patří DETOA Albrechtice s.r.o. (dále pak DETOA) – dříve „TOFA“.

Továrna vznikla v roce 1908. Zpočátku se vyráběly dřevěné perly, knoflíky a jiné drobné soustružnické dílky. V roce 1927 se začaly vyrábět dřevěné hračky. Po 2. světové válce se výroba rozšířila o pianinové a klavírové mechaniky. Hračky se vyráběly okrajově. K velkému zvratu ve výrobě došlo v 90. letech, kdy téměř veškerá výroba přešla pouze na výrobu hraček [5]. Velkým úspěchem roku 2004 bylo získání autorského práva vyrábět a dodávat na trh dřevěné hračky s motivem „Krtečka a jeho přátel“ (obr. 3) autora pana Zdeňka Milera [6].



**Obr. 3:** Krtek magnetka; Krtek a mrkací auto [6]

V současnosti DETOA vyrábí 600 druhů výrobků: figurky na hůlce, pyramidy, hračky tahací, mačkácí, stavebnice, počítadla, korálky a jiné (obr. 4). Osmdesát procent výroby míří na export například do Německa, Slovenské republiky, Azerbajdžánu, Kazachstánu a do Japonska [6].



**Obr. 4:** Hračky: Dětský náramek s beruškou; Černý pavouk; Piškvorky v 3D; Mačkácí figurka žirafa Johana [6]

## 2 Teoretická část

### 2.1 Materiál

#### 2.1.1 Dřevo a jeho těžba

Dřevo je:

- obnovitelný zdroj z přírody;
- ekologicky čistý, krásný, teplý materiál;
- biologicky rozložitelný materiál;
- odolný a zdravotně nezávadný materiál;
- pocitově příjemný materiál;
- poměrně snadno zpracovatelný materiál, umožňuje realizaci jakýchkoliv myšlenek;
- má vlastní texturu, zbarvení, vůni přírody.

Dřevo je vhodným materiálem pro výrobu hraček. Výběr vhodného materiálu je základním předpokladem kvalitních výrobků. Na jejich výrobu se používá kvalitní dřevo (s vysokou hustotou) z horských oblastí ze zemí střední Evropy. Dřevo by mělo pocházet z lesů obhospodařovaných k přírodě šetrným způsobem (dodržování zásady pro zachování biologické rozmanitosti, vodních zdrojů, půdy, ekosystémů a krajinných celků). Při nákupu dřeva jsou podporovány dodavatelé, kteří mají certifikát PEFC (Program pro podporu schémat lesních certifikací) nebo certifikát FSC (Forest Stewardship Council). Jedná se o certifikaci lesů, lesního hospodářství a spotřebitelského řetězce [7].

#### 2.1.2 Vlastnosti dřeva

Společnost DETOA používá na výrobu hraček kvalitní dřevěnou hmotu, dřevinu s roztroušenou pórovitou stavbou dřeva. Jedná se o tyto druhy tvrdého listnatého dřeva:

- buk;
- javor;
- habr.

**Buk** - je tvrdé, houževnaté, pružné dřevo, světle hnědé až narůžovělé barvy. Jde o husté, stejnorodé dřevo, které se neštěpí. Materiál se dobře opracovává, jak ručně tak i strojově. Povrch výrobku je hladký, výborně se povrchově upravuje, snadno se lepí. Bukové dřevo není trvanlivé. Hůře snáší vlhkost a střídání vlhka se suchem.

**Javor** - je tvrdé, lesklé stejnoměrně husté dřevo, smetanově slonovinově bílé až krémové barvy. Jeho předností je vysoká pevnost a houževnatost. Neštěpí se, dobře se opracovává, soustruží, snadno se lepí.

**Habr** - je netvrďší z dřevin. Habr je husté, stejnoměrné, šedobílé až hnědobílé dřevo bez lesku. Habr se chová odlišně od jiných tvrdých dřev. Leží-li ve vlhku venku na zemi, postupně se rozkládá (zpuchří). Po vyschnutí je dřevo stálé [8].

Buk, javor i habr patří mezi dřeva s vysokou hustotou – těžká dřeva. Jejich objemová hmotnost v různých stavech dřeva je uvedena v tab. 1 (veličina objemová hmotnost  $\rho$  se používá při určování hustoty u pórovitých látek) [9].

Dřevo (od 650 kg/m <sup>3</sup> )	Objemová hmotnost $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )			
	typické	čerstvé	suché	dosušené
<b>Buk</b>	670	990	720	570
<b>Javor</b>	630	980	660	530
<b>Habr</b>	770	1080	820	720

**Tab. 1:** Objemová hmotnost dřeva [9]

(typická hodnota je orientační údaj pro suché dřevo; čerstvé dřevo je stav dřeva po porážení, bez sušení; hodnota suchého dřeva je údaj pro dřevo vyschlé přirozeně na vzduchu, tj. bez umělého dosušení – obvyklá vlhkost dřeva  $\varphi$  je v rozmezí 12 až 15 %; hodnota dosušeného dřeva je objemová hmotnost dřeva při umělém sušení)

## 2.2 Výrobní proces

### 2.2.1 Manipulace a řezání

Dřevo je ihned po pokácení převezeno na manipulační sklad. Zde je nepřetržitým postřikem vody ochráněno proti plísni a zabarvení. K chemickému ošetřování ani k úpravám nedochází. Dovezená kulatina je poté na pilnici průběžně rozřezávána na řezivo různé tloušťky – na fošny. Tento prořez je prováděn na katru Královopolská strojírna „RZ 71“ [10].

### 2.2.2 Sušení dřeva

Z hlediska technologického rozdělujeme dřevo dle vlhkosti na dřevo:

- **mokrý** - s vlhkostí nad tzv. bod nasycení vláken\*;
- **vlhký** - s vlhkostí do bodu nasycení vláken\*;

- **předsušené** - s přirozeně nebo uměle sníženou vlhkostí v rozmezí  $\varphi = 15 \div 30 \%$ ;
- **sušené**.

\* bod nasycení vláken se v závislosti na dřevině a roční době pohybuje v rozmezí  $\varphi = 25 \div 35 \%$ .

Sušením dřeva se:

- omezují rozměrové změny dané zejména jeho samovolným sesycháním;
- omezuje jeho napadení houbami, hmyzími škůdci atd.;
- výrazně zlepšuje kvalita obráběných povrchů;
- umožňuje jeho broušení, barvení, lakování a jeho další povrchová úprava.

Velikost tvarových změn závisí na hustotě dřeva a směru vláken. Dřevo s velkou hustotou (viz kapitola 2.1.2) podléhá výraznějším tvarovým změnám v důsledku vyššího nasycení vodou.

### **Přírodní sušení a dosušování v komorách**

Řezivo (fošny) je po rozřezání narovnáno na 6 a více měsíců do hrání a přírodně sušeno. K sesychání u volně loženého dřeva dochází při poklesu vlhkosti  $\varphi$  pod 30 %.

Při tvorbě hráně je třeba dodržet několik pravidel:

- čelo hráně musí být zarovnané;
  - prokladové lišty musí být svisle nad sebou;
  - výška hráně nesmí přesáhnout trojnásobek její šířky;
  - základ hráně musí vždy stát na podstavci, aby se zabezpečilo proudění vzduchu;
  - mezi jednotlivými výřezy ve vrstvě (mezi prkny) musí být mezery, které tvoří svislé kanály;
  - hráň musí být založena na vodorovné podložce (na vodorovném podstavci)
- [11].

Po tomto přírodním předsušení se dřevo nařeže na hranoly a prkna různých rozměrů. Hranoly jsou řezány na pásových pilách s hydraulickým posuvem. Hydraulický posuv odstraňuje fyzickou námahu. Na zpracování krajových přířezů se pro řezání hranolů používají velké pily. Prkénka se řežou na vícelisté pile „PKSN“. Na rozřezání dvojprkének se používá pila „CANALI PLANOMATIC“. Strojní park na rozmítání je doplněn o kotoučové stolní pily [10].

Takto připravený materiál se dosuší na vlhkost  $\varphi = 7 \div 9 \%$  řízeným automatizovaným sušícím procesem. Komory řízené počítačem pracují na principu sušení teplým vzduchem  $t_{nz}$  do cca  $70^\circ \text{C}$ . Tento proces umělého sušení (časové sušící řády) je kontrolován. Časové sušící řády musí být nastaveny tak, aby vysušené dřevo mělo požadovanou, tedy vhodnou vlhkost. Je však potřeba se zaměřit i na teplotu v komorách, jelikož vysokoteplotním sušením může docházet ke změnám barvy dřeva [12]. Před dalším jeho zpracováním musí dřevo ještě 2 týdny odpočívat, aby se vyrovnala vlhkost a dřevo nepraskalo. Pro další výrobu se používá pouze dřevina bez jakýchkoliv viditelných vad [6].

### 2.2.3 Frézování hůlek

Z předem připravených hranolů a prkének o délce  $l = 330 \div 660 \text{ mm}$  se frézují hůlky. Frézování hůlek o průměru  $d_h = 3 \div 19 \text{ mm}$  se provádí na tzv. „prutovkách“. Jde o frézu vlastní výroby, kdy dochází ke frézování 2 profilovými frézami proti sobě. Hůlky o průměru  $d_h = 21 \div 46 \text{ mm}$  se okružují na hůlkovačce „BRŮSA DI GARBOLA“ nebo se frézují na čtyřstranných frézách „WEINIG“. Při frézování se hranoly příslušného rozměru posunují přes podávací válečky na válečky, které již hotovou hůlku táhnou ven. Mezi oběma páry válečků krouží kolem hranolu nástroj (nůž), který se otáčí okolo podélné osy a frézuje hranol do kulata [10].

### 2.2.4 Soustružení

Hranoly (obr. 5) rozlišných průměrů se dále opracovávají na soustruzích. Soustružení je třískové obrábění upnutého materiálu ve strojích do rotačního profilovaného tvaru. Soustružení hůlek o průměru  $d_h = 46 \div 66 \text{ mm}$  se provádí na soustruhu „HEMPL“ se zásobníkem. Hůlky se samy přesouvají do unášeců zásobníkem a podávacím zařízením.

K soustružení perliček se používají jednovřetenové až čtyřvřetenové soustruhy (obr. 6) s ručním zakládáním nebo se zásobníkem. Počet vřeten odvisí od průměru hůlky. Čtyřvřetenový soustruh s ručním zakládáním je vhodný pro průměr hůlky  $d_h = 4 \div 13 \text{ mm}$  a čtyřvřetenový soustruh se zásobníkem se používá pro průměr perliček  $d_p = 14 \div 8 \text{ mm}$ . Na třívřetenovém soustruhu s ručním zakládáním se opracovávají hůlky o průměru  $d_h = 14$  až  $20 \text{ mm}$  a perle o průměru  $d_p = 20 \div 40 \text{ mm}$  se soustruží na dvouvřetenovém soustruhu s ručním zakládáním. Jednovřetenový soustruh „MINIARIETE 45“ se zásobníkem se používá při průměru hůlky  $d_h = 20 \div 46 \text{ mm}$  a soustruh s ručním zakládáním pro průměr hůlky  $d_h = 40 \div 66 \text{ mm}$ . DETOA má ve svém strojovém vybavení i jednovřetenový soustruh „ARIETE 3“ se zásobníkem pro výrobu perliček o velikosti průměru  $d_p = 30$  až  $55 \text{ mm}$ . Na tomto soustruhu se vyrábí perličky už z hranolů.



**Obr. 5:** Hranoly [6]



**Obr. 6:** Soustruh čtyřvřetenový [6]

Na soustruhu se volí hloubka záběru, rychlost obrábění, soustružnické nože, ale i rozměry konečného výrobku, zaoblení a zkosení hran, průměr otvoru. Soustružnické nože z HSS (z rychlořezné oceli) s vybroušeným profilem se používají na všechny základní tvary. Tento typ nože má dlouhou životnost, zaručuje kvalitně opracovaný povrch a přesný tvar výrobku.

### 2.2.5 Povrchová úprava

Mezi povrchové úpravy, které se provádějí v tzv. „bubnech“, patří leštění a broušení. Leštěním se zvýrazňuje, tzn. „vytahuje se“ na povrch, textura dřeva. Leštění je prováděno v bubnech pomocí vosku, politury. Broušením se odstraňují nerovnosti (estetické důvody, ochrana před zraněním aj.). Broušení se provádí v bubnech s různými rychlostmi otáčení. V bubnech, do kterých se přidává pemza, dochází k omílání se kuliček o sebe. Celoplošné broušení zajišťuje vytváření potřebných velikostí rádiusů [10].

K dotváření celkového vzhledu, k ochraně proti opotřebení pak slouží lakování, barvení a malování. Lakování a barvení probíhá též v bubnech (obr. 8). Malování kuliček je prováděno ručně. Ruční práce zaručuje vysokou kvalitu výrobku. Každá kulička má svou identitu. Do pozadí jde kvantita, náročnost nad kvalitou. Používané laky a akrylátové barvy odpovídají evropské normě EN 71 [10].

## 2.3 Výrobky

### 2.3.1 Požadavky na hračku

Hračky se posuzují z:

- **hlediska výtvarného** - estetická výchova, rozvoj motoriky, tvořivosti, fantazie;
- **hlediska pedagogického** - rozvoj logického myšlení; účelnost hračky;

- **hlediska ekonomického** - konkurenceschopnost při dodržení kvality;
- **hlediska bezpečnostního** - bezpečnost → testování, měření, dodržování nařízení, norem;
- **hlediska hygienického** - sledují se vlastnosti použitého materiálu, dále se sleduje např.: chemický účinek materiálu, reakce barev při styku s kůží (sliznicí), tvar a povrch hračky, možnost čištění [1].

Hledisko ekonomické, bezpečnosti a i hledisko hygienické úzce souvisí s tématem této práce, a to s kontrolou a měřením od zadání výroby až po zhotovení vlastního výrobku.

### 2.3.2 Normy

Tradičně vyráběné dřevěné hračky musí také splňovat nejnáročnější české, ale i evropské normy. Hračky musí být certifikovány ve zkušebních ústavech k tomu určeným. Výroba včetně používaného materiálu podléhá dikci právních předpisů např.: zákonu č. 71/2000 Sb., zabývajícímu se technickými požadavky na hračku; zákonu č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a evropské normě EN 71(české normě ČSN EN 71) [13].

DETOA věnuje vysokou pozornost výběru materiálu, technologickému procesu a i kompletaci výrobku. Od zadání výroby až po zhotovení se tedy veškeré výrobky přísně testují a kontrolují. Svým přístupem tak zaručují vysoký standard kvality.

Dle výsledků zkoušek výrobky DETOA vyhovují požadavkům a normám. Společnosti byl v nezávislé laboratoři vydán certifikát o shodě, který osvědčuje bezpečnost hraček. Tento certifikát zaručuje, že jsou hračky vyráběny z neškodných a nezávadných materiálů, že použité barvy splňují požadavky (odpovídají normě EN 71), a že vlastní výroba a kvalita hračky splňuje předpisy. Výrobky jsou označovány značkou CE, nálepkou „Vyrobena v České republice“ a logem společnosti [6].

### 2.3.3 Kuličky (perličky)

Společnost DETOA má široký sortiment dřevěných perliček. V současnosti vyrábí 105 druhů dřevěných perliček. Jednotlivé druhy se od sebe liší svým tvarem, průměrem či délkou (obr. 7) [6]. Vedle těchto perliček vyrábí kuličky, které se poté stávají součástí jiné hračky.



**Obr. 7:** Dřevěné perličky – různých rozměrů a tvarů [6]

Při samotném návrhu kuličky, perličky (dále jen kuličky) je potřeba brát v úvahu tyto aspekty:

- kuličky musí být účelové;
- kuličky musí zachovat smysl výroby;
- kuličky musí umožnit dítěti jednoduchou a nenáročnou manipulaci při hraní;
- že rozměry kuliček by měly být v jednoduchém poměru tak, aby šlo docílit jejich složením/sdružením v celek nebo jejich zapracováním do jiné hračky přijatelného rozměru nového dílce;
- že se zvětšováním rozměru kuličky roste i hmotnost tělesa, která nesmí dítě ohrozit;
- že minimální rozměr kuličky je dán normou ČSN EN 71; maximální rozměr kuličky není normou určen.

Pozornost je třeba věnovat i zaoblení hran, kdy rozměr zaoblení není dán přesnou hodnotou, ale musí splňovat normu ČSN EN 71. Ostrost hran podléhá zkouškám.

## 2.4 Jakost a kvalita

### 2.4.1 Jakost

Cílem každé společnosti je vyrábět výrobky nejvyšší jakosti.

*„Jakostí rozumíme souhrn vlastností výrobku, které jsou nutné k tomu, aby výrobek mohl plnit svoji funkci za předepsaných podmínek, po stanovenou dobu, při hospodárně*



vynaložených nákladech. Dále je to souhrn předpokladů, které vytváří výrobce pro řádné užívání výrobku (definice je v souladu s ČSN 01 0113)“[14].

#### **2.4.2 Procesy jakosti**

V procesu formování cílů jakosti a vývoje prostředků hovoříme o tzv. „Juranově trilogii“, která samotný proces jakosti člení do tří základních procesů:

1. plánování jakosti;
2. řízení jakosti;
3. zlepšování jakosti [15].

**Plánování jakosti** zahrnuje zejména tyto činnosti:

- stanovení cílů jakosti a jejich rozpracování do výroby;
- plánování, jaké má mít výrobek vlastnosti, aby splnil požadavky zákazníků;
- plánování přípustných tolerancí znaků jakosti;
- plánování metod, které budou použity pro dosažení požadované jakosti;
- plánování způsobu ověřování úspěšnosti životního cyklu výrobku;
- plánování personálního zabezpečení (zajištění pracovníků);
- analýzu navrženého systému měření, který bude při realizaci výrobku používán [15].

#### **Řízení jakosti**

Mezi základní činnosti řízení jakosti patří organizace sestavování a přidělování úkolů, koordinace činností, kontrola stanovených úkolů atd., vše s cílem efektivního udržování a zlepšování jakosti výrobků. Při řízení jakosti sehrává důležitou roli volba nástrojů, strojů, použití vhodných metod řízení a metrologie – oblast měření.

*„Měření je soubor operací, postupů, měřidel a jiných zařízení, softwaru a personálu použitého k přiřazování číselných hodnot k měřeným znakům v předepsaných jednotkách. Jde o úplný proces k získání údajů o měření“* [15]. Naměřené veličiny (hodnoty) jsou podkladem pro posuzování shody výrobku, pro rozhodování o případné regulaci procesu nebo pro hodnocení účinnosti nápravných opatření [14].

#### **Zlepšování jakosti**

Při zlepšování jakosti je zapotřebí se zaměřit na:

- snižování rozsahu neshod v dodávkách výrobků;
- zvyšování účinnosti všech podnikových procesů;
- zvyšování vhodnosti výrobku k jeho použití.

Management jakosti, který se zabývá kvalitou výrobků, problémy operativního řízení jakosti, problematikou zlepšování jakosti, používá ke své práci různé metody, nástroje například diagramy. Jedním z vhodných diagramů při hledání odpovědi: „Kde začít a jak postupovat při zlepšování jakosti?“, je diagram vzájemných vztahů [15]. Diagram vzájemných vztahů pro hlavní aktivity orientované na zlepšení jakosti výrobků je přílohou této práce (příloha A).

### 2.4.3 Kvalita a metody kontroly

#### Kvalita a úrovně kvality

*„Hodnocení kvality výrobku je proces smyslového vnímání a rozumové činnosti, jímž zjišťujeme a posuzujeme význam a přínos funkcí výrobku v daném okolí. Podstata hodnocení tkví ve srovnání skutečného výrobku s představou optima kvality – s normou, s technickým výkresem, s technickou dokumentací“ [16].*

*„Úroveň kvality výrobku je kvantitativní gradace vlastností výrobku, projevující se gradací jeho příznačných funkcí v daném okolí“ [16].*

U kvality výrobků se posuzuje:

- **úroveň technická** - vhodné uplatnění nových vědeckých a technických poznatků v koncepci výrobku;
- **úroveň materiálová** - vhodnost použitých materiálů vzhledem k funkcím výrobku;
- **úroveň zpracování** - přesnost obrobení výrobku. Při vyjádření úrovně zpracování se skutečný stav porovnává s technickou dokumentací, výkresem, normou [16].

