

## NÁVRH METODIKY VOĽBY SPOJOV V MONTÁŽNOM PROCESE

Václav, Štefan, Ing., PhD. - Benovič, Martin, Ing., STU MTF so sídlom v Trnave, Bottova 25 Trnava SR, martin.benovic@stuba.sk

**V tomto článku bude rozpracovaná problematika najdôležitejších častí montážneho výrobku a to spojov. V prvej časti je vypracovaná klasifikácia spojov s následným doporučeným vhodnosti spojov pre montáž. Hlavným cieľom článku je návrh metodiky pre jednoduchú voľbu spojov v montáži.**

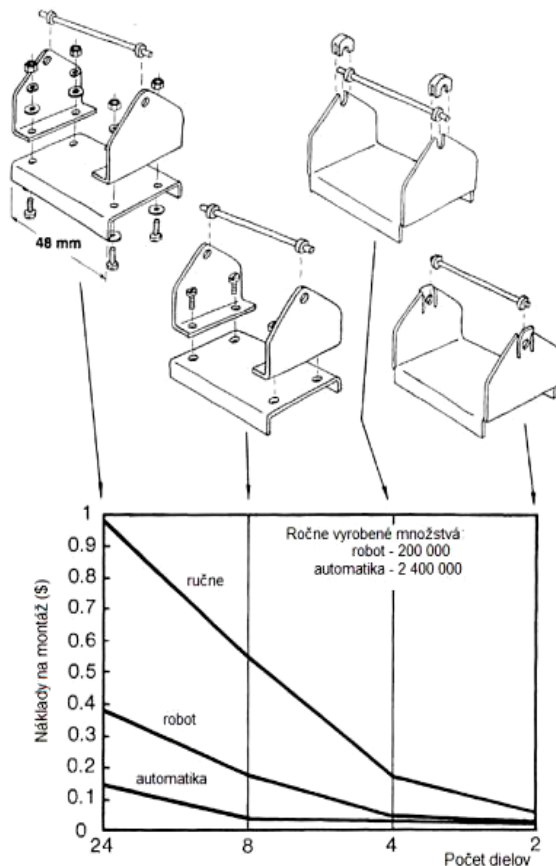
↔ Klúčové slová: výrobok, spoj, montáž, metodika

### Úvod

Pre zdôvodnenie potreby metodiky na voľbu správneho montážneho spoja je nutné začať od výrobku a zobraziť si ho vo svetle montážnej problematiky. Musíme si objasniť otázku: Ktoré parametre výrobku majú adekvátny vplyv na zmontovateľnosť, alebo lepšie povedané na prácnosť montáže a výslednú cenu. Parametre výrobku sa dajú zdeliť do troch základných skupín:

- materiálové parametre,
- technologické parametre,
- konštrukčné parametre.

Vieme, že všetky tieto parametre významne vplyvajú na montážny proces, niektoré viacej, niektoré nemej. Dá sa povedať, že najväčší vplyv majú konštrukčné parametre. Upravením týchto parametrov je možné radikálne zmeniť cenu montáže. Ako príklad uvádzame aplikáciu DFA od Boothroyda na debnu na náradie (Obr. 1). Tato konštrukcia by sa dala ešte vyšperkovať zmenou materiálu (materiálových parametrov) napr. na plast, kde je možné celú konštrukciu vytvoriť z jedného kusu



Obr.1 Vplyv DFA na celkové náklady montáže  
Fig. 1 An impact of DFA to entire costs of assembly [1]

pomocou vstrekovania a naplniť tak heslo „najlepšia montáž žiadna montáž“. Tieto parametre sa však dajú zväčša meniť iba pri prvotnom navrhovaní, teda takzvané „pokiaľ je výrobok na rysovacej doske“. V situáciách keď výrobok stúpi do výroby nie je možné zasadne meniť konštrukciu ani jeho materiál, tak nám zostáva priestor na zlepšenie iba v technologických parametroch.

Z týchto dôvodov nám vyplýva, že optimalizácia pomocou technologických parametrov je najflexibilnejšie použiteľná v celom intervale montážneho procesu.

Veľmi dôležitým faktorom vychádzajúcim z Obr. 1 je, že náklady montáže sú rozdielne v závislosti od typu montáže. Z tohto faktu sme vydedukovali že optimalizáciou výrobku priamo na konkrétny typ montáže môžeme dosiahnuť ešte lepšie hodnoty prácnosti a tým aj nižšiu cenu montáže.