Jednou z možností vyjádření a vyhodnocení úrovně kvality výrobků je zanesení naměřených hodnot do grafických modelů – grafů: do grafu *Transformace naměřených hodnot kladné vlastnosti charakterizující ukazatel úrovně kvality* a do grafu *Transformace naměřených hodnot záporné vlastnosti charakterizující ukazatel úrovně kvality*. Tyto grafy jsou přílohami B a C této práce [16].

#### Pojem a druhy kontrol při výrobě kuliček

Kontrola je základní funkcí řízení jakosti. Zjišťuje se skutečný stav a porovnává se s požadovaným (plánovaným) stavem. Cílem kontroly je včasné zjištění, rozbor a přijetí závěru k odchýlkám, k vadám a případná realizace nápravných opatření [14].

Druhy kontrol:

- **vizuální kontrola** - zjištění a vyhodnocování vad „okem“. Kontrola kvality materiálu, kontrola rozměru a tvaru, kontrola povrchové úpravy atd.;
- **kontrola rozměrová** - kontrola měřením.

### **Metody a druhy měření**

Metoda měření je tedy jedna z kontrolních metod, na jejímž základě je posuzována kvalita výrobku.

#### **Metoda měření podle způsobu určení měřené veličiny:**

- **přímá** - hodnota měřené veličiny se určuje měřením jediné veličiny, ale lze měřit i více veličin současně. U přímé metody není potřeba výpočtu s naměřenými hodnotami;
- **nepřímá** - hodnota měřené veličiny se určuje prostřednictvím výsledků měření. Metoda je založená na výpočtech. Hodnoty měřených veličin se dosazují do funkčních vztahů.

#### **Metoda měření podle rozsahu měření:**

- **komplexní** - měření, při kterém se současně určují všechny rozměry součástí. Jedná se o měření sdružených měř a obrysů součástí vzájemně svázaných. Neměří se jednotlivé rozměry absolutními hodnotami jednotek, ale hodnoty se srovnávají jako celek odpovídajícím měřidlem;
- **dílčí** - měření, při kterém se stanoví jen jeden rozměr součástí. Tímto měřením se nedá zjistit vzájemná závislost rozměrů.

#### **Metoda měření podle technického provedení měřidel a měřících přístrojů:**

- **dotyková (kontaktní)** - měření dotykem měřítka nebo některé části měřícího přístroje (měření pomocí měřítka, mikrometru, kalibru);
- **bezdotyková** - měření bez hmotného doteku. Měření je například optické, pneumatické. Odpadá dotyk měřidla s povrchem měřené součásti [16].

### **Měřicí přístroje**

Měření představuje souhrn operací, při nichž jsou zjišťovány hodnoty dané fyzikální veličiny v daných jednotkách. Měření provádíme měřidly, měřícími přístroji a měřícími stroji. Přesnost měřících přístrojů a metod je předpokladem kvality.

**Měřidlo** je technický prostředek, který slouží k zjišťování dané veličiny. Naměřené veličiny jsou podkladem pro vyhodnocování výsledků měření.

K měření se používají:

- **kalibry** - pevná měřidla vhodná pro měření vnitřních děr nebo vnějších otvorů;
- **posuvná měřítka** – ruční;
- **měřicí a řídicí měřidla** umístěna přímo na stroji.

**Rozlišujeme měřidla:** a) jednorozměrná měřidla;

b) vícerozměrná měřidla - měření dvou nebo více rozměrů  
současně; kontrola vzájemné polohy ploch, úchylek tvaru.

**Měřicí přístroj** je měřicí prostředek, kterým se zjišťují měřené veličiny ve zvětšené velikosti. Naměřené veličiny se považují buď za konečné, nebo se převádějí či přepočítávají na jiné veličiny.

**Měřicí stroj** je složitý měřicí (rozměrový) prostředek s mechanizovanými pohony jednotlivých pracovních celků.

**Měřicí souprava** je soubor měřicích prostředků seskupených pro daný účel.

**Měřicí člen** tzv. „*snímač*“ je činná část měřidla se samostatnou funkcí, jehož částí je čidlo, které je ve styku s měřeným předmětem. V praxi se používají měřidla s řadou vzájemně navazujících měřicích členů příslušejících danému měřicímu prostředku tzv. „*měřicí řetězec*“ (měřicí okruh). Při realizaci měřicího řetězce je však třeba dodržovat princip profesora Abbeho: měřicí okruh musí být uspořádán tak, aby měřená součást a srovnávací měřítko byly na společné ose. Do měřicího řetězce lze zapojit i měřicí člen tzv. „*převodník*“, který změní hodnotu naměřené veličiny v jinou hodnotu téže nebo jiné veličiny. Výstupem měřicího řetězce je výstupní člen. Výstupy mohou být např.: ukazovací, stupnicové, číslicové, signální [14].

## **2.5 Kontrola a měření při výrobě kuliček ve společnosti DETOA**

### **2.5.1 Hlavní cíl výroby**

*„Přesnost vyjadřuje stupeň přiblížení skutečných hodnot k hodnotám požadovaným“* [16].

Hlavním cílem každé výroby je vyrábět kvalitní výrobky. Předpokladem kvality je kontrola celého výrobního procesu – přísná kontrola od zadání materiálu do výroby přes kontrolu samotné výroby až po kontrolu výrobku.

### 2.5.2 Kontrola dřeva

Vady dřeva jsou odchylky od normální struktury dřeva. Nepříznivě ovlivňují vlastnosti dřeva a jeho využití. Vady jsou měřítkem jakosti dřeva.

Vady dřeva jsou:

- **suky** - pozůstatky po větvích. V místě suku jsou zhoršené vlastnosti dřeva, které ovlivňují opracovatelnost materiálu, snižují pevnost dřeva a zhoršují jeho konečnou povrchovou úpravu. Dochází k sesychání okolo suku a jeho vypadávání;
- **trhliny** - ve stromě rostoucím, v pokáceném, ale i ve zpracovaném dřevě. Vznikají i při vysoušení dřeva. Jde o porušení celistvosti dřeva. Trhliny snižují jeho pevnost. Listnaté stromy se kůry většinou nezbavují na místě, aby nedošlo k příliš rychlému vysušení a k tvorbě trhlín;
- **běl** (bělové dřevo) - vnější a světlejší část kmene. Dřevo je náchylnější k napadení dřevokazným hmyzem a houbami. Nátěry na tomto lehčím dřevě mohou mít kratší životnost;
- **zamodrání, zbarvení, plíseň, hniloba** - způsobeno napadením hmyzem, houbami atd. [17].

U výše uvedených vad se jedná o trvalé nevratné poškození dřeva [18].

#### **Kontrola dřeva**

Po celou dobu zpracovávání dřeva se provádí jeho vizuální kontrola. Další možnou kontrolou je měření vlhkosti dřeva, a to metodou přímou (gravimetrickou – váhovou metodou), kterou se zjišťuje skutečný obsah vody ve dřevě, nebo nepřímou metodou, kde se obsah vody určuje nepřímo prostřednictvím měření jiné veličiny, jejíž hodnota závisí na obsahu vody ve dřevě.

#### **Kontrola ve společnosti DETOA:**

Společnost DETOA provádí vizuální kontrolu. K měření vlhkosti dřeva využívá přímou metodu (gravimetrickou metodu). Sušení probíhá podle určitého sušicího řádu, podle kterého jsou upravovány parametry sušicího prostředí. Mají zpracován vlhkostní sušicí řád, kdy parametry sušicího prostředí upravují na základě zjištěné vlhkosti, a časový sušicí řád, kdy parametry sušicího prostředí upravují v závislosti na čase od zahájení procesu sušení.

### 2.5.3 Kontrola ve výrobním procesu

Samotný výrobní proces se skládá z různých operací. K výrobě určité součásti – kuličky je zapotřebí určitý čas. Tento čas je složen z času řezného (čas k řezání, k frézování, soustružení, broušení atd.) a z času vedlejšího (čas k manipulaci, seřízení strojů, k upínání materiálů, k měření atd.). Čas měření a kontroly tedy spadá do vedlejšího času.

#### **Kontrola před obráběním:**

1. kontrola přicházejícího výrobku před vpuštěním na stroj - měření materiálu, tzn. kontrola rozměrů hranolů, tyček; kontrola vad materiálu;
2. kontrola nástrojů - kontrola vhodnosti použití nástrojů dle jejich technických parametrů, kontrola správnosti jejich rozměrů a vlastností; přeměřování nástrojů (například nožů).

**Kontrola ve společnosti DETOA** se realizuje vizuálně. Dále kontrolu provádějí měřeními za pomoci posuvných měřitek či kalibrů.

#### **Kontrola při obrábění a po obrábění**

Kontrola při obrábění:

1. kontrola správnosti nastavení stroje - naprogramování stroje;
2. kontrola při tvoření třísky - stroje v sobě mají tyto měřicí přístroje:
  - a) měřicí měřidla - provádí měření nástroje, zastavují stroj při opotřebenosti nástroje v případě, že není možno udržet obrábění v toleranci;
  - b) řídicí (sledovací) měřidla - během obrábění se nepřetržitě měří rozměr součástí a stroj je řízen přímo prostřednictvím naměřených údajů. Jakmile je dosaženo požadovaného rozměru, nástroj je odsunut.

Kontrola po obrábění - měření rozměrů, tvarů a povrchu kuliček (perliček) [16].

#### **Kontrola ve společnosti DETOA:**

Po celou dobu obrábění je prováděna vizuální kontrola. V jednotlivých etapách výroby – při přebírání polotovarů dochází k přeměřování požadovaných rozměrů součástí pomocí kalibrů, posuvných měřitek a k porovnávání s požadavky na součást. Obráběcí stroje DETOY v sobě nemají měřicí a řídicí (sledovací) měřidla. Pracovníci provádějí nahodilé kontroly seřízení strojů.

#### 2.5.4 Kontrola rozměrů

**Rozměr** je číselně vyjádřená hodnota délky (délkový rozměr) nebo úhlu (úhlový rozměr) v měřicích jednotkách. Úkolem kontroly je vyřadit z daného sortimentu výrobků (kuliček) ty, které se rozměrově liší od požadovaných rozměrů.

*Mezní rozměry* jsou dva krajní přípustné rozměry prvku, mezi nimiž musí ležet skutečný rozměr. Horní mezní rozměr je největší přípustný rozměr prvku, dolní mezní rozměr je nejmenší přípustný rozměr prvku.

*Rozměrová tolerance* je algebraický rozdíl mezi horním mezním rozměrem a dolním mezním rozměrem. Určení rozměrové tolerance je v plné kompetenci výrobce (při dodržení norem). I malé odchylky od normy však vyžadují stanovení přípustné meze, tzn. vytvoření vlastního předpisu [19].

U kuliček lze kontrolovat/měřit jejich průměr, délku, zaoblení hran, velikost zkosení hran, úhel zkosení hran, vnitřní rádius, venkovní rádius atd.; u perliček lze kontrolovat/měřit i průměr otvoru (díry), vycentrování otvoru.

**Měření** je kvantitativní číselné zkoumání geometrických, fyzikálních a dalších vlastností předmětů (kuliček). Výsledkem měření je tedy číslo. Je však zapotřebí uvést, že žádný rozměr součásti není možné vyrobit ideálně přesně.

**Kontrolou/měřením** se zjišťuje skutečný rozměr. Tento rozměr se pak porovnává s požadovanými rozměry.

- Výsledek měření:**
- a) rozměry se shodují - kuličky jsou vhodné pro další výrobu  
či úpravu a prodej;
  - b) rozměry jsou v rozměrové toleranci - kuličky jsou vhodné  
pro další výrobu či úpravu a prodej;
  - c) rozměry jsou nad mez tolerance - kuličky se vyřadí.

#### **Kontrola ve společnosti DETOA:**

Rozměrová kontrola je prováděna pomocí měřicích přístrojů – pomocí kalibrů a posuvných měřítok. Důraz je kladen na vizuální kontrolu. Rozměrová tolerance je stanovena v souladu s normami a požadavky na výrobek – kuličku.

#### 2.5.5 Kontrola geometrických vlastností

Tvar je celková vizuální podoba, vzhled, obrys, povrch rovinného nebo prostorového útvaru, rozložení a rozvržení hmoty bez ohledu na materiál [20].

Při kontrole mohou být zjištěny úchytky: přímosti, rovnosti, kruhovitosti, soustředěnosti, tvaru plochy, sklonu aj. Zjištěné úchytky musí být menší než předepsané

tolerance. Tolerováním geometrických vlastností se rozumí zejména předepsání vhodných geometrických tolerancí. Předepsaná geometrická tolerance se může vztahovat k jednomu prvku, ke dvěma nebo více prvkům nebo k jednomu nebo ke dvěma (a více) prvkům [19].

U kuliček je předepsaná:

- **geometrická tolerance vztahující se k jednomu prvku** - tolerance tvaru: přímosti, rovnosti, kruhovosti, válcovitosti;
- **geometrická tolerance vztahující se ke dvěma nebo více prvkům:**
  - a) tolerance směru: sklonu, kolmosti, rovnoběžnosti;
  - b) tolerance polohy: souososti, soustředěnosti, umístění;
- **geometrická tolerance vztahující se k jednomu nebo ke dvěma (a více) prvkům** – tolerance tvaru plochy, tvaru čáry aj. tolerance [19].

#### **Kontrola ve společnosti DETOA:**

Kuličky podléhají jen vizuální kontrole. Společnost nemá stanovenou geometrickou toleranci.

#### **2.5.6 Kontrola povrchové úpravy**

S kvalitou výrobku je úzce spojen příjemný vzhled, dokonalost tvaru, čistota, harmonie barev. Povrchová úprava ošetřuje a vyhlazuje povrch výrobku, zvyšuje odolnost povrchu, prodlužuje životnost výrobku. K posledním činnostem ve výrobním procesu při výrobě kuliček patří broušení, leštění, lakování a barvení (obr. 8) [6].

Během procesu povrchových úprav probíhá:

1. kontrola barev, laku – kontrola vhodnosti jejich použití (normy x technické parametry barvy, laku); kontrola jejich expirace;
2. kontrola vlastního barvení a lakování - kontrola dodržování postupu při barvení, lakování; kontrola vhodnosti, schopnosti a funkčnosti stroje; kontrola doby zasychání;
3. kontrola povrchu kuliček po barvení a lakování - kontrola drsnosti povrchu (protiopatřením je broušení povrchu), kontrola probarvenosti, síly nánosu barvy nebo laku, ale i kontrola jejich stálosti.

Kontrola se provádí buď vizuálně nebo přístroji – mikroskopem, profilometrem. Měření profilometrem – měřicí přístroj zkoumá povrch snímacím hrotem a získává tím úchyly ve formě profilu povrchu [21].



### **Kontrola ve společnosti DETOA:**

Pracovníci kontrolují dodržování postupu při barvení výrobků. Probíhá i kontrola vhodnosti použitých barev a laků. Kontrolu povrchových úprav provádí vizuálně.



**Obr. 8:** Barvení, barvicí bubny [6]

## 3 Konstrukční část

### 3.1 Průmysl a průmyslové revoluce

„Průmysl je významným výrobním odvětvím národního i světového hospodářství“ [22]. Výstupem výroby jsou výrobky, které člověk využívá jak při práci, v domácnosti, ale také ve volném čase.

Průmysl zavádí do výroby vědecké objevy a technické vynálezy. S pojmem průmysl jsou úzce spjaty „průmyslové revoluce“. Průmyslová revoluce znamená rozvoj a proměnu výrobní základny, nové organizování výroby, zavádění nových technologií, jde tedy o postupnou vývojovou změnu.

Průmyslové revoluce:

#### 1. průmyslová revoluce = technickovědecká revoluce

- období: 18. století;
- významnou roli hrály vědecké a technologické objevy;
- symbolem této revoluce je vynález parního stroje Jamesem Watterem, vynález prvního mechanického tkacího stavu – Edmund Cartwright;
- revoluce se vyznačovala tzv. mechanizací práce – rychlým přechodem od ruční práce ke strojové práci v manufakturách;
- začalo se využívat nových zdrojů energie – uhlí, páry [23].

#### 2. průmyslová revoluce

- období: 19. století;
- zvrát způsobil vynález žárovky Thomasem Edisonem a vynález transformátoru, který zkonstruoval Nicola Tesla;
- byly zavedeny první montážní linky;
- vzniká hromadná tovární výroba s využitím elektrické energie. Elektřina se stává novým zdrojem energie. Mluvíme o tak zvané elektrifikaci [23].

#### 3. průmyslová revoluce

- období: 20. století;
- znakem této revoluce je zavedení počítačů, informační technologie (internetu) a elektroniky. Charakteristickým vynálezem 3. průmyslové revoluce je průmyslový počítač PLC (čili programovatelný logický automat);
- objevují se první prvky automatizace (předávání informací mezi materiály, polotovary, stroji), digitalizace, robotizace [23].

#### 4. průmyslová revoluce

- období: 21. století;
- znakem této revoluce je:
  - rozmach chytrých technologií, inteligentních systémů;
  - zlomový posun v robotizaci a automatizaci výrobních procesů;
  - využívání robotů, elektrických zařízení (kamer, senzorů, čipů, vysílačů), která jsou propojeny s počítačem (s IT systémem);
  - digitalizace strojů;
- průmysl 4.0 - propojení samotných automatizovaných jednotek na plně propojená automatizovaná a optimalizovaná pracoviště;
- vznikají „inteligentní továrny“. Dochází k propojování výrobních zařízení do systému, která umí mezi sebou komunikovat, vyměňovat si informace, provádět vzájemnou nezávislou kontrolu a umí se přizpůsobovat změněným podmínkám [24].

### 3.2 Automatizace

Potřeba automatizace vyplývá z výrobně-technických ukazatelů, z ukazatelů organizačních a ekonomických, kterými jsou např.: produktivita práce, kvalita práce, pracnost operace, struktura pracnosti, výrobní kapacita zařízení [25].

**Automatizace** je samočinné řízení výrobních procedur. „*Ústředním prvkem je programovatelný logický kontrolér PLC, který prostřednictvím měřicích členů sleduje řízený proces a prostřednictvím akčních členů jej ovlivňuje, aby bylo dosaženo požadovaného stavu. Je to proces, jehož podstatou je nahrazení člověka strojem, eventuálně zařízením pro zvýšení rychlosti výroby, zlepšení kvality a vyloučení přímé účasti lidského faktoru pro případ omylu při jednání*“ [26].

Automatizace je samočinné řízení pracovního procesu včetně upínání, podávání, aktivní kontroly. Zařízení (prostředky) k automatizaci pracovních úkonů lze propojit s kontrolním, s řídicím zařízením, a tak dosáhnout jejich vzájemné součinnosti. Strojní zařízení umožňující výrobní (měřicí) technologii jsou:

- s ručním ovládním;
- s částečnou automatizací;
- poloautomaty;
- automaty.

V průmyslu se používají buď univerzální stroje (stroje pro široký tvarový sortiment výrobků) nebo jednoúčelové stroje, které jsou určeny pro jednu určitou pracovní operaci nebo omezený počet operací u jednoho nebo u malého počtu výrobků [26].

### 3.3 Návrh jednoúčelového automatického zařízení

#### 3.3.1 Požadavek společnosti DETOA

Společnost DETOA vznesla požadavek na vypracování návrhu pro zefektivnění měření vyráběných kuliček i perliček, pro zautomatizování rozměrové kontroly. Samotnou kontrolu rozměrů kuliček v současné době provádí pomocí měřicích přístrojů (pomocí kalibrů a posuvných měřitek) nebo vizuálně. Kontrola i vlastní třídění se provádí ručně, jde tedy o manuální práci. Tato kontrola je časově náročná a přes veškerou snahu pracovníků nepřesná. Rozměrová tolerance, která je stanovena v souladu s normami a požadavky na výrobek (kuličku, perličku), je dodržována.

#### 3.3.2 Jednoúčelové automatické zařízení

Čtvrtá průmyslová revoluce tak zvaná „*revoluce 4.0*“ přináší do výrobního procesu automatická zařízení, která jsou propojena s počítačem (s IT systémem), jenž nahradí manuální práci člověka. Pracovní cyklus zařízení (se schopností zpětné vazby, s manipulační schopností) je samočinně řízen, probíhá bez zásahu obsluhy. Člověk provádí pouze údržbu zařízení. Zařízení je vybaveno mechanismy provádějícími přísun nového materiálu či výrobku a odkládání hotových (změřených) výrobků. Je schopné opakovat předem pevně stanovené pracovní cykly složené z několika či mnoha dílčích pracovních pohybů. Jednou z možností, jak tedy vyřešit výše uvedený požadavek společnosti DETOA, je použít pro kontrolu rozměru (tvaru) kuliček a perliček **jednoúčelové automatické zařízení**. Navrhnout takové zařízení s čidly, efekty, PLC, kdy tyto jednotlivá zařízení budou mezi sebou komunikovat, provádět vzájemnou nezávislou kontrolu [27].

#### 3.3.3 Stavba jednoúčelového automatického zařízení

Stavba jednoúčelového automatického zařízení (dále jen zařízení) se skládá z několika částí, z konstrukčních skupin. Zařízení lze charakterizovat **architekturou zařízení**: kinematickým uspořádáním a konstrukcí pohybového systému, typem a způsobem pohonu a **úrovní řízení**: typem a strukturou řízení, typem a úrovní použitých senzorů (tab. 2) [28].

Charakteristika stavby zařízení			
Kinematické uspořádání + konstrukce pohybového systému	Typ + způsob pohonu	Typ a struktura řízení	Typy a úroveň použitých senzorů
ARCHITEKTURA ZAŘÍZENÍ		ÚROVEŇ ŘÍZENÍ	

Tab. 2: Charakteristika stavby zařízení [28]

### 1. Kinematické uspořádání + konstrukce pohybového systému

**Kinematické uspořádání** je mechanická konstrukce zařízení složená z kloubů a ramen. Svým rozsahem definuje pohybové možnosti stroje. Základem stavby zařízení jsou mechanismy – mechanická zařízení, která slouží k přenosu pohybu a sil, k transformaci pohybu, k vedení a přemísťování objektů po určitých drahách. Skládají se ze soustavy pohybově spojených **prvků - členů**, z nichž jeden se nepohybuje a tvoří rám. Jednotlivé, pohybově spolu spojené členy mechanismů jsou vázány **prostorovými kinematickými dvojicemi**. U zařízení se převážně používají dva druhy kinematických dvojic, a to rotační a posuvná dvojice. U těchto dvojic je vzájemná pohyblivost členů ve třídě 5, což znamená 1 stupeň volnosti, jež mohou oba členy dvojice vzájemně vůči sobě vykonávat. Více spolu spojených členů tvoří **prostorový kinematický řetězec**. Řetězec určuje kinematickou strukturu zařízení. Může být vytvořený buď otevřený prostorový řetězec, nebo uzavřený prostorový řetězec, anebo kombinací obou možností lze vytvořit řetězec smíšený. Vždy to záleží na tom, jak jsou jednotlivé členy řetězce připojeny k rámu [26].

**Návrh zařízení:** otevřený prostorový kinematický řetězec složený z rotačních a posuvných kinematických dvojic třídy 5, což je 1 stupeň volnosti jedné dvojice (tab. 3).

Kinetická dvojice	Počet stupňů volnosti	Značení	Třída dvojice	Zobrazení
Rotační	1	R	5	
Posuvná	1	T	5	

**Tab. 3:** Přehled prostorových kinematických dvojic použitých u zařízení [29]

### Konstrukce pohybového systému – efektoru

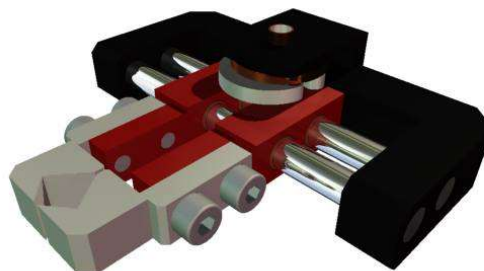
**Efektor** je ústrojí sloužící k uchopování a držení manipulačního objektu. Jedná se o koncový člen zařízení, který komunikuje s okolím. Jde o výkonný orgán. Efektor svými vlastnostmi a konstrukcí realizuje úkoly, pro které je navržen.

Podle aplikačního nasazení efektorů dělíme do čtyř základních skupin: na úchopné hlavice, technologické hlavice, kontrolní hlavice a na speciální hlavice. Pro zařízení na měření kuliček a perliček jsem volil úchopnou hlavici tzv. chapadlo aktivní. Hlavice slouží k uchopení, k tuhému fixování kuličky před následnou manipulací. Úchopná síla je vyvozována aktivně prostřednictvím pohonu – pomocí servomotoru.

Konstrukce hlavice je vlastní (obr. 9) a splňuje tyto požadavky:

- minimální hmotnost – jelikož spolu s hmotností objektu je podmíněna požadovanou nosností zařízení;
- vhodné rozměry a prostorové uspořádání;
- provozní bezpečnost;
- provozní spolehlivost [30].

V samotném návrhu měřicího zařízení je počítáno se třemi hlavice, z toho jedna úchopná hlavice je otočná.



**Obr. 9:** Úchopná hlavice

## **2. Pohon**

Pohon je hybná síla zařízení. Funkcí pohonu je přeměna vstupní energie na mechanický pohyb. Pohon je tvořen motorem a ovládacím blokem. Motor zprostředkovává transformaci vstupní energii na mechanickou. Ovládací blok obsahující obvody zajišťuje ovládání – regulaci parametrů motoru. Pohyb se z výstupu přenáší buď přímo na pohyblivou část pohybové jednotky (s tímto pohybem je počítáno v návrhu zařízení) nebo přes transformační blok (převodovku) na pohyblivou část pohybové jednotky. Ke stavbě zařízení se používají motory s pohonem hydraulickým, pneumatickým a elektrickým. Pohon hydraulický se používá u zařízení, kde je požadována vysoká nosnost. Při požadavku na vysokou rychlost se používají pneumatické pohony. V návrhu jsem použil řízený elektrický pohon.

Na pohony zařízení jsou kladeny mimořádné nároky. Musí mít:

- co největší rychlost pohybu;
- plynulý bezrámový rozběh a brzdění;
- minimální moment setrvačnosti;
- stabilitu;
- minimální hmotnost a rozměry;
- možnost pracovat v otevřeném i uzavřeném prostorovém řetězci [28].

### **Elektropohon s krokovým motorem**

Z jednotlivých typů elektropohonů jsem vybral elektropohon s krokovým motorem. Ten bude použit k přímému pohonu pohybových jednotek menších výkonů. Aplikace pohonu s krokovým motorem v konstrukci zařízení je podmíněna jeho přednostmi, kterými jsou zejména:

- vysoká přesnost polohování (jsou dosažitelné hodnoty velikosti kroku);

- jednoduché propojení s číslicovým zařízením;
- příznivý poměr mezi cenou a technickými parametry;
- jednoduchá vnitřní struktura – řídicí impulsy se převádějí přímo na změnu polohy výstupu pohybové jednotky v přesně definovaném poměru k počtu impulsů.

Nevýhodou těchto motorů je, že motor nesnese přetížení, které vede ke ztrátě kroku. Motor by tedy neměl být přetěžován [28].

Z nabídky elektromotorů jsem vybral krokový motor ST8918M4508–A NEMA 34 Nanotec k pohybu základní desky (obr. 10) a dva krokové motory ST6018X3008–A NEMA 24 Nanotec na šroubové převody (obr. 11). Jedná se o hybridní krokové motory s dlouhou životností. Jsou navrženy pro aplikaci s vysokým točivým momentem a nízkou rychlostí. Jejich základní vlastnosti jsou uvedeny v tabulce (tab. 4, tab. 5) [31].

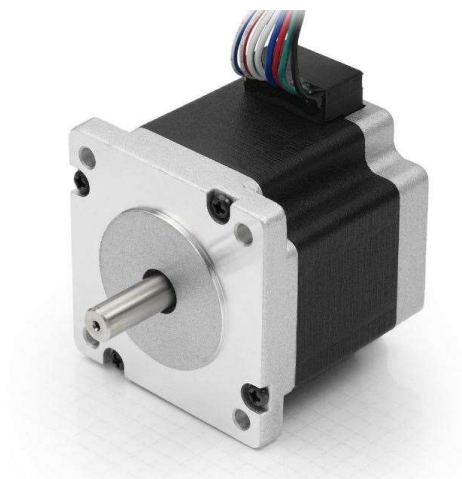


**Obr. 10:** Krokový motor ST8918M4508–A NEMA 34 [31]

<b>Vlastnosti</b>			
<b>Název veličiny</b>	<b>Značka</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Hodnota</b>
<b>Jmenovitý proud na fázi</b>	I	A	4,5
<b>Statický moment</b>	$M_s$	N.cm	593,97
<b>Moment setrvačnosti motoru</b>	$J_s$	$g.cm^2$	1900
<b>Hmotnost</b>	m	kg	2,8
<b>Výška</b>	h	mm	96
<b>Elektrické napětí</b>	U	V	2,97
<b>Krok (plný krok)</b>	$k_{pk}$	°	1,8

**Tab. 4:** Vlastnosti krokového motoru ST8918M4508–A NEMA [31]





**Obr. 11:** Krokový motor ST6018X3008–A NEMA 24 [31]

<b>Vlastnosti</b>			
<b>Název veličiny</b>	<b>Značka</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Hodnota</b>
<b>Jmenovitý proud na fázi</b>	I	A	3
<b>Statický moment</b>	$M_s$	N.cm	110,31
<b>Moment setrvačnosti motoru</b>	$J_s$	$g.cm^2$	275
<b>Hmotnost</b>	m	kg	0,6
<b>Výška</b>	h	mm	47
<b>Elektrické napětí</b>	U	V	2,04
<b>Krok (plný krok)</b>	$k_{pk}$	°	1,8

**Tab. 5:** Vlastnosti krokového motoru ST6018X3008–A NEMA [31]

### **Elektrický servomotor**

Hlavní výhodou servomotorů je jejich malý rozměr a malá hmotnost s relativně velkou silou. K dalším výhodám elektrického servomotoru patří:

- velký regulační rozsah rychlosti;
- že umožňuje velmi přesné nastavení polohy ve spojení s číslicově řízenými systémy;
- snadno dostupný zdroj energie;
- jednoduchost vedení zdroje k motoru;
- čistota provozu.

Servomotory slouží k nastavení určité polohy ovládaného mechanismu a poté k udržení nastaveného úhlu natočení. Neumožňují otáčení o  $360^\circ$ , úhel natočení se

pohybuje nejčastěji v rozsahu  $0^\circ$  až  $180^\circ$ . Nastavení tohoto úhlu se provádí zasláním impulsu o určité délce (délka  $t_I = 0,5$  ms odpovídá úhlu  $0^\circ$ , neutrální poloha  $90^\circ$  odpovídá délce impulsu  $t_I = 1,5$  ms a impuls délky  $t_I = 2,5$  ms nastavuje úhel  $180^\circ$ ) [32].

Stejněměrné servomotory se využívají pro ovládání automatické paže – efektoru. Jednou z možných alternativ je použit Digital JX servo PDI-6221 MG 62g/0, 16 sec/20 kg (obr. 12). Podle propozic by se mělo jednat o servo rychlé, přesné, bez vůle, vyrobené z kvalitního materiálu. Specifikace tohoto produktu je uvedena v tabulce (tab. 6) [33].



Obr. 12: Digital JX servo PDI-6221 MG [33]

Vlastnosti		
<b>Mrtvý tah</b>	$T_m$	2 micro/sec
<b>Controlní systém</b>		+Pulse Width Control (PWC)
<b>Pracovní frekvence</b>	$f_p$	1520 micro/s / 300 Hz
<b>Motor</b>		core motor vysoké kvality
<b>Elektrické napětí</b>	$U$	DC 4.8~6.0 V
<b>Rychlost (4.8V)</b>	$v_{4.8V}$	0.18 sec/60°
<b>Rychlost (6V)</b>	$v_{6V}$	0.16 sec/60°
<b>Tah (4.8V)</b>	$T_{4.8V}$	17,25 kg.cm
<b>Tah (6V)</b>	$T_{6V}$	20,32 kg.cm
<b>Rozměry</b>		40,5 x 20,2 x 38 mm
<b>Hmotnost</b>	$m$	62 g
<b>Délka kabelu</b>	$l_{kab}$	JR 265 mm
<b>Ozubení</b>		kovové ozubení
<b>Ložiska</b>		2BB (dvě kuličková)
CNC hliníková střední část obalu serva		

Tab. 6: Vlastnosti Digitálního JX serva PDI-6221 MG [33]

### 3. Typ a struktura řízení

*„Kybernetika je věda, která se zabývá obecnými principy řízení a přenosem informací, mimo jiné právě ve strojích nebo zařízeních. K popisu používá zejména matematický aparát. Kybernetika se vyvíjí stejně jako informatika, umělá inteligence aj. Principy kybernetiky jsou: zpětná vazba, řídicí systém, informace a model řízeného systému. Základní pojmy kybernetiky jsou: informace, řízení, zpětná vazba, stabilita, paměť, rovnovážný stav a kmitání“ [28].*

Řídicí systém podle nakonfigurovaného programu řídí činnost zařízení pomocí ovládání jeho pohonů a dalších kinematických struktur.

Řízený proces je tedy proces plně řízený počítačem. Člověk pouze stanovuje data a vkládá je do paměti počítače. Program na řízení jednotlivých operací by měl být vytvořen přímo na danou činnost. Výběr vhodného programu, jeho naprogramování, např.: nastavení vhodných časů, parametrů, souřadnic, pracovních otáček, posuvů, by mělo být ve vzájemné spolupráci zkušeného programátora se zkušeným pracovníkem v dané oblasti výroby. Složitost programového ústrojí a celého řídicího mechanismu musí odpovídat skutečným potřebám technologického procesu. Je třeba mít i na zřeteli potřebnou kompatibilitu dvou či více zařízení, která musí spolu umět komunikovat, aby nedocházelo k poruše nebo narušení chodu systému. Programové vybavení by mělo být i ekonomicky přijatelné. Problematikou programového vybavení měřicího zařízení se zabývám v kapitole 4.1.

### 4. Typy a úroveň použitých senzorů

*„Senzor je zařízení, které snímá sledovanou veličinu a dle určitého definovaného principu ji transformuje fyzikálním převodem na veličinu výstupní. Stav sledované veličiny snímá citlivá část senzoru (čidlo) a zpracovává ho vyhodnocovací obvod senzoru. Výstupní informací z vyhodnocovacího obvodu senzoru je kvantitativní, obvykle elektrický signál, který je vyhodnocen elektronickým detektorem a lze ho dále zpracovávat dalšími obvody“ [34].*

Senzory by měly mít určité vlastnosti, splňovat určité podmínky, kterými jsou:

- jednoznačná závislost výstupní veličiny na veličině měřené;
- velká citlivost senzoru;
- vhodný průběh základních statických charakteristik;
- velká přesnost a časová stálost;
- minimální závislost na vlivech okolního prostředí;
- minimální zatěžování měřeného objektu;

- vysoká spolehlivost;
- nízké náklady na provoz;
- jednoduchá obsluha a údržba [35].

Senzory – kamery (kamerový systém) jsou vhodnými zařízeními pro automatizované bezkontaktní měření. Měřicí čidla umístěná v kamerách dokážou zjistit polohu, velikost nebo tvar součásti. Vývoj senzorů (kamer) jde stále dopředu. Na trhu se již objevily 2D a 3D kamery, které jsou vhodné pro proměřování, lokalizaci, kontrolu a identifikaci. V návrhu měřicího zařízení počítám s použitím buď dvou 2D kamer Vision či dvou 3D kamer Vision. Volil bych však kamery 3D, které jsou flexibilní, mají vyšší rozlišení [35].

**2D kamery Vision** (obr. 13) zaručují jednoduchost díky automatickému seřízení. Mají inteligentní algoritmy, společné intuitivní uživatelské rozhraní. Jedná se o všestranný nástroj s vysokým výkonem. Optimalizace kvality obrazu je bezproblémová, a to pouze vlastní výměnou pouzdra [36].



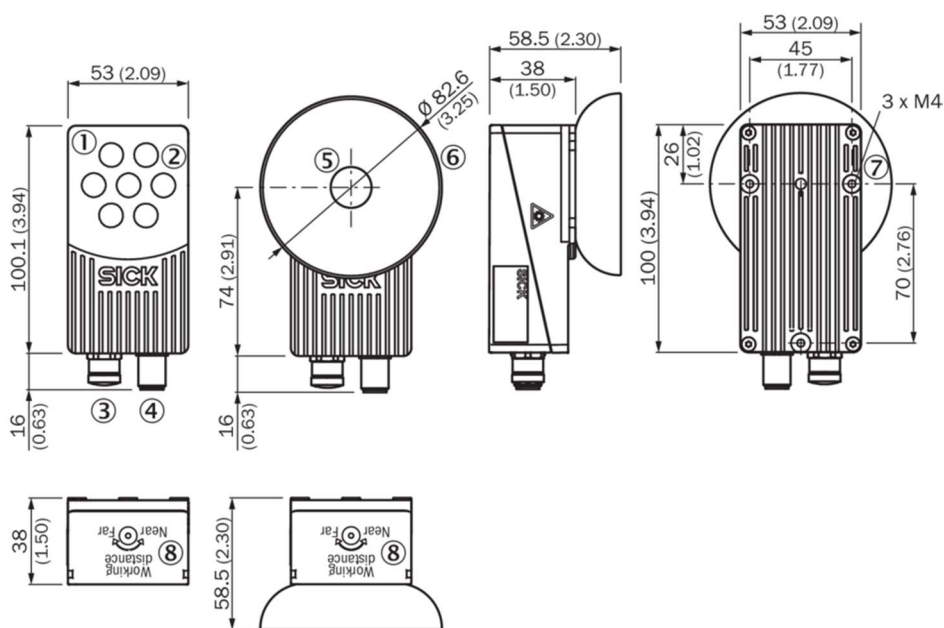
**Obr. 13:** 2D senzor – typ VSPM-6F2113 [36]

**3D kamery Vision** (obr. 14) jsou spolehlivé a odolné i v náročném prostředí. Tyto flexibilní senzory jsou vhodné při změnách barev, pozic a výšky dílů. Předností těchto inteligentních senzorů je jejich jednoduché uvedení do provozu, jejich obsluha díky intuitivnímu uživatelskému rozhraní. Další výhodou 3D kamer je: integrovaná analýza obrazu = 3D snímky s vysokým rozlišením, rychlá výměna přístroje díky garantovanému zornému poli a opětovnému použití uložených nastavení. Data kalibrovaná z výroby zjednodušují nastavení, redukuje čas i náklady [37].



**Obr. 14:** 3D senzor – typ V3T11S-MR12A7 1075604 [37]

Po zadání vstupních parametrů a konkrétních požadavků na měřicí senzor do konfiguračního softwaru SOPAS ET, který nabízí společnost SICK (ke stáhnutí zdarma), software vyhodnotil nejvýhodnějšími senzory: *senzor 2D – typ VSPM-6F2113* ↔ rozměrové parametry (obr. 15) a *senzor 3D – typ V3T118-MR12A7 1075604* ↔ rozměrové parametry (obr. 16). Technické údaje k senzoru 2D jsou zpracovány do tabulek (tab. 7 až 11) [36]. Technické údaje k senzoru 3D jsou uvedeny v tabulkách (tab. 12 až 16) [37].



**Obr. 15:** Rozměrové parametry 2D senzoru [36]

<b>Vlastnosti</b>	
<b>Stanovení úlohy</b>	Inspekce
	Polohování
	Měření
<b>Technologie</b>	2D; Záznam jednotlivých snímků; Analýza obrazu
<b>Kategorie produktů</b>	Konfigurovatelné přístroje
<b>Sada nástrojů</b>	Vyhledávač objektů; Počítadlo pixelů; Počítadlo pixelů hran; Vzor; Vyhledávač blogů; Polygon; Hrana; Kruh; Vzdálenost; Úhelník; Počítadlo hran; Nalezení maxima
<b>Senzor</b>	Maticový senzor CMOS; Odstíny šedé
<b>Zaostření</b>	Nastavitelné zaostření (ručně)
<b>Kalibrace</b>	Korekce zkreslení objektivu a perspektivy; Výsledky v mm
<b>Sladění souřadnic robota</b>	✓
<b>Pracovní vzdálenost</b>	≥ 50 mm
<b>Pracovní vzdálenost s integrovaným osvětlením</b>	50 mm ... 200 mm
<b>Zorné pole interního osvětlení</b>	22 mm x 15 mm ... 79 mm x 58 mm
<b>Interní osvětlení</b>	Bílá
<b>Třída LED</b>	Riziková skupina 1 (nízké riziko, dle normy IEC 62471:2006)
<b>Spektrální rozsah (S<sub>r</sub>)</b>	cca 400 nm ... 750 nm
<b>Off-line podpora</b>	Emulation
<b>Objektiv</b>	Vyměnitelný (držák M12)
<b>Optický formát (O<sub>f</sub>)</b>	1/3"
<b>Ohnisková vzdálenost</b>	10 mm

**Tab. 7:** Vlastnosti 2D senzoru [36]

<b>Údaje o prostředí</b>	
<b>Odolnost v rázu</b>	EN 60068-2-27
<b>Odolnost vůči vibraci</b>	IEC 60068-2-6
<b>Teplota okolí provozu (t<sub>op</sub>)</b>	0 °C ... +45 °C <sup>1)</sup>
<b>Teplota okolí skladu (t<sub>os</sub>)</b>	-20 °C ... +70 °C <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> Relativní vlhkost ϕ: 35 % až 85 %, za provozu: 95 %.	

**Tab. 8:** Údaje o prostředí 2D senzoru [36]

<b>Výkon</b>	
<b>Rozlišení senzoru (<math>R_s</math>)</b>	640 px x 480 px
<b>Obnovovací frekvence skenování / zobrazování (<math>f_{os\ 1}</math>)</b>	40 fps <sup>1)</sup>
<b>Počet monitorovaných oblastí</b>	64
<b>Počet referenčních objektů</b>	32 objektů
1) Max. 200 fps.	

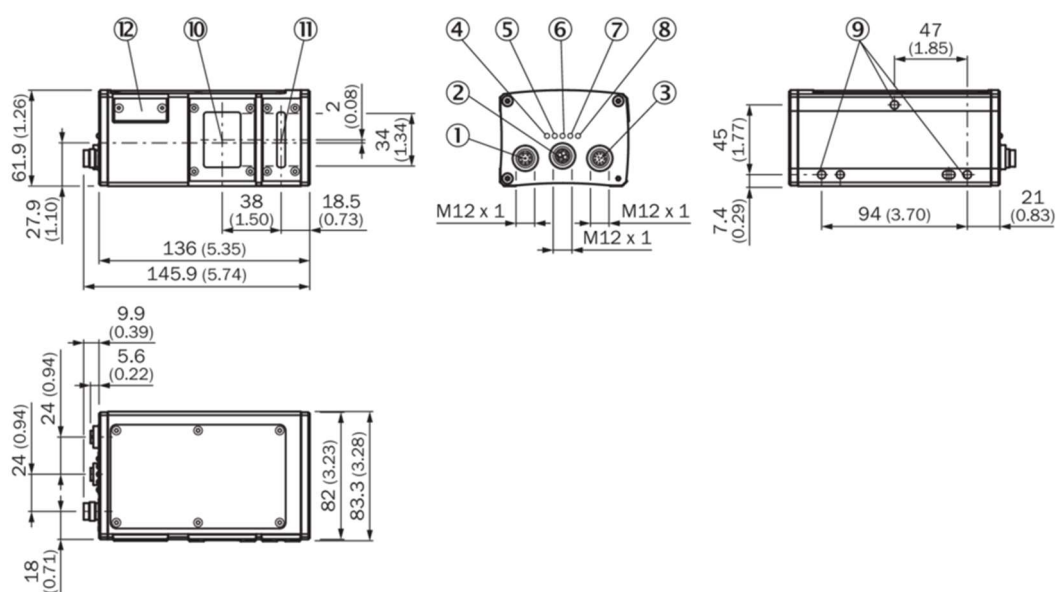
**Tab. 9:** Výkon 2D senzoru [36]

<b>Rozhraní</b>	
<b>Ethernet</b> Datová přenosová rychlost ( $v_{dp}$ )	✓ , TCP/IP 100 Mbit/s
<b>EtherNet/IP™</b> Datová přenosová rychlost ( $v_{dp}$ )	✓ 100 Mbit/s
<b>Uživatelské rozhraní</b>	Webový server
<b>Konfigurační software</b>	SOPAS ET
<b>Uložení a vyvolání dat</b>	Paměť protokolu pro 30 snímků; Uložení snímku do PC; Uložení snímku prostřednictvím FTP
<b>Ethernetová komunikace</b>	Web API
<b>Digitální vstup</b>	4 vstupy (24 V)
<b>Konfigurovatelné vstupy</b>	Externí spoušť; Vstup enkodéru; Externí učení; Výběr referenční paměti
<b>Digitální výstup</b>	3 výstupní spínací prvky; 24 V (typ B)
<b>Konfigurovatelné výstupy</b>	Výstup podle logických výrazů; Další možnosti uložení snímku prostřednictvím FTP
<b>Výstupní proud (<math>I_v</math>)</b>	$\leq 100$ mA
<b>Standardní výstupy</b>	Nezaznamenán žádný objekt; Vše OK; Chyba v detailu
<b>Maximální frekvence enkodéru (<math>f_{e\ max}</math>)</b>	40 kHz
<b>Aktivace externího osvětlení</b>	5 V TTL
<b>Rozšiřující I/O box</b>	5 vstupů pro výběr objektu; 16 výstupů

**Tab. 10:** Rozhraní 2D senzoru [36]

<b>Mechanika/Elektrina</b>	
<b>Připojky</b>	Konektor M12; 12 pinový
	Zásuvka M12; 4 pinová
<b>Napájecí napětí (<math>U_n</math>)</b>	24 V DC, $\pm 20 \%$
<b>Zbytkové vlnění (<math>\Phi_{zb}</math>)</b>	$< 5 V_{ss}$
<b>Příkon - proud (<math>I_p</math>)</b>	$< 450 \text{ mA}$ ; Bez zatížení výstupu
<b>Krytí</b>	IP67
<b>Materiál pouzdra</b>	Hliník
<b>Materiál čelního skla</b>	PMMA
<b>Hmotnost</b>	350 g
<b>Rozměry (D x V x H)</b>	100 mm x 53 mm x 38 mm

**Tab. 11:** Mechanika/Elektrina 2D senzoru [36]



**Obr. 16:** Rozměrové parametry 3D senzoru [37]



<b>Vlastnosti</b>	
<b>Stanovení úlohy</b>	Polohování
	Inspekce
<b>Technologie</b>	3D; LineScan; Analýza obrazu
<b>Kategorie produktů</b>	Konfigurovatelné přístroje
<b>Sada nástrojů</b>	Forma; Snímání oblasti; Vyhledávač blogů; Objem; Hledání roviny; Fixní rovina
<b>Pracovní vzdálenost</b>	56 mm ... 116 mm
<b>Příklad zorného pole</b>	65 mm x 15 mm
<b>Světelný zdroj</b>	Viditelné červené světlo (Laser, $S_r = 660$ nm)
<b>Třída laseru</b>	2 (IEC 60825-1:2014)
	EN 60825-1:2014
<b>Šířka minimální pracovní vzdálenosti</b>	40 mm
<b>Šířka maximální pracovní vzdálenosti</b>	75 mm
<b>Maximální rozsah výšky</b>	60 mm
<b>Předem kalibrováno</b>	✓
<b>Úhel senzoru obrazu</b>	65°
<b>Off-line podpora</b>	Emulátor
<b>Objektiv</b>	Pevný

**Tab. 12:** Vlastnosti 3D senzoru [37]

<b>Údaje o prostředí</b>	
<b>Elektromagnetická kompatibilita (EMC)</b>	EN 61000-6-2:2005 / EN 61000-6-3:2007
<b>Odolnost v rázu</b>	EN 60068-2-27
<b>Odolnost vůči vibraci</b>	EN 60068-2-6
<b>Teplota okolí provoz (<math>t_{op}</math>)</b>	0 °C ... +45 °C <sup>1)</sup>
<b>Teplota okolí sklad (<math>t_{os}</math>)</b>	-20 °C ... +70 °C <sup>1)</sup>
1) Přípustná relativní vlhkost $\phi$ : 0 % až 90 % (nekondenzující).	

**Tab. 13:** Údaje o prostředí 3D senzoru [37]

<b>Mechanika/Elektřina</b>	
<b>Přípojky</b>	M12; 12pinový konektor, s kódováním A (napájecí napětí, I/O)
	M12; 8pinová zásuvka, s kódováním X (Gigabit Ethernet)
	M12; 8pinová zásuvka, s kódováním A (enkodér)
<b>Materiál konektorů</b>	Poniklovaná mosaz
<b>Napájecí napětí (<math>U_n</math>)</b>	24 V DC, $\pm 20\%$
<b>Zbytkové vlnění (<math>\Phi_{zb}</math>)</b>	$< 5$ Vss
<b>Příkon (P)</b>	$\leq 11$ W
<b>Příkon - proud (<math>I_p</math>)</b>	$< 400$ mA; Bez zatížení výstupu
<b>Krytí</b>	IP67
<b>Třída ochrany</b>	III
<b>Materiál pouzdra</b>	Eloxovaný hliník
<b>Materiál čelního skla</b>	Sklo
<b>Hmotnost</b>	0,9 kg
<b>Rozměry (D x V x H)</b>	136 mm x 62 mm x 84 mm

Tab. 14: Mechanika/Elektřina 3D senzoru [37]

<b>Rozhraní</b>	
<b>Ethernet</b>	✓ , TCP/IP
Datová přenosová rychlost ( $v_{dp}$ )	1.000 Mbit/s
<b>Sériové</b>	✓ , RS-232, RS-422
Funkce	Enkodér (RS-422 / DBS36E-BBCP02048)
<b>Inkrementální</b>	✓ , TTL
<b>Konfigurační software</b>	SOPAS ET
<b>Digitální vstup</b>	3 (neizolováno)
<b>Digitální výstup</b>	4 (neizolováno)
<b>Rozhraní enkodéru</b>	RS-422 / TTL (DBS36E-BBCP02048)
<b>Maximální frekvence enkodéru (<math>f_{e\ max}</math>)</b>	300 kHz

Tab. 15: Rozhraní 3D senzoru [37]

Výkon	
Obnovovací frekvence skenování / zobrazování ( $f_{os2}$ )	2.000 3D profily za sekundu
Maximální počet profilů	2.500 na snímek
Rozlišení výšky ( $h_{roz}$ )	20 $\mu\text{m}$ ... 50 $\mu\text{m}$
3D rozlišení profilu ( $R_{3D}$ )	760 px

Tab. 16: Výkon 3D senzoru [37]

## 5. Šroubové převody

**Šroubové převody** se používají pro převod rotačních pohybových jednotek se sevropohonem. Aplikují se tam, kde je požadována vysoká polohová tuhost a přesnost polohování.

U zařízení se využívají pohybové šrouby s valivým přenosem pohybu a sil v systému šroub  $x$  matice, a to buď planetové šrouby, recirkulační kuličkové šrouby nebo šroubové pohony s valivými kroužky.

Z výše uvedených typů jsem vybral recirkulační kuličkový šroub. U tohoto typu šroubu nejsou závity šroubu a matice v přímém styku. Závity vytvářejí oběžnou šroubovou drážku, která je vyplněna kuličkami. Usměrnovací příložka (deflektor) umístěná na obou koncích šroubu zajišťuje recirkulaci kuliček. Příložka převádí kuličky do axiálního kanálku spojujícího obě příložky matice [28].

Navrhují použít plastové polyetheretherketonové matice LSNUT se závitem (obr. 17). Výhodou těchto matic je, že mají dobré kluzné vlastnosti, vzniká menší tření. Jsou účinnější, a tím zvyšují životnost pohonu. Díky jejich samomazným vlastnostem jsou méně údržbové. Další technické parametry jsou uvedeny v tabulce (tab. 17) [38].



Obr. 17: Matice LSNUT se závitem [38]

Vlastnosti	
Typové označení	LSNUT-T10X2-F
Typ závitu	Trapézový
Průměr závitu ( $d_z$ )	10 mm
Stoupání ( $p_z$ )	2 mm
Rozteč otvorů ( $r_{ot}$ )	22 mm

**Tab. 17:** Vlastnosti matice LSNUT se závitem [38]

Šrouby musí mít přesné a tuhé uložení. Konce šroubů se ukládají do zdvojených **valivých ložisek**. Tyto ložiska zajišťují tzv. *vetknuté uložení*. Tímto uložení je docíleno jak vyšší přesnosti a vzpěrné tuhosti, tak se i posune hranice kritických otáček. Ze čtyř základních typů uložení šroubu navrhuji *vetknuté volné uložení* (to znamená, že na jednom konci šroubu bude zdvojené valivé ložisko a na druhém konci šroubu bude volné ložisko). Použil jsem dvouřadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem 3000-2RS značky INA o rozměrech: vnitřní průměr ložiska  $d_{lož} = 10$  mm; vnější průměr ložiska  $D_{lož} = 26$  mm; šířka ložiska  $B_{lož} = 12$  mm (obr. 18) [28].

*Pozn.:* pro vlastní konstrukci měřicího zařízení jsou v nosné části použita ještě axiální ložiska 51106-SKF.



**Obr. 18:** Dvouřadá kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem [39]

## 6. Spojky

**Spojky** jsou strojní součásti, které slouží ke spojování dvou vedení.

Požadavkem na spojku je:

- nízká setrvačnost, a to z důvodu, aby setrvačnost spojky významně nenavyšovala celkovou setrvačnost servosystému. Čím nižší je setrvačnost, tím

méně energie potřebuje servomotor k pohybu systému, a proto je možné vyšší zrychlení;

- torzní tuhost, která by měla být dostatečně vysoká. Dostatečnou tuhostí lze zabránit navíjení spojky během podmínek zrychlení, zpomalení nebo couvání;
- nulová vůle. Nulová vůle je schopnost spojky udržet stejný relativní vztah mezi vstupním a výstupním hřídelem bez ztráty pohybu. Spojky s nulovou vůlí vykazují velmi malé navíjení. Spojky s velkým počtem navíjení způsobují chybu polohování serva, a mohou mít tak špatný vliv na servosystém;
- schopnost vyrovnání. Spojky by měly vyrovnat jakýkoliv nedostatek soustřednosti ve spojených vedeních, vyrovnat tolerance v pohybové soustavě. Spojky s vysokou schopností vyrovnání minimalizují reakční zatížení na ložiska servomotoru, na pouzdra v systému [40].

Pro spojování šroubů s krokovými motory jsem použil flexibilní spojky ServoClass Single Flex, které splňují požadavky kvalitních spojek (obr. 19) [40].



**Obr. 19:** ServoClass Single Flex [40]

## 7. Materiál na výrobu konstrukce

**Brána na umístění kamer** je navržena z hliníkových profilů s drážkami (obr. 20). Výrobce těchto hliníkových profilů nabízí univerzální stavebnicový systém MB (včetně spojovacích prvků), který by měl být vhodný ke stavbě jednoúčelových strojů a zařízení, vhodný pro nosníky. Výhodou použití tohoto systému je:

- vhodný materiál - hliník (lehký, odolný proti korozi, snadně čistitelný);
- možnost výběru profilů - navrhuji profil 6, model L, 30 x 30 mm;
- jeho jednoduchá konstrukce;

- možnost tvorby zařízení (brány) dle vlastních rozměrů, představ tzn. možná variabilita konstrukce;
- snadná další úprava, možná přestavba;
- možnost kombinace různých profilů, komponentů;
- že systém je dodáván včetně spojovacích prvků [41].



**Obr. 20:** Stavebnicový systém hliníkových profilů [41]

**8. Desku měřicího zařízení, kruhovou základnu, držáky** navrhuji zhotovit z konstrukčního materiálu – ze železa. Pro železo jsem se rozhodl z důvodu jeho ceny, jeho dostupnosti na trhu. Železo lze snadno obrábět, ohýbat, případně svařet. Výhodou tohoto materiálu je i jeho snadná povrchová úprava, která chrání povrch proti vnějším vlivům. Jednotlivé díly bych doporučil svařit či spojit šrouby.

### 9. Úchopná hlavice

Z důvodu snížení vibrace při pohybu a manipulaci s objektem by měla být úchopná hlavice vyrobena kombinací plastu a kovu. Použitím těchto materiálů by měly být splněny podmínky, které se očekávají od úchopné hlavice (viz kapitola 3.3.3 – efekty).

### 10. Další použitý materiál

K samotné konstrukci jednoúčelového automatického zařízení musí být dále použity **nastavitelné gumové nožičky** na vyrovnání zařízení a na snížení jeho vibrací, které mohou vznikat při samotném cyklu měření, **propojovací kabely**, **mechanické páčkové koncové spínače a elektronické obvody**, **spojovací materiály**, **distanční sloupky se závitem atd.**

## 4 Struktura řízení

### 4.1 Řídicí systém měřicího zařízení

Program činnosti zařízení je tvořen souborem základních úkonů – operací, které mají jednoznačně definovanou vzájemnou závislost. Z hlediska principu řízení souslednosti a průběhu úkonů lze zvolit buď řízení úkonů otevřeným způsobem, tzn., že cyklus je zajišťován bez zpětné vazby, bez zpětné kontroly dokončení úkonů nebo uzavřeným způsobem. Otevřený systém není schopen zaregistrovat nesplnění některého úkonu. Může tak docházet k neúplnému cyklu. Z tohoto důvodu jsem řešil ovládání procesu uzavřeným řídicím systémem, kde je dokončení jednotlivých úkonů sledováno. Není-li dokončen nějaký úkon, cyklus se přeruší a vyhodnotí chybu [42].

Měřicí zařízení na měření kuliček i perliček je plně řízené počítačem. Řídicí systém měřicího zařízení je tvořen dvěma programy. Programem, který vysílá v určitém pořadí ovládací signály k jednotlivým pohonům, k polohám, k zahájení operací s ohledem na časové trvání jednotlivých úkonů atd. Druhý program je součástí pořízené 2D či 3D kamery Vision.

#### 4.1.1 Program na řízení měřicího zařízení

Pro pohybové řízení měřicího zařízení bych navrhoval pružný program, který by umožňoval rychlé operativní zadávání programu, jeho úpravy v návaznosti na nové požadavky měření. Tento program by měl také ovládat pohyb a koncové polohování úchopné hlavice. Program na řízení jednotlivých operací je třeba vytvořit přímo na danou činnost. Jelikož nedošlo k realizaci a k provedení zkoušek měření kuliček a perliček, nebyl program pro pohybové řízení měřicího zařízení vytvořen.

V oblasti automatizace se používá 10 nejpopulárnějších programovacích jazyků:

1. BASIC/Pascal;
2. jazyk průmyslových robotů – RAPID, KRL;
3. LISP;
4. programovací jazyk hardwaru – HDL;
5. jazyk symbolických adres;
6. MATLAB;
7. C#.NET;
8. Java;
9. Python;

10. C/C++ [43].

Každý programovací jazyk má své výhody a nevýhody. Z výše uvedených jazyků bych volil mezi MATLABEM a jazykem C/C++.

**MATLAB** (matrix laboratory) je interaktivní programové prostředí, skriptovací programovací jazyk čtvrté generace.

Tento programovací jazyk je:

- vhodný pro analýzu dat a vývoj řídicích systémů;
- vhodný pro grafy;
- jednoduchý na naučení;
- vhodný pro implementování – realizaci řídicího systému;
- vhodný pro ovládání automatických zařízení.

**C/C++ program** je považován za programovací jazyk číslo 1 v oblasti automatizace. Tento program je velice funkční. Podporuje další programovací styly, není tedy jazykem čistě objektovým. V tomto programu lze udělat i vlastní rozhraní, tzn. lze si vytvořit vlastní program na ovládání všech pohonů nebo program na otáčení každého pohonu zvlášť. Nevýhodou tohoto programovacího jazyka je jeho složitost na naučení. Velkou výhodou mají ti, kteří ovládají jazyk C, jelikož C/C++ je jeho nadstavbou [43].

#### 4.1.2 Program na ovládání kamery

Navrhované „*inteligentní*“ senzory, které budou měřit - snímat sledovanou veličinu a převádět na výstupní informaci, mají vlastní konfigurační software. Nastavená data jdou po komunikaci TCP/IP případně po UDP. Uživatelským rozhraním je webový server. Konfigurační software SOPAS ET je tedy nedílnou součástí každé kamery. Schopností programu je: nahrání dat, ukládání dat do paměti a jejich vyvolávání; vytváření protokolů; ukládání snímků do počítače prostřednictvím FTP; ethernetová komunikace. Výstupem z kamery je textová hláška: „OK“; „chyba v detailu“ nebo „nezaznamenán žádný objekt“ [37].

*„Komunikace TCP/IP je v současné době běžnou komunikací v počítačových sítích. Architektura TCP/IP zahrnuje vlastní přenos dat (zajišťuje protokol IP), rozhraní pro nespojované, nepotvrzované zasilání diagramů UDP a protokol logického kanálu TCP. Protokol TCP prostřednictvím potvrzování zajišťuje spolehlivost v prostředí sítí. Je vybaven řízením toku dat a ochranou proti chybám. Pro aplikace jsou viditelné tyto protokoly: IP, TCP a UDP. Ty jsou dále podporovány služebními protokoly. Služební*



*protokoly mají za úkol překlad síťových adres na adresy hardwarové (ARP) nebo opačně (RARP), řízení a testování sítí a generování chybových hlášení“ [44].*

Nejdůležitějším principem TCP/IP komunikace je:

- možnost snadného připojení sítí založených na různých technologiích při zachování rychlosti přenosu dat;
- nespojovaný a bezstavový charakter komunikace;
- zajištění spolehlivosti až koncovými uzly, nikoli přenosovou částí sítě.

Mezi omezení a nedostatky TCP/IP patří že:

- protokoly TCP/IP nejsou šifrované; bezpečnost lze vyřešit přes zabezpečovací tunely nebo dalšími mechanismy;
- IP adresa je vázána na geografické umístění zařízení, IP adresa tedy není přenosná.

Komunikace v sítích založených na TCP/IP probíhá ve čtyřech vrstvách: ve vrstvě síťového rozhraní, v síťové vrstvě, v transportní vrstvě a v aplikační vrstvě. Na vrstvách vznikají definované protokoly. Komunikace probíhá vždy mezi sousedními vrstvami, případně mezi vrstvami stejnohlými, a to na základě protokolů dané vrstvy. V koncových uzlech jsou implementovány všechny vrstvy, v přechodových uzlech je implementována pouze vrstva síťového rozhraní a vrstva síťová.

**Vrstva síťového rozhraní** umožňuje přístup k přenosovému médiu. Implementace je závislá na konkrétní přenosové technologii v rámci TCP/IP. V rámci této vrstvy neexistují protokoly.

Funkcí **síťové vrstvy** je hledání cesty pro bloky dat (pakety). Tato vrstva tedy zajišťuje rychlý přenos dat. Nejdůležitějším protokolem této vrstvy je protokol IP.

**Transportní vrstva** je pouze v koncových uzlech. Poskytuje volitelně spolehlivý spojovaný přenos dat. Transportní vrstva pomocí portů rozlišuje a směruje data přímo pro konkrétní aplikaci, která o data žádá. Hlavními protokoly této vrstvy jsou protokoly TCP a UDP.

**Aplikační vrstva** je vrstva aplikací pro síťový přenos dat. Jde o vzdálený přenos dat. Výstupem z této vrstvy je protokol.

**IP protokol** je implementován v koncových uzlech „*nb*“ i ve směrovačích. Slouží k přenosu dat mezi zdrojovým počítačem a příjemcem. Přenášená data se nazývají IP diagramy, které mají datovou strukturu. Paměť zdrojového počítače je schopná uložit 30 snímků.

**TCP – Transmission Control Protocol** je základní protokol transportní vrstvy. Umožňuje aplikacím vytvářet spojení a přenášet spolehlivá a spojovaná data. Protokol garantuje doručení dat ve správném pořadí.

Dalším typem protokolu je protokol **UDP**. UDP protokoly jsou rychlé a efektivní. Některé aplikace upřednostňují jejich rychlost doručování před spolehlivým doručením každého jednotlivého paketu [44].

#### **4.1.3 Vzájemná synchronizace**

Pohybové řízení měřicího zařízení bych z výše uvedených důvodů (viz kapitola 4.1.1) programoval v jazyce **C/C++**. Tento program by bez problémů měl umět komunikovat s konfiguračním softwarem SOPAS ET. Kompatibilita softwarů je velice důležitá. Bez synchronizace, bez vzájemného sladění systémů by mohlo docházet k poruchám řízení, a tím k narušení celého chodu měření.

## 5 Postup měření

V této části práce je popsán postup měření kuliček. Jednoúčelové automatické zařízení je konstruováno jak pro měření kuliček, tak i perliček (dále jen „kuliček“) vzor 1175 (obr. 21 – dle vzorkovníku společnosti DETOA). Jednotlivé části automatického zařízení jsou popsány v kapitole 3.3.3 Stavba jednoúčelového automatického zařízení.



Obr. 21: Vzor 1175

Měřicí desky a čelisti úchopné hlavice jsou navrženy v osmi provedeních pro měření kuliček různých průměrů  $d_k$ . Pro samotné měření je tedy třeba vhodně zvolit měřicí desku a čelisti úchopné hlavice dle rozměru právě měřených kuliček (tab. 18).

Počet měřicích desek a čelistí	Průměr kuličky $d_k$ (mm)
1	4 ÷ 9
2	10 ÷ 15
3	16 ÷ 20
4	22 ÷ 25
5	30 ÷ 35
6	40
7	45
8	50

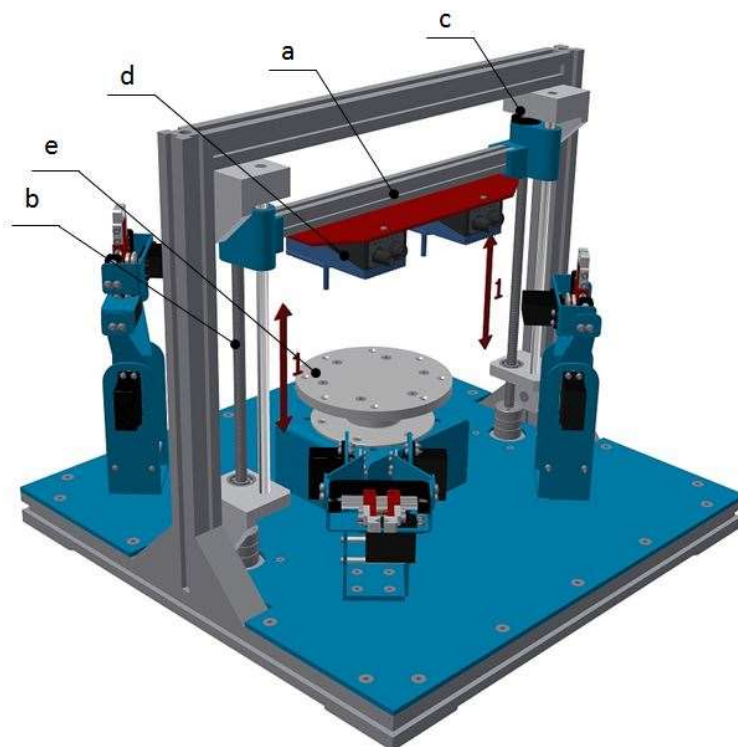
Tab. 18: Počet měřicích desek a čelistí v závislosti na průměru kuliček

Výměna měřicí desky spočívá v uvolnění 6 šroubů, kterými je měřicí deska připevněna k základní desce. Při výměně čelistí v úchopných hlavicích je zapotřebí odšroubovat 2 šrouby v každé úchopné hlavici.

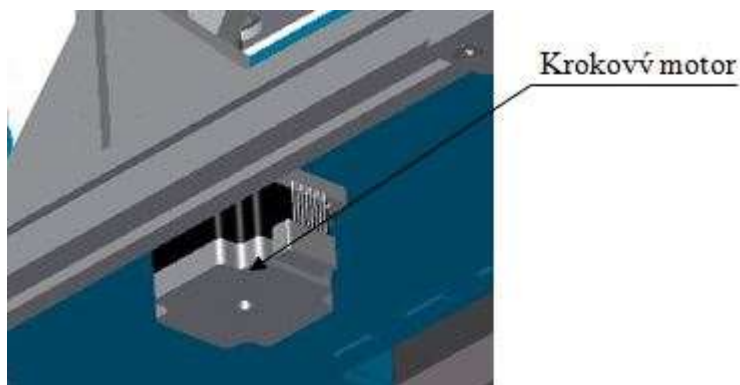
### Pracovní postup měření (bez elektrické instalace):

1. Na začátku měření jednoúčelovým automatickým zařízením se veškeré pohyblivé části zařízení nastaví do výchozích pozic. Nosník **a** najede pomocí vodících tyčí **b**

a krokových motorů (obr. 23) na koncová čidla c (na nulové body). Nulové body se nacházejí v horní části portálu. Po načtení dat se nosník s měřicími senzory d posune do polohy, která je optimální pro měření kuliček daného průměru. Tato poloha je po celý průběh měření neměnná. Optimální výšku nosníku od měřicí desky e lze určit pouze na základě zkušebního provozu zařízení - na základě kvality výstupu měření. Posun nosníku je znázorněn na obr. 22 – *pohyb číslo 1*.

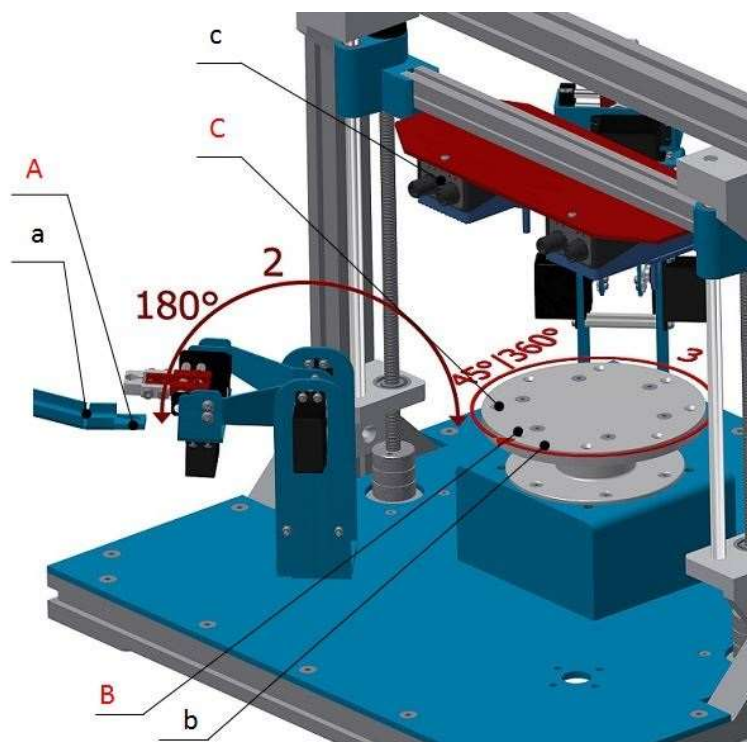


**Obr. 22:** Jednouúčelové automatické zařízení – pohyb č. 1

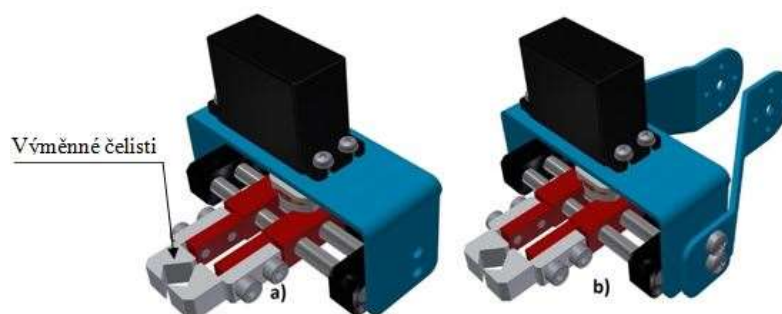


**Obr. 23:** Pohled na krokový motor

2. Kontrolované kuličky jsou před samotným měřením uloženy do zásobníku a. Ze zásobníku jsou kuličky jednotlivě přemísťovány pomocí polohovacího ústrojí (obr. 25 b). Úchopná hlavice – koncový člen zařízení (obr. 25 a) uchopí kuličku v bodě A. Polohovací ústrojí vykoná pohyb o  $180^\circ$  – *pohyb číslo 2* (obr. 24) a úchopná hlavice vloží kuličku na měřicí desku b do bodu B. Poté polohovací ústrojí (otočením o  $180^\circ$ ) vrátí úchopnou hlavici do bodu A na startovací pozici pro další kuličku. Vratný pohyb probíhá v době, kdy se měřicí deska pootáčí o  $45^\circ$  – *pohyb číslo 3*. Při každém pootočení měřicí desky se bude tento celý cyklus stále opakovat v pravidelných programově řízených intervalech. Pootočením měřicí desky (o  $45^\circ$  – *pohyb číslo 3*) se kulička posune z bodu B do měřicího bodu C, kde dochází k prvnímu snímání, tzn. k měření rozměru kuličky první kamerou c (obr. 24).



**Obr. 24:** Jednoúčelové automatické zařízení – pohyb č. 2, č. 3



**Obr. 25:** a) Úchopná hlavice; b) Polohovací ústrojí s úchopnou hlavicí

3. V časovém intervalu, kdy se měřicí deska a s kuličkami otáčí do bodu **D** o dalších  $45^\circ$  – *pohyb číslo 3*, druhé polohovací ústrojí s otočnou úchopnou hlavici čeká v bodě **E** na vyhodnocení prvního měření (obr. 26). Samotné měření kuliček je plně automatizované. První měřicí kamera zaměří kuličku v bodě **C** a pošle IP diagram (protokol o naměřených hodnotách) do paměti počítače. Potom dojde ke komunikaci v sítích TCP/IP, tedy k zaslání hlavního protokolu do hlavního řídicího programu. Paměť počítače je schopná uložit až 30 snímků. Hlavní řídicí program může obdržet tyto textové hlášky:

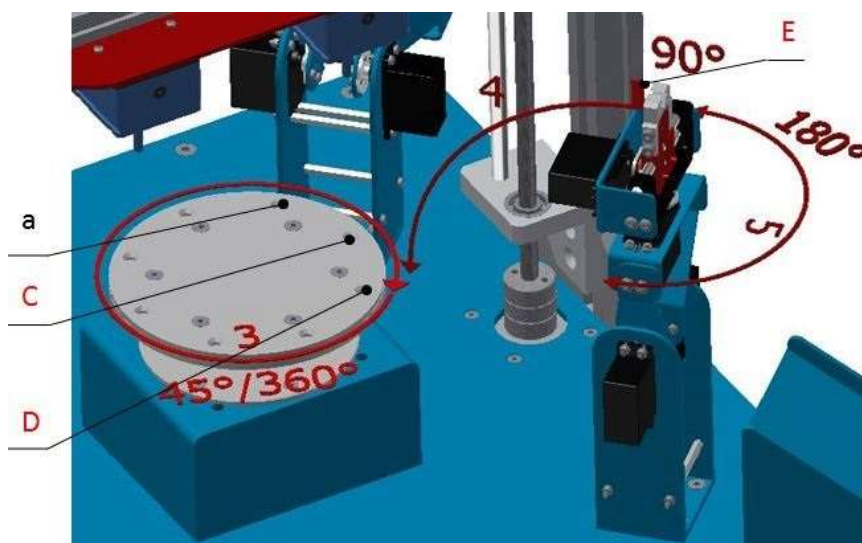
„OK“;

„chyby v detailu“ = neodpovídá etalonu ↔ chybný rozměr;

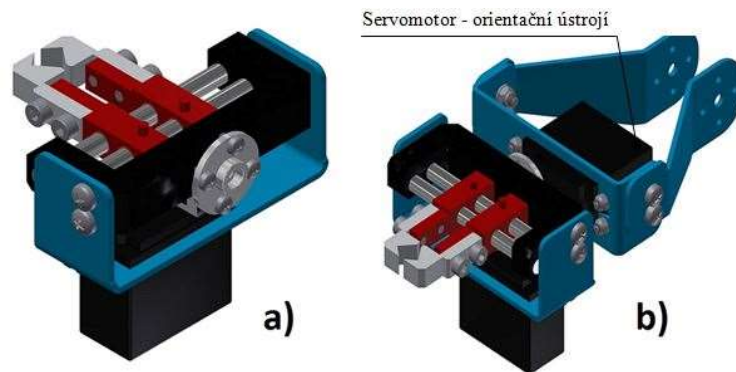
„nezaznamenán žádný objekt“ ↔ prázdné místo v protokolu.

Na základě textových hlášek mohou nastat tři možnosti. Při textové hlášce:

- a) „OK“ se polohovací ústrojí se servomotorem a s úchopnou otočnou hlavici (obr. 27 b) přesune z bodu **E** do bodu **D** o  $90^\circ$  – *pohyb číslo 4*, kde úchopná otočná hlavice (obr. 27 a) uchopí kuličku. Po stejné trajektorii se polohovací ústrojí vrátí zpět do bodu **E** a zde se zastaví. Pomocí servomotoru – orientačního ústrojí se úchopná otočná hlavice otočí o  $180^\circ$  – *pohyb číslo 5*. Následně polohovací ústrojí vykoná *pohyb číslo 4* (pohyb o  $90^\circ$ ) a otočenou kuličku o  $180^\circ$  vrátí na měřicí desku do stejného místa do bodu **D**, kde úchopná hlavice upustí kuličku. Polohovací ústrojí se opět vrátí do bodu **E** (do výchozí pozice), kde bude čekat na otočení měřicí desky a na textovou hlášku z dalšího měření. Orientační ústrojí se otočí po stejné trajektorii o  $180^\circ$  – *pohyb číslo 5*.

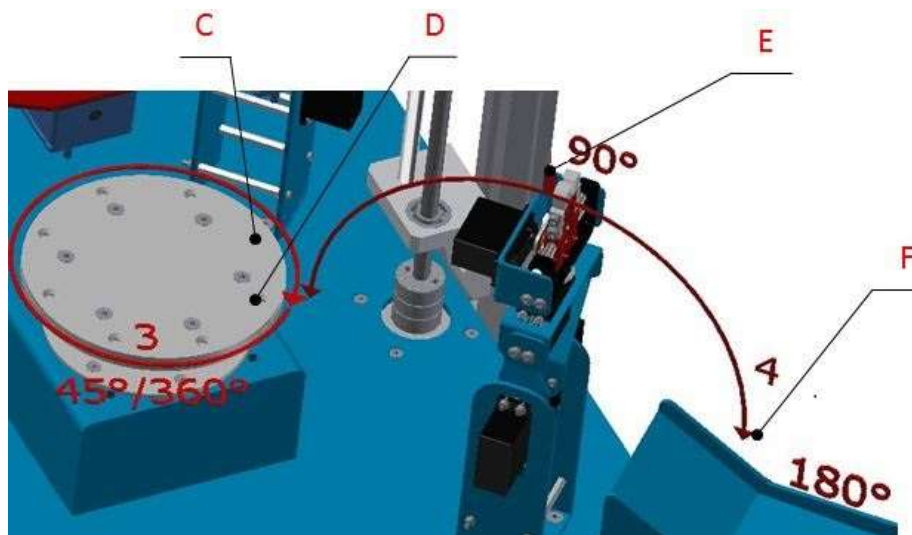


**Obr. 26:** Jednoučelové automatické zařízení – pohyb č. 3, č. 4 a č. 5



**Obr. 27:** a) Úchopná otočná hlavice; b) Polohovací ústrojí se servomotorem a s úchopnou otočnou hlavicí

b) při textové hlášce „chyba v detailu“ se polohovací ústrojí se servomotorem a s úchopnou otočnou hlavicí přesune z bodu **E** do bodu **D** o  $90^\circ$  – *pohyb číslo 4*, kde úchopná otočná hlavice uchopí kuličku. Dále polohovací ústrojí vykoná pohyb o  $180^\circ$  – *pohyb číslo 4* do bodu **F**. Při hlášce „chyba v detailu“ se kulička neotáčí o  $180^\circ$ . V poloze **F** úchopná otočná hlavice otevře čelisti a vadnou kuličku pustí do žlábků s nevyhovujícími kuličkami. Polohovací ústrojí se i při této hlášce opět vrací do bodu **E** (do výchozí pozice), kde čeká na otočení měřicí desky a na textovou hlášku z dalšího měření (obr. 28).

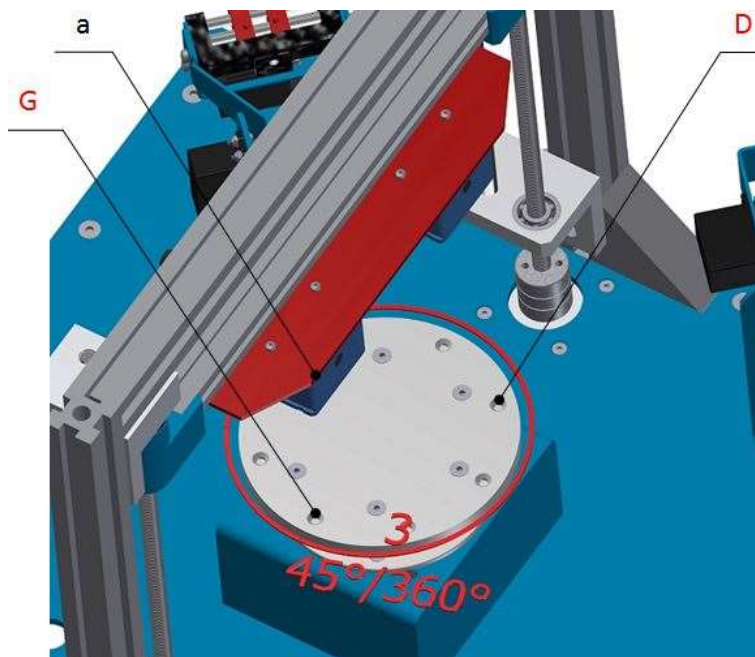


**Obr. 28:** Jednouúčelové automatické zařízení – pohyb č. 3, č. 4

c) při textové hlášce „nezaznamenán žádný objekt“ druhé polohovací ústrojí se servomotorem a s otočnou úchopnou hlavicí nebude činit žádný pohyb či úkon. Programově bude tato hláška po šesti opakováních ošetřena

signálem, který bude signálem pro obsluhu (např. světelným signálem). Obsluha bude danou situaci adekvátně řešit: dosypáním kuliček, vypnutím zařízení (měření ukončeno), přenastavením na jiný druh kuliček atd.

4. Dalším krokem měřicího procesu je měření kuličky druhou kamerou v bodě **G**. Kulička se pod druhou měřicí kameru **a** dostane otočením měřicí desky o **135°** – *pohyb číslo 3* od bodu **D** (obr. 29).



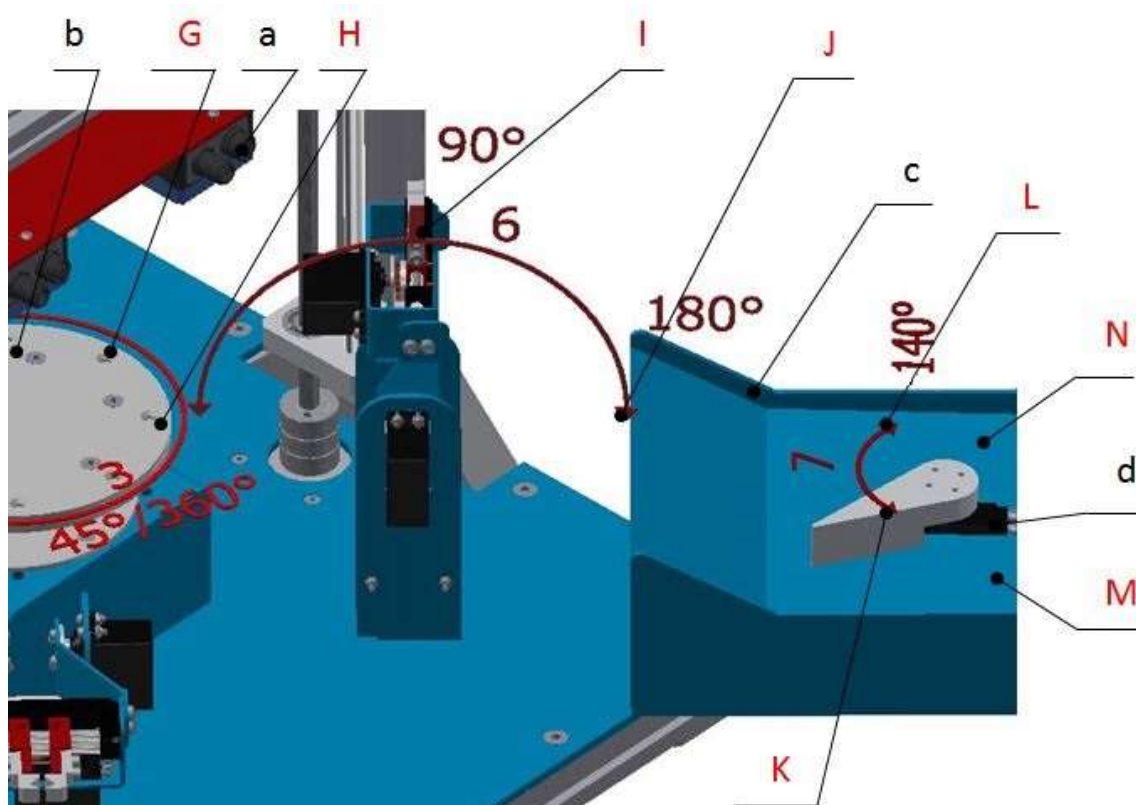
**Obr. 29:** Jednúčelové automatické zařízení – měřicí bod **G**; pohyb č. 3

5. V bodě **G** tedy dochází k druhému měření, a to druhou kamerou **a** (obr. 30). Obě kamery jsou stejné. Kulička v tomto místě je snímána z druhé strany, jelikož došlo k jejímu otočení o **180°** - viz pracovní postup bod 3 a).
6. V časovém intervalu, kdy se měřicí deska **b** otáčí do bodu **H** o dalších **45°** – *pohyb číslo 3*, třetí polohovací ústrojí s úchopnou hlavici čeká v bodě **I** (ve své výchozí pozici) na vyhodnocení druhého měření. Princip měření kuliček je shodný s měřením první kamery. Druhá měřicí kamera zaměří kuličku v bodě **G** a pošle tedy IP diagram (protokol o naměřených hodnotách) do paměti počítače. Dále dojde ke komunikaci v sítích TCP/IP, k zaslání hlavního protokolu, tedy k zaslání textových hlášek z druhého měření do hlavního řídicího programu, na jejichž základě bude polohovací ústrojí konat pohyby (obr. 30).



Při textové hláše:

- a) „OK“ se polohovací ústrojí přesune z bodu **I** do bodu **H** o  $90^\circ$  – *pohyb číslo 6*, kde úchopná hlavice uchopí kuličku v bodě **H** (obr. 25 a). Poté polohovací ústrojí vykoná pohyb o  $180^\circ$  – *pohyb číslo 6* do bodu **J**. V bodě **J** úchopná hlavice otevře čelisti a pustí kuličku do třídícího žlábků **c**. V třídícím žlábků je připevněn servomotor s třídící páčkou **d**. Třídící páčka, která je na výchozí pozici **K**, pošle vyhovující kuličku do žlábků **N** mezi dobré kuličky. Polohovací ústrojí se opět vrací do bodu **I** (do výchozí pozice), kde čeká na další textovou hlášku druhé kamery (na protokol měření nové kuličky). Třídící páčka zůstává na místě **K**, jelikož nulový bod je bod **K** (obr. 30).



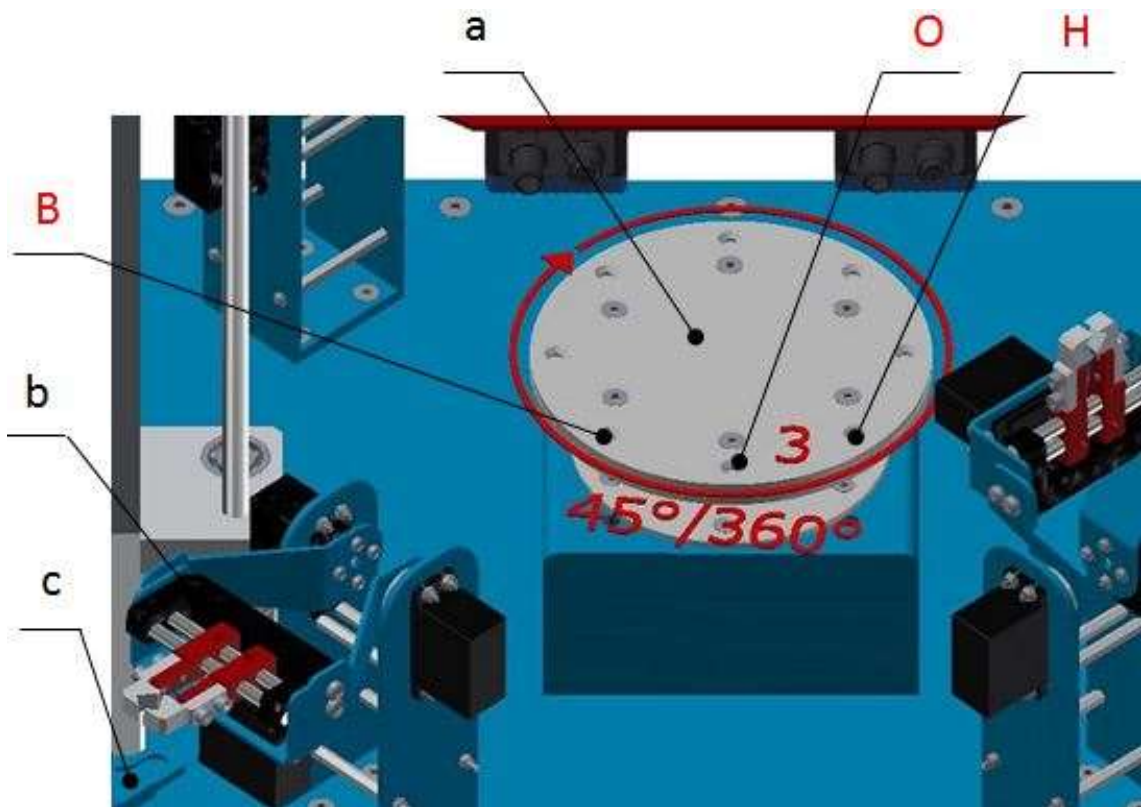
**Obr. 30:** Jednoúčelové automatické zařízení – pohyb č. 3, č. 6 a č. 7

- b) při textové hláše „chyba v detailu“ se polohovací ústrojí přesune z bodu **I** do bodu **H** o  $90^\circ$  – *pohyb číslo 6*, kde úchopná hlavice uchopí kuličku. Dalším úkonem polohovacího ústrojí je pohyb o  $180^\circ$  – *pohyb číslo 6* do bodu **J**. V bodě **J** úchopná hlavice otevře čelisti a kuličku pustí do žlábků. V době pohybu polohovacího ústrojí servomotor v třídícím

žlábků d dostává z hlavního řídicího programu příkaz „přesunout“ třídící páčku na pozici **L** o  $140^\circ$  – *pohyb číslo 7*. Špatné kuličky, budou v tomto případě, pomocí třídící páčky dopraveny do žlábků **M**. Polohovací ústrojí se vrátí o  $90^\circ$  – *pohyb číslo 6* do bodu **I** (do výchozí pozice), kde bude čekat na textovou hlášku druhé kamery, na protokol měření nové kuličky. Třídící páčka se vrátí do bodu **K** (*pohyb číslo 7*) na nulový bod až v okamžiku, kdy se polohovací ústrojí zastaví v bodě **I** (obr. 30).

- c) při textové hlášce „nezaznamenán žádný objekt“ třetí polohovací ústrojí s úchopnou hlavicí nebude činit žádný pohyb či úkon.

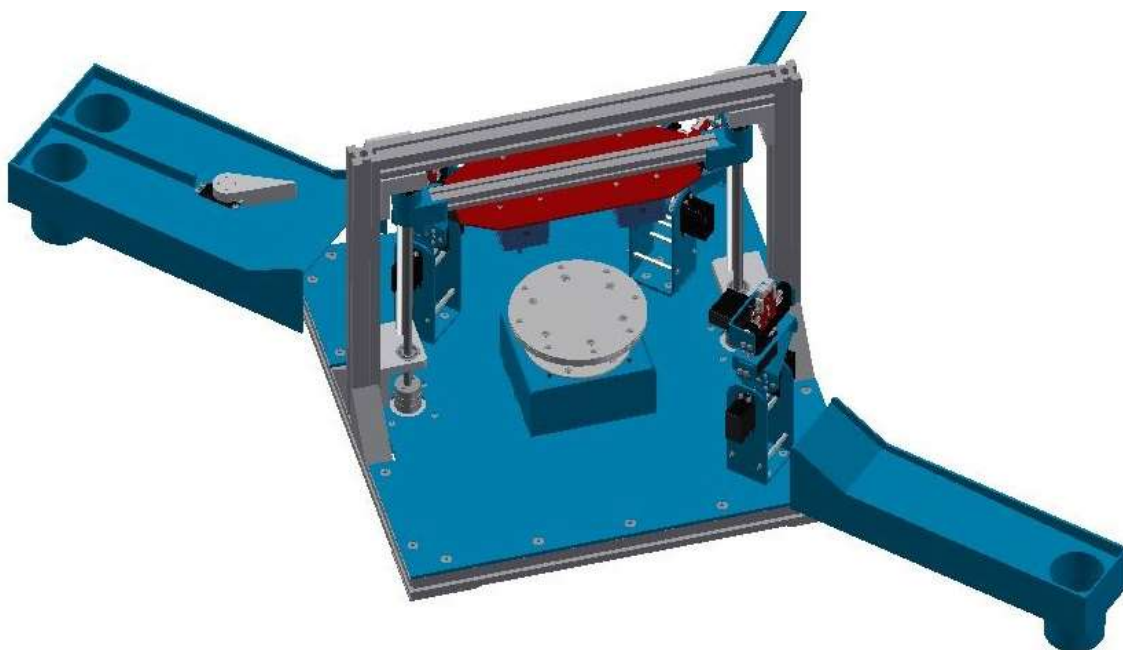
7. Měřicí deska a se pootočí o dalších  $45^\circ$  – *pohyb číslo 3* z bodu **H** do bodu **O**. V bodě nenastane žádný pohyb či úkon. Měřicí deska v tomto místě je bez kuličky (obr. 31).



**Obr. 31:** Jednoúčelové automatické zařízení – bod H, bod O; pohyb č. 3

8. Poslední fází celého měřicího cyklu je pootočení měřicí desky o  $45^\circ$  – *pohyb číslo 3* z bodu **O** do bodu **B**. Deska se v tomto okamžiku otočila o  $360^\circ$ . Na měřicí desku, na uvolněné připravené místo do bodu **B** je tedy možné položit novou kuličku připravenou pro měření. Je tedy pod první úchopnou hlavicí b (obr. 31).

9. Tento cyklus měření se bude opakovat do okamžiku změření poslední kuličky ze zásobníku **c** (obr. 31). Pokyn k vypnutí měřicího zařízení bude vyřešen programově. Hlavní řídicí program dostane textovou hlášku „nezaznamenán žádný objekt“. Program po šesti opakováních této hlášky vyše signál. Jednoúčelové automatické zařízení se zastaví a vyše signál pro obsluhu (např. světelný signál).



**Obr. 32:** Jednoúčelové automatické zařízení – sestava

**Pozn.:** z výše uvedeného postupu měření je zřejmé, že se měřicí otočná deska otáčí vždy o 45°. Čas mezi jednotlivými posuvy měřicí desky bude ovlivněn nejdelším časovým intervalem. Nejdelším časovým intervalem bude interval v bodě **D** (obr. 28) při textové hlášce první kamery, při hlášce „OK“. V tomto místě bude polohovací ústrojí vykonávat čtyři pohyby a orientační ústrojí, které bude měnit orientaci kuličky, dva pohyby (viz odstavec 3 a).

V návrhu jednoúčelového automatického zařízení není řešena elektrická instalace, z tohoto důvodu tedy obrázky neobsahují zapojení zařízení do elektrické sítě.

## 6 Hodnocení navrhovaného řešení

Společnost DETOA Albrechtice s. r. o. vnesla požadavek na zefektivnění měření vyráběných součástí. Zástupci společnosti plánují zefektivnit měření vyráběných součástí a měření zautomatizovat. V rámci řešení diplomové práce bylo pro rozměrovou kontrolu vyráběných kuliček a perliček navrženo zařízení plně řízené počítačem. Toto jednoúčelové automatické zařízení:

- přesně, rychle a spolehlivě změří rozměr kuličky a vyhodnotí její kvalitu;
- nahradí jednotvárnou, jednoduchou stále se opakující manuální práci člověka;
- je bezobslužné, samočinně řízené počítačem;
- je schopné opakovat předem pevně stanovené pracovní cykly složené z několika pracovních pohybů;
- je plně funkční zařízení, kde mezi sebou spolehlivě komunikuje hlavní řídicí systém s programovacím kamerovým softwarem.

Konstrukce jednoúčelového automatického zařízení byla navržena z hliníkových profilů s drážkami. Stavebnicový systém (MB) umožňuje jednoduchou konstrukci zařízení, kombinaci profilů, snadnou úpravu a možnou přestavbu zařízení.

Společnost DETOA Albrechtice s. r. o. vyrábí různé typy (tvary) kuliček a perliček (obr. 7). Od každého tvaru společnost nabízí kuličky či perličky několika rozměrů. Jedná se o velmi rozmanitou výrobu. Jednoúčelové automatické zařízení bylo navrženo na měření vzoru 1175 (obr. 21), který se vyrábí ve 24 rozměrech. Na měření všech 24 velikostí kuliček tohoto vzoru byly v rámci řešení diplomové práce navrženy výměnné čelisti úchopné hlavice v 8 provedeních. V tomto počtu byly navrženy i měřicí desky. Nové automatické zařízení bylo navrženo tak, aby byla výměna čelistí a měřicí desky rychlá a snadná (odšroubování šroubů). Podmínkou pro bezvadný chod automatického zařízení je, že pro daný rozměr bude zařízení předem seřízeno. Tím bude zaručeno, že kuličky při přemísťování nevypadnou a budou rychle a přesně uloženy na požadované místo.

K samotnému měření rozměru dochází pomocí kamer – senzorů, tedy bezkontaktně. Jednoúčelové automatické zařízení je vybaveno dvěma kamerami. Navrhované senzory (2D či 3D kamery) jsou vhodnými zařízeními pro automatické bezkontaktní měření. Senzory dokážou velmi přesně (s vysokým rozlišením) snímat rozměr měřeného předmětu – kuličky a dle předem definovaného principu dokážou informaci o rozměru spolehlivě a bezpečně transformovat na veličinu výstupní (na výstupní hlášku). Navržené kamery

Vision jsou spolehlivé a odolné i v náročném prostředí. Jejich stupeň krytí je IP67 tzn., že zařízení je prachotěsné, je chráněno před dotykem a je i odolné vůči dočasnému ponoření do vody. Kamery jsou jednoduché na obsluhu a údržbu.

Jednoúčelové automatické zařízení bylo navrženo tak, aby bylo zajištěno měření kuliček ze dvou stran. Po měření ve výchozí pozici je kulička pootočená o 180° a pak změřena podruhé. Tento způsob měření zaručuje kvalitní a důslednou kontrolu rozměru kuličky. Možnost otočení kuličky zajišťuje polohovací ústrojí se servomotorem a s úchopnou otočnou hlavicí. Navrhovaná sestava zařízení obsahuje kromě jednoho polohovacího ústrojí se servomotorem a s úchopnou otočnou hlavicí, která umožňuje otočení kuličky, ještě dvě polohovací ústrojí s úchopnou hlavicí. Tento druhý typ ústrojí přemísťuje kuličku z různých bodů po předem určených trajektoriích.

Jednoúčelové automatické zařízení navržené v rámci řešení diplomové práce je vhodným zařízením pro měření rozměru kuliček a perliček, dokáže nahradit vizuální kontrolu výrobků.

<b>Název součástí</b>	<b>Přímý materiál v Kč</b>	<b>Přímé mzdy v Kč</b>
<b>Efektor - úchopná hlavice (3 ks)</b>	1 200,-	2 000,-
<b>Krokový motor ST8918M4508-A (1 ks)</b>	4 000,-	“ – “
<b>Krokový motor ST6018X3008-A (2 ks)</b>	1 400,-	“ – “
<b>Servomotor Digital JX servo PDI-6221 MG (10 ks)</b>	5 600,-	“ – “
<b>3D senzor - typ V3T11S-MR12A7 1075604 (2 ks)</b>	200 000,-	“ – “
<b>Rám zařízení - stavebnicový systém; deska měřicího zařízení, kruhová základna, držáky,</b>	25 000,-	4 000,-
<b>Ostatní materiál: šroubové převody, ložiska, spojky, spojovací materiál, distanční sloupky se závitem atd.</b>	500,-	“ – “
<b>Počítačové vybavení</b>	10 000,-	“ – “
<b>Hlavní řídicí program - C/C++ jeho naprogramování</b>	30 000,-	“ – “
<b>Elektrické obvody, propojovací kabely, mechanické páčkové koncové spínače atd.</b>	3 000,-	500,-
<b>Seřízení a zkušební měření včetně ostatních přímých nákladů (energie, správní režie...)</b>	“ – “	500,-
<b>Celkem</b>	<b>280 700,-</b>	<b>7 000,-</b>

**Tab. 19:** Předběžná cenová kalkulace jednoúčelového automatického zařízení

Pro společnost DETOA Albrechtice s. r. o. byla zpracována předběžná cenová kalkulace nově navrženého jednoúčelového automatického zařízení. Kalkulace obsahuje údaje o cenách přímého materiálu (pořizovací ceny základního materiálu k výrobě zařízení) a vlastní náklady na výrobu (výrobní režie – přímé mzdy) včetně ostatních přímých nákladů (správní režie, spotřeba energie atd.). Jednotková cena automatického zařízení byla stanovena ve výši 287 700,- Kč (tab. 19). V okamžiku pořízení a zařazení zařízení na měření kuliček a perliček do výrobního procesu si bude moci společnost uplatňovat roční odpisy. V tabulce 20 jsou uvedeny roční odpisy zařízení v případě zrychleného odepisování.

<b>Pořizovací cena jednoúčelového automatického zařízení</b>	<b>287 700,- Kč</b>
<b>Odpisová skupina - položka</b>	první - 26.51
<b>Doba odepisování</b>	3 roky

<b>Zrychlené odepisování:</b>	
<b>1. rok - roční odpis</b>	95 900,-Kč
<b>2. rok - roční odpis</b>	127 867,- Kč
<b>3. rok - roční odpis</b>	63 933,-Kč

**Tab. 20:** Odepisování jednoúčelového automatického zařízení

## 7 Závěr

V současné době probíhá digitální revoluce v oblasti techniky, ve strojírenství, ale i ve dřevozpracujícím průmyslu, kam spadá též výroba hraček. Budoucnost se stále více ubírá od manuální výroby směrem k automatizaci a k robotizaci výroby. Hlavním cílem diplomové práce bylo navrhnout zařízení, které umožní zautomatizovat měření dřevěných kuliček a perliček ve společnosti DETOA Albrechtice s. r. o. a navrhnout takové automatické zařízení, které by bylo přesné, rychlé, flexibilní, spolehlivé a bezobslužné, které by nahradilo ruční kontrolu, nahradilo jednoduché stále se opakující činnosti.

V úvodu práce byla stručně popsána historie výroby hraček. Dále byla graficky znázorněna produkce výroby hraček z různých materiálů, byl zpracován graf s údaji jednotlivých zemí o celkovém vývozu vyráběných, ale i jen kompletovaných hraček.

V teoretické části práce byl zpracován stručný přehled vlastností dřeva. Podrobněji bylo charakterizováno dřevo bukové, javorové a habrové – dřevo typické pro výrobu hraček. Samostatná kapitola byla věnována vlastnímu výrobnímu procesu dřevěných kuliček a perliček. Výrobní proces byl vztažen na společnost DETOA Albrechtice s. r. o. s uvedením současného firemního strojového vybavení. Pro úplnost byla tato část práce doplněna o standardní požadavky na hračku a o normy a předpisy, které musí materiál na výrobu hraček, ale i samotné hračky splňovat.

S ohledem na hlavní cíl diplomové práce byla provedena analýza současného stavu průběžných kontrol a měření ve společnosti DETOA Albrechtice s. r. o. Byla provedena analýza kontrol a měření od zadání materiálu do výroby, přes vlastní výrobu kuliček a perliček až po kontrolu konečného výrobku s odkazy na další možnosti kontrol a další způsoby měření. Tato analýza napomůže při práci pracovníkům ve společnosti DETOA Albrechtice s. r. o., a to nejen v odděleních kontrol, ale i v oddělení managementu jakosti, který se zabývá kvalitou výrobků, plánováním jakosti, problémy operativního řízení jakosti, problematikou zlepšování jakosti.

Náplní praktické části práce bylo vypracování návrhu jednoúčelového automatického zařízení na zefektivnění měření, zařízení pro rozměrovou kontrolu vyrobených kuliček a perliček ve firmě DETOA Albrechtice s. r. o. a to včetně vypracování postupu měření a obrázkové dokumentace. Výkresová dokumentace nově navrženého zařízení je k dispozici v příloze této práce na CD, ve formátu dxf.

Jednoúčelové automatické zařízení bylo sestaveno pro měření kuliček (perliček) vzor 1175 (obr. 21). Zařízení bylo po stránce konstrukce navrženo stavebnicově. Skládá se

z několika funkčních celků. Většina komponentů je v návrhu pevně dána, u některých je dána možnost vlastní volby (např.: výběr mezi 2 D a 3 D senzorem, volba programovacího jazyka hlavního řídicího programu). Za stěžejní části zařízení považují úchopné hlavice s vyměnitelnými čelistmi a dále kamery – senzory. Navrhované měnitelné čelisti v úchopných hlavicích (v otočné i pevné hlavici) jsou dostatečně univerzální, aby mohly spolehlivě uchopit a položit určený předmět. Pro měření 24 velikostí kuliček (perliček) vzoru 1175 bylo navrženo 8 druhů vyměnitelných čelistí.

Senzory jsou ideální pro automatizované úkoly, jsou určené ke konkrétní činnosti, například pro měření. Jde o automatizaci spočívající ve sběru a vyhodnocování dat v reálném čase. Optimální výšku senzorů od měřicí desky lze určit až na základě zkušebního provozu zařízení, tedy až na základě skutečně zjištěné kvality výstupu měření. Výhodou senzorů je jejich schopnost komunikace s počítačovou sítí, jejich schopnost komunikace s hlavním řídicím systémem. Senzory jsou tedy důležitým předpokladem pro efektivní vysokorychlostní měření. Jednoúčelové automatické zařízení je plně funkčním zařízením. Bylo tedy v souladu s předsevzatým cílem navrženo samočinné počítačově řízené zařízení, které je bezkontaktní, které nahradí stereotypní manuální práci člověka. Pracovní cyklus – měření bude probíhat bez zásahu obsluhy.

Zavedením jednoúčelového automatického zařízení do výrobního procesu se zvýší produktivita práce, zvýší se kvalita měření, budou vyráběny kvalitnější výrobky pro další výrobu či pro koncového spotřebitele. Automatické zařízení bude schopné vyloučit chyby, či pochybení (při kontrole) způsobené přímou účastí lidského faktoru.

Společnosti DETOA Albrechtice s. r. o. byly předloženy čtyři odlišné návrhy zařízení na měření kuliček a perliček. Jednotlivé návrhy zařízení se od sebe lišily v principu pohybu kuliček či perliček pod měřicími senzory a ve způsobu provedení měřicí desky. Jako nejlepší byla vybrána varianta s dvěma senzory a s kruhovou měřicí deskou. Tato varianta byla podrobně zpracována a je výsledkem této diplomové práce. Návrh jednoúčelového automatického zařízení pro kontrolu vyráběných kuliček a perliček ve společnosti DETOA Albrechtice s. r. o. se bohužel nepodařilo dovést do stádia realizace. Po předložení návrhu zástupcům společnosti nebylo rozhodnuto investovat finanční prostředky na nákup senzorů a dalšího potřebného materiálu. Nedošlo tedy k plánované stavbě zařízení, která byla v rámci řešení této práce připravena. Tedy nebylo možné ani provést plánované zkoušky, tj. ověřit fungování nově navrženého zařízení při vlastním měření rozměrů kuliček a perliček.



Navržené automatické zařízení by mělo ve společnosti DETOA Albrechtice s. r. o. v budoucnu najít své uplatnění a mohlo by být též určitou inspirací pro další společnosti, které měří a kontrolují součásti či výrobky podobných tvarů a rozměrů. Společnosti budou přecházet na nové systémy, na nové technologie, budou do výroby postupně zavádět automatizaci a automatická zařízení nahradí opakující se, jednotvárnou a demotivující práci člověka. Pořízením automatického zařízení tak výrobci dosáhnou nejen očekávaného zefektivnění měření a kontroly, ale získají přehled (online – kontrolu) nad probíhajícími procesy.

Závěrem si dovoluji použít citaci, s kterou se osobně ztotožňuji: *„Je třeba si uvědomit, že funkčně úspěšný systém řízení kvality je neoddělitelný od celkového stylu podnikového řízení, od znalostního vybavení a vzdělanosti personálu, od úrovně jejich praktického výcviku, úrovně komunikace a motivace, a v neposlední řadě rovněž od míry loajality a odpovědnosti pracovníka k podniku“* [45].

## Seznam použité literatury

1. *Hračka*. [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, leden 2020. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Hračka>>.
2. JANÍK, L. Hračky pro děti – jaké byly dříve a co je hitem dnes. *Blog obchod s dárky. cz* [online]. 20. listopadu 2014. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <<https://web.archive.org/web/20141129064042/http://blog.obchod-s-darkey.cz/hracky-pro-deti-jake-byly-drive-a-co-je-hitem-dnes>>.
3. NEŠNĚROVÁ, P. Hrát si a bohatnout. *Týden*. roč. 25, 2018, č. 37. s. 46-47. ISSN 1210-9940.
4. WEIKERT, P. Kdo si hraje, nezchudne. Češi jsou největší vývozci hraček v Evropě. *EURO.CZ* [online]. 17. června 2018. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <<https://www.euro.cz/byznys/kdo-si-hraje-nezchudne-cesi-jsou-nejvetsi-vyvozci-hracek-v-evrope-1409047>>.
5. DOSTÁL, D. Králové hraček sídlí na parníku. *EURO.CZ* [online]. 9. listopadu 2012. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <<https://www.euro.cz/byznys/kralove-hracek-sidli-na-parniku-930362>>.
6. *Vyrábíme dřevěné hračky. Vyrábíme nejlepší hračky*. [online]. Albrechtice v Jizerských horách: DETOA Albrechtice s.r.o. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <<https://www.detoa.cz/>>.
7. *Co je PEFC*. [online]. Praha: PEFC Česká republika. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <<http://www.pefc.cz/pefc/>>.
8. *Charakteristika dřeva jednotlivých dřevin*. [online]. Hradec Králové: Lesy České Republiky, s. p. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <<https://lesy.cz/drevo/charakteristika-dreva-jednotlivych-drevin/>>.
9. *Dřevo*. [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, březen 2020. [cit. 2020-04-01]. Dostupné na: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Dřevo>>.
10. DETOA Albrechtice s. r. o., Albrechtice v Jizerských horách: DETOA Albrechtice 1908 - 2003: historie firmy DETOA Albrechtice 1908 – 2003. 2003. 50 s.
11. GAŠPARÍK, M., MACKŮ, J. Sušení dřeva. *Agrojournal – stroje, mechanizace a nářadí pro zemědělství* [online]. 22. září 2015. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <<https://www.agrojournal.cz/clanky/suseni-dreva-91>>.

12. GANDELOVÁ, L., ŠLEZINGEROVÁ, J., HORÁČEK, P. *Nauka o dřevě*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. 176 s. ISBN 80-7157-577-1.
13. DOLEŽEL, M., aj. Ekologické a šetrné hračky: Nebezpečné může být PVC. *Nazeleno.cz* [online]. 13. ledna 2009. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <https://www.nazeleno.cz/bio/ekologicke-a-setrne-hracky-nebezpecne-muze-byt-pvc.aspx>.
14. DRÁB, V., MOC, L. *Teorie spolehlivosti a řízení jakosti*. 2. upravené vyd. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1992. 350 s. ISBN 80-7083-098-0.
15. PLURA, J. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
16. MLČOCH, L., SLIMÁK, I. *Řízení kvality a strojírenská metrologie*. 1. vyd. Praha: STNL, 1987. 330 s. ISBN –.
17. *Vady dřeva – úvod do tématu (část 1/8)*. [online]. Brno: Nadace dřevo pro život. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <https://www.mezistromy.cz/vlastnosti-dreva-a-drevostaveb/vady-dreva-uvod-do-tematu-/odborny>.
18. MAREŠOVÁ, N. *Prezentace na téma: Vady dřeva*. [online]. Vsetín: SOŠ Josefa Sousedíka, Vsetíně. [cit. 6. ledna 2020]. Dostupné na: <https://slideplayer.cz/slide/3342241/>.
19. DRASTÍK, F. *Přesnost strojních součástí podle mezinárodních norem: Tolerování rozměrů a geometrických vlastností*. 1. vyd. Ostrava: MONTANEX, 1996. 271 s. ISBN 80-85780-18-6.
20. *Tvar*. [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, květen 2017. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Tvar>.
21. SEDLÁŘOVÁ, M. *Výukový materiál – Konfokální mikroskopie: principy konfokální mikroskopie*. [online]. Olomouc: Katedra botaniky PřF UP, 2010. [cit. 2020-01-06]. Dostupné na: <http://www.botanika.upol.cz/atlasy/confmicro/principles.php>.
22. *Průmysl*. [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, březen 2020. [cit. 2020-03-20]. Dostupné na: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Průmysl>.
23. CEJNAROVÁ, A. Od 1. průmyslové revoluce ke 4. *Technický týdeník* [online]. 4. června 2015. [cit. 2020-02-02]. Dostupné na: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4\\_31001.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html).

24. VOJÁČEK, A. Co se skrývá pod výrazy Industry 4.0 / Průmysl 4.0? *HW.CZ automatizace* [online]. 19. března 2016. [cit. 2020-02-02]. Dostupné na: <https://automatizace.hw.cz/mimochodem/co-je-se-skryva-pod-vyrazy-industry-40-prumysl-40.html>.
25. MATIČKA, R., TALÁCKO, J. *Konstrukce průmyslových robotů závěrečný projekt*. 4. přeprac. vyd. Praha: ČVUT, 1989. Kapitola: Mechanizace a automatizace výrobních procesů, s. 3-5. ISBN 80-01-00000-1.
26. MATIČKA, R., TALÁCKO, J. *Mechanismy manipulátorů a průmyslových robotů*. 2. přeprac. vyd. Praha: STNL, 1991. 272 s. ISBN 80-03-00567-1.
27. *Měření, regulace, mechanizace, automatizace a robotizace*. [online]. Klášterec nad Ohří: Asociace pracovníků tlakových zařízení z. s., červenec 2017. [cit. 2020-02-02]. Dostupné na: <http://atz.cz/?p=576>.
28. NOVOTNÝ, F., HORÁK, M. *Konstrukce robotů*. Rec. J. Cerha, A. Richter. 1. vyd. Liberec: TU v Liberci, 2015. 236 s. ISBN 978-80-7494-216-7.
29. SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. 260 s. ISBN 978-80-248-1522-0.
30. NOVOTNÝ, F., HORÁK, M. *Efektory průmyslových robotů*. Rec. J. Cerha, A. Richter. 1. vyd. Liberec: TU v Liberci, 2015. 116 s. ISBN 978-80-7494-195-5.
31. *STEPPER MOTOR – NEMA 34*. [online]. Feldkirchen: Nanotec Electronic GmbH & Co. KG. [cit. 2020-02-02]. Dostupné na: [https://en.nanotec.com/products/571-st8918m4508-a/?tx\\_nanotec\\_shop\[action\]=dispatch&tx\\_nanotec\\_shop\[controller\]=Shop&cHash=194ce73ac2de44efa65952fefb111563](https://en.nanotec.com/products/571-st8918m4508-a/?tx_nanotec_shop[action]=dispatch&tx_nanotec_shop[controller]=Shop&cHash=194ce73ac2de44efa65952fefb111563).
32. *How do servo motors work?* [online]. Belmont: Jameco Electronics. [cit. 2020-2-04]. Dostupné na: <https://www.jameco.com/Jameco/workshop/howitworks/how-servo-motors-work.html>.
33. *Serva*. [online]. Rychnov na Moravě: Vítězslav Bureš - BIGHOBBY. [cit. 2020-02-04]. Dostupné na: <https://www.bighobby.cz/JX-servo-PDI-6221MG-digital-62g-0-16sec-20kg-d1499.htm>.
34. HUBÁLEK, J. *Prezentace na téma: Mikrosenzory a mikroelektromechanické systémy*. [online]. Brno: Ústav mikroelektroniky v Brně. [cit. 2020-02-04]. Dostupné na: <http://www.umel.feec.vutbr.cz/bmms/prednasky/BMMS-01.pdf>.
35. *Produktové portfolio*. [online]. Praha: SICK spol. s r. o. [cit. 2020-02-04]. Dostupné na: <https://www.sick.com/cz/cs/c/products>.

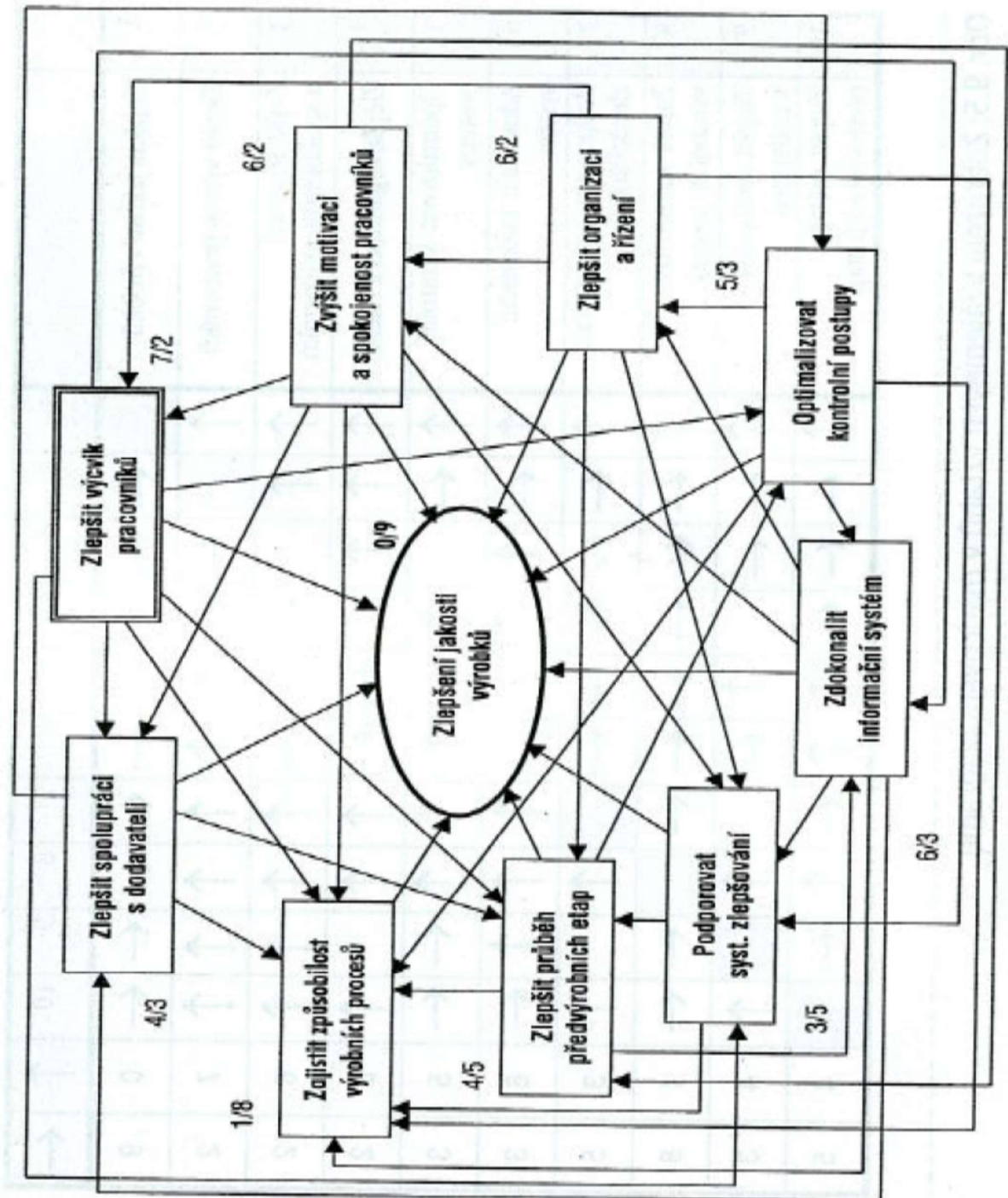
36. *2D Machine Vision Inspector / Inspector PIM- series*. [online]. Praha: SICK spol. s r.o. [cit. 2020-02-04]. Dostupné na: <<https://www.sick.com/cz/cs/prumyslove-zpracovani-obrazu/2d-machine-vision/inspector/vspm-6f2113/p/p317945>>.
37. *3D Machine Vision/TriSpector 1000 / TriSpector 1008*. [online]. Praha: SICK spol. s r. o. [cit. 2020-02-04]. Dostupné na: <<https://www.sick.com/cz/cs/prumyslove-zpracovani-obrazu/3d-machine-vision/trispector1000/v3t11s-mr12a7/p/p448044>>.
38. *LSNUT – Matice – PEEK*. [online]. Brno: M B M Technik s. r. o. [cit. 2020-02-04]. Dostupné na: <<https://www.mbmtechnik.cz/linearni-aktuatory/s-krokovym-motorem/matice-a-zavitove-srouby/lsnut-zavitova-matice-peek>>.
39. *Dvouřadé kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem*. [online]. Praha: INDUSTRIAL CZ, spol. s r. o. [cit. 2020-02-04]. Dostupné na: <<https://www.industrial.cz/3211-bd-tvh-c3-dvourade-kulickove-lozisko-s-kosouhlym-stykiem-detail-B2T1000101.aspx>>.
40. *ServoClass Single Flex Couplings*. [online]. Plymouth: Zero-Max, Inc. [cit. 2020-02-04]. Dostupné na: <<https://www.zero-max.com/servoclass-single-flex-couplings-p-137.html>>.
41. *Systémy hliníkových profilů*. [online]. Mokré Lazce: Haberkorn s. r. o. [cit. 2020-02-04]. Dostupné na: <<https://www.haberkorn.cz/systemy-hlinikovych-profilu/>>.
42. TALÁCKO, J., MATIČKA, R. *Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1995. Kapitola: Řídicí systémy robotů, s. 182-184. ISBN 80-01-01291-3.
43. BUBENÍČEK, J. *Jaký je nejlepší programovací jazyk pro robotiku?* ElektroPrůmysl.cz [online]. srpen 2017, roč. 7, s. 74-77. [cit. 2020-02-10]. Dostupné na: <<https://www.elektroprumysl.cz/2017/elektroprumysl-cz-srpen-2017>>.
44. *Výukový materiál – Sada protokolů TCP/IP; Projekt: Investice do rozvoje vzdělávání*. [online]. Praha: MŠMT ČR, 2012. [cit. 2020-02-10]. Dostupné na: <[https://moodle.sspbrno.cz/pluginfile.php/6413/mod\\_resource/content/1/tcpip.pdf](https://moodle.sspbrno.cz/pluginfile.php/6413/mod_resource/content/1/tcpip.pdf)>.
45. PETŘÍKOVÁ, R. *Od znalosti kvality ke kvalitě znalostí*. MM průmyslové spektrum. březen 2020, č. 3. s. 63. ISSN 1212-2572.

# **PŘÍLOHY**

## Seznam příloh

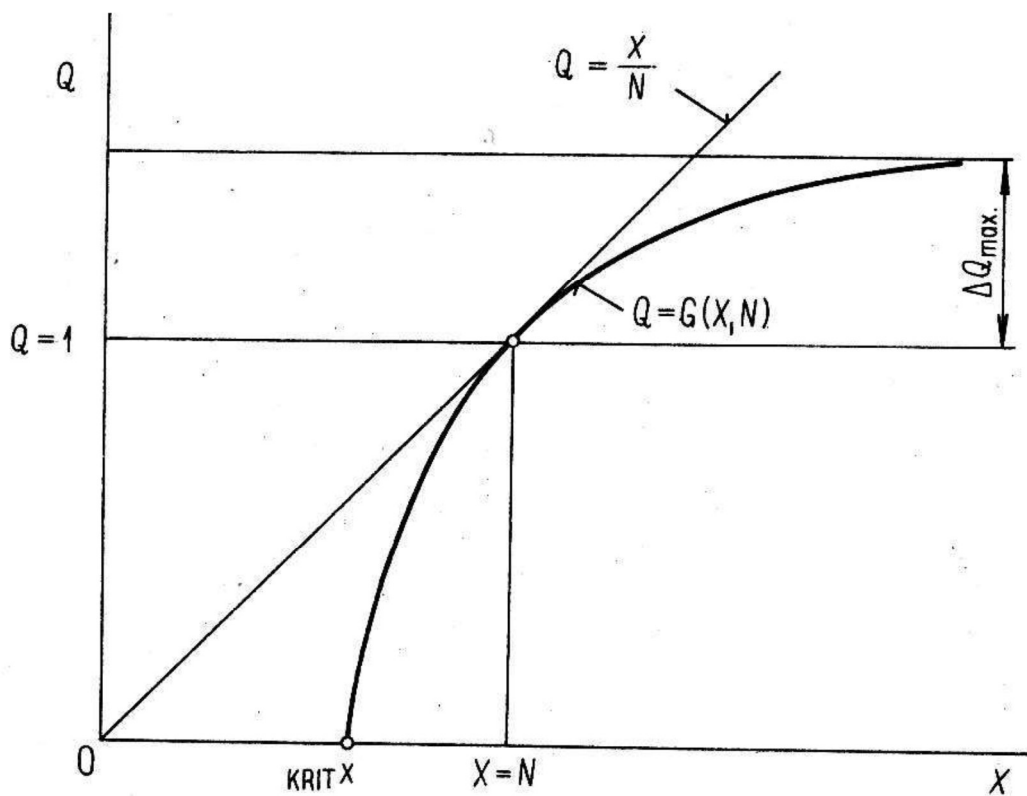
- A** Diagram vzájemných vztahů pro hlavní aktivity orientované na zlepšení jakosti výrobku  
**1 strana**
- B** Transformace naměřených hodnot kladné vlastnosti charakterizující ukazatel úrovně kvality  
**1 strana**
- C** Transformace naměřených hodnot záporné vlastnosti charakterizující ukazatel úrovně kvality  
**1 strana**
- D** Manipulátor objektu – polohovací ústrojí s úchopnou hlavicí  
Manipulátor objektu – polohovací ústrojí se servomotorem a s otočnou úchopnou hlavicí  
**1 strana**
- E** Žlábek pro nevyhovující kuličky  
Třídící žlábek se servomotorem a s třídící páčkou  
**1 strana**
- F** Stavebnicový rám jednoúčelového automatického zařízení  
Konstrukce jednoúčelového automatického zařízení  
**1 strana**
- G** Jednoúčelové automatické zařízení – sestava  
**1 strana**
- H** Výkresová dokumentace je obsahem CD ve formátu dxf.

**Příloha A:** Diagram vzájemných vztahů pro hlavní aktivity orientované na zlepšení jakosti výrobku [15].



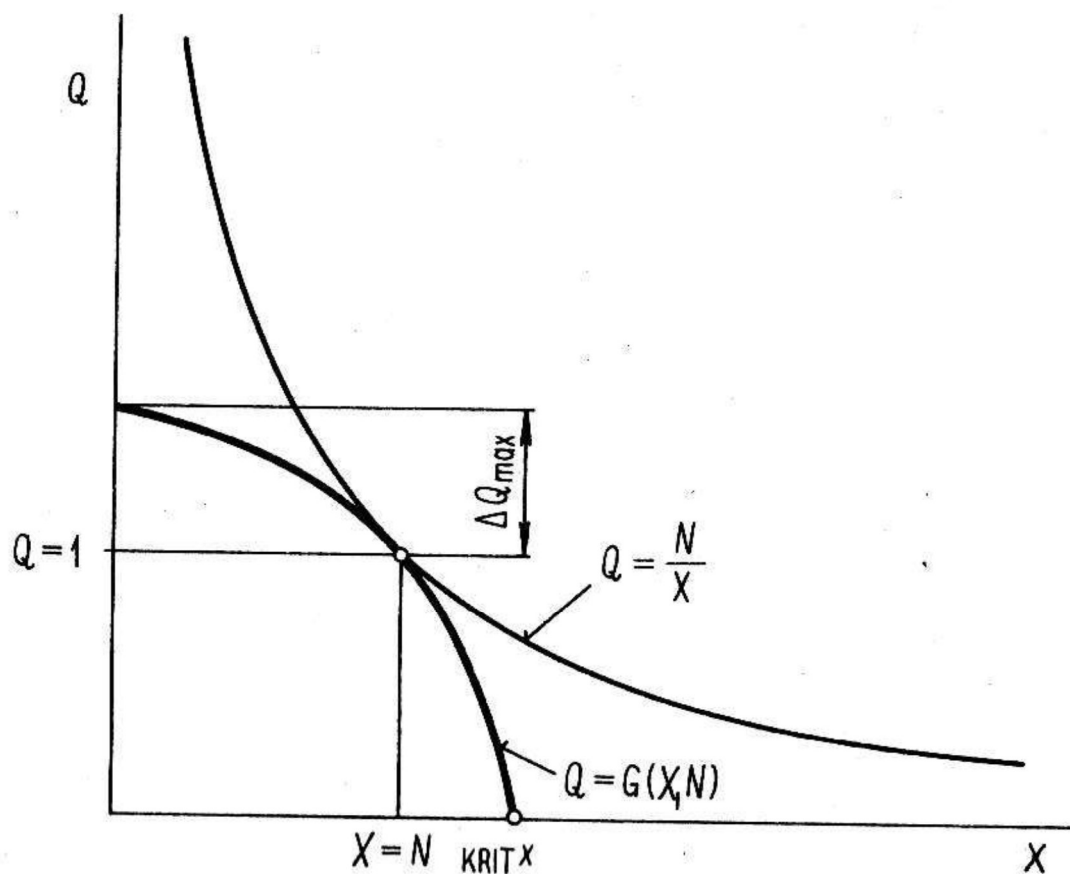


**Příloha B:** Transformace naměřených hodnot kladné vlastnosti charakterizující ukazatel úrovně kvality [16].



- x vlastnost
- KRIT X kritická hodnota vlastnosti, při níž je ukazatel úrovně kvality nulový
- N hodnota vlastnosti považovaná za normu pro hodnocení
- Q ukazatel úrovně kvality
- $Q_{\max}$  maximální přírůstek ukazatel úrovně kvality nad hodnotu  $Q = 1$

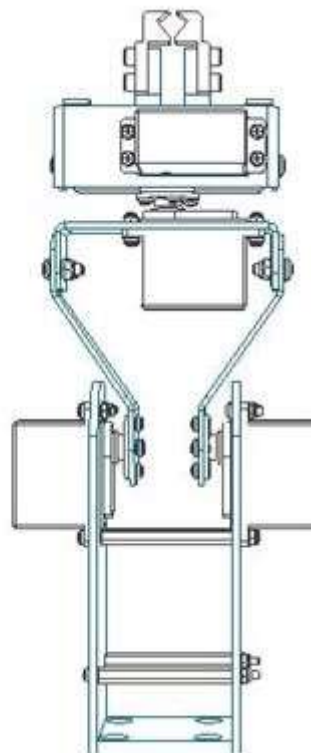
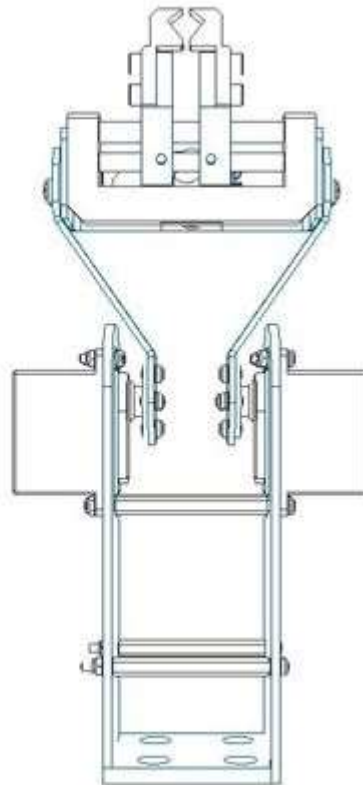
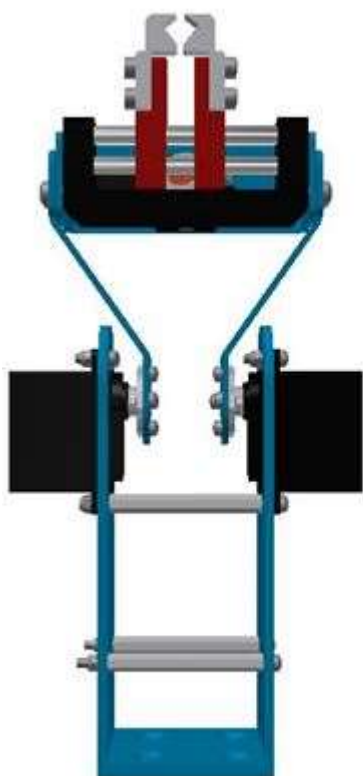
**Příloha C:** Transformace naměřených hodnot záporné vlastnosti charakterizující ukazatel úrovně kvality [16].



- x vlastnost
- KRITX kritická hodnota vlastnosti, při níž je ukazatel úrovně kvality nulový
- N hodnota vlastnosti považovaná za normu pro hodnocení
- Q ukazatel úrovně kvality
- $Q_{\max}$  maximální přírůstek ukazatel úrovně kvality nad hodnotu  $Q = 1$

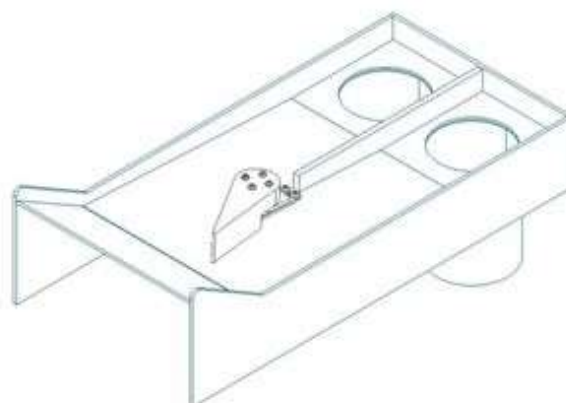
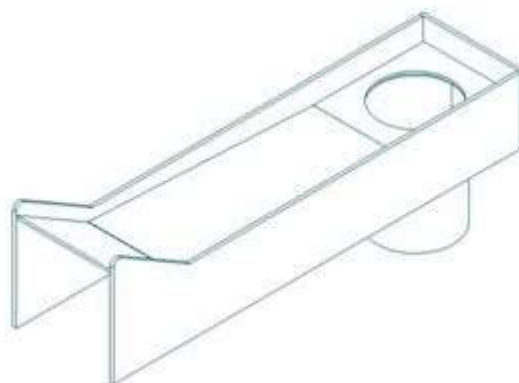
**Příloha D:** Manipulátor objektu – polohovací ústrojí s úchopnou hlavíci

Manipulátor objektu – polohovací ústrojí se servomotorem a s úchopnou otočnou hlavíci



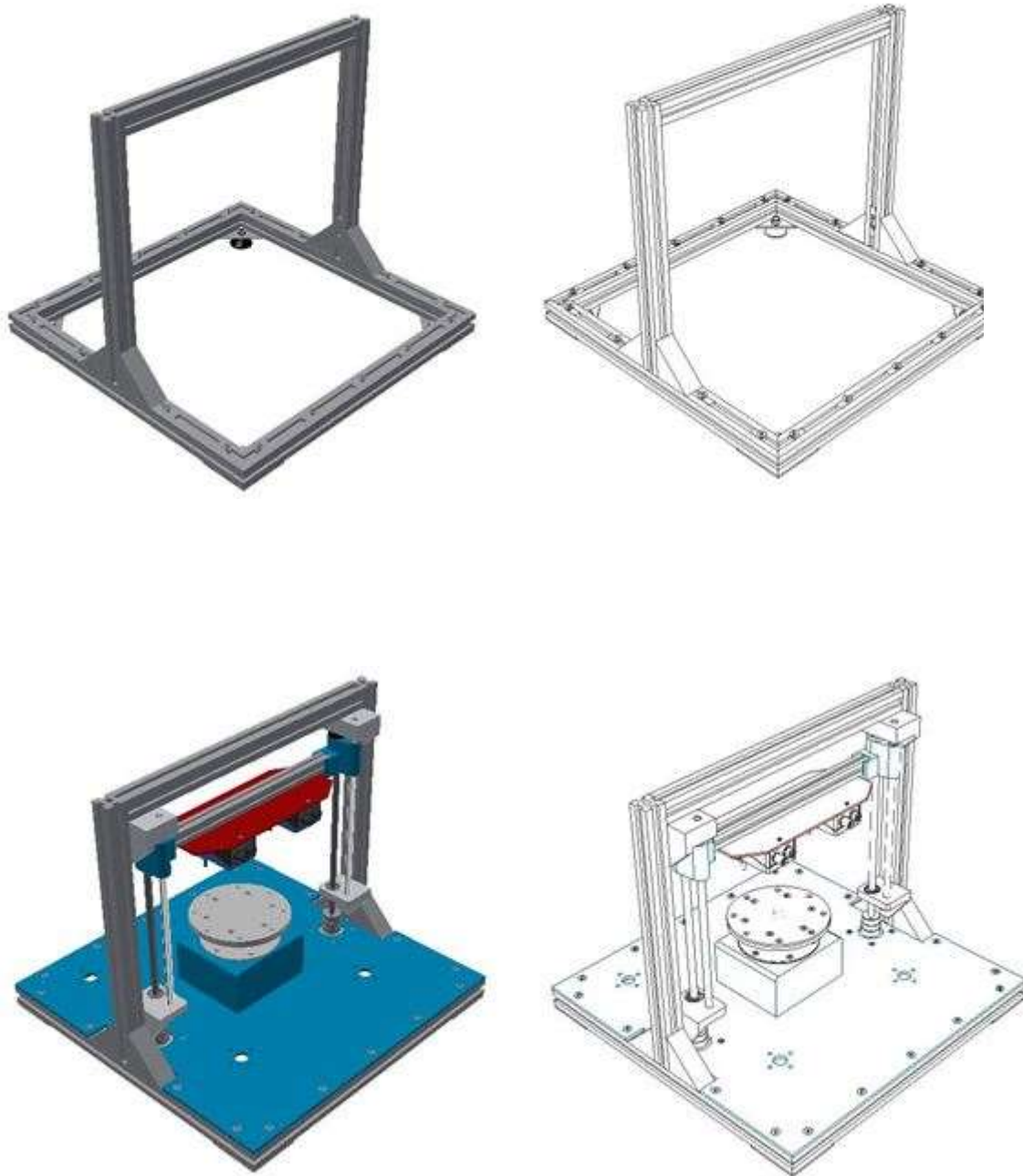
**Příloha E:** Žlábek pro nevyhovující kuličky

Třídící žlábek se servomotorem a s třídící páčkou



**Příloha F:** Stavebnicový rám jednoúčelového automatického zařízení

Konstrukce jednoúčelového automatického zařízení



**Příloha G:** Jednúčelové automatické zařízení – sestava