### 1. Stanovenie východísk pre tvorbu metodiky

V úvode bol objasnený fakt že pri optimalizácii už konštrukčne navrhutej súčiastky nie je možné meniť všetky parametre výrobku, ako pri prvotnom navrhovaní súčiastky. Jediné prípustné inovácie, ktoré sú možné aj v tejto fáze procesu sa nachádzajú v oblasti technologických parametrov. Inovácie pomocou

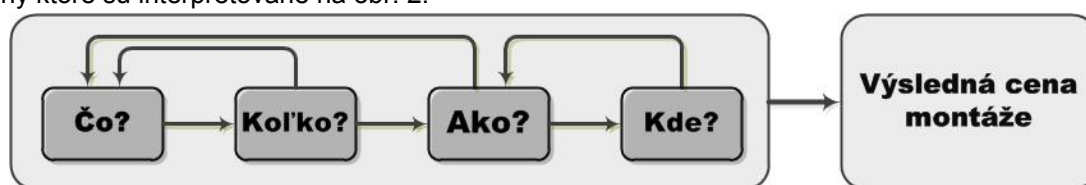
technologických parametrov sa dajú realizovať pomocou:

- voľby vhodnej technológie spojovania,
- zjednotením technológií,
- pridaním technologických prvkov.

V tomto článku sa chceme venovať voľbe vhodnej technológie spojovania. Technológia spojovania je ale v podstate závislá od typu zvoleného spoja, teda môžeme povedať, že na výslednú prácnosť montáže ma významný vplyv práve **správna voľba spoja**.

Správnu voľbu spoja chceme dosiahnuť pomocou vytvorenia metodiky. Pod pojmom metodiky si predstavujem akýsi návod, lepšie povedané odporúčania pre vhodný vyber spoja.

Spoj ako taký sa dá jednoducho zvoliť podľa konštrukčnej potreby, teda podľa toho aké sú naňho funkčné požiadavky. Tento typ voľby by nám stačil pre kusovú alebo malosériovú výrobu, kde nie sú až tak podstatné časy realizácie jednotlivých spojov. Ale inak je tomu pri sériovej, veľkosériovej a hromadnej montáži, kde tieto straty sú znateľnejšie. Tato skutočnosť je daná tým, že strata na jednom kuse sa násobí veľkým počtom kusov za celý rok. Ak chceme postupovať správne pri voľbe spoja musíme byť oboznámený nielen s konštrukciou výrobku ale aj s jeho montážnym zámerom. Montáž je možné opísať otázkami: **Čo? Koľko? Ako? Kde?**. Medzi týmito otázkami existujú skryté vzťahy ktoré sú interpretované na obr. 2.



Obr. 2 Základné otázky montáže

Fig. 2 The basic question of assembly

Obrázok nám podáva informácie o tom, že nato čo ideme montovať priamo vplyva fakt koľko toho ideme montovať a ako to chceme montovať. Na tieto otázky by malo byť exaktne odpovedané a preto sme považovali za nutné objasniť čo sa za týmito otázkami skrýva.

**ČO?** >> Pýtame sa na vlastnosti výrobku, ktoré by sme mohli zdeliť do dvoch skupín:

**Opisné vlastnosti:** 3D rozbor (tvar, veľkosť, súmernosť), materiál

**Montážne vlastnosti:** počet súčiastok, spojovacie technológie, počet spojovacích technológií, presnosť súčiastok a vyžadovaná presnosť montovaného výrobku.

**Koľko?** >> Pýtame sa na celkový počet kusov respektíve na ročný objem montáže a počet rokov montáže. Touto otázkou zistíme či sa jedná o kusovú, malosériovú, sériovú, veľkosériovú alebo hromadnú montáž. V dnešnej dobe je ešte stále veľký podiel ručnej montáže ale prognózy predpokladajú postupný pokles tohto podielu [8].

**AKO?** >> Aký spôsobom bude výrobok montovaný. Ručnou, automatizovanou alebo robotizovanou montážou.

**KDE?** >> V akom regióne, štáte, podniku bude výrobok montovaný.

Po zodpovedaní týchto otázok, ktoré tvoria prvý bod postupu správnej voľby spoja, môžeme prejsť na samotnú voľbu. Aby sme boli schopný vybrať vhodný spoj je nutné sa podrobne oboznámiť zo spojmi. V tomto článku budú informácie o spojoch interpretované pomocou vypracovania klasifikácie spojov, ktorá bude začlenená do metodiky.

## 2. Klasifikácia spojov

Ako prvé si je nutné uvedomiť, že existuje nespočetné množstvo variácií spojov, ktoré sú založené na rôznych princípoch a zabezpečujú rôzne vlastnosti spoja. V tomto príspevku sa nebudeme zaoberať konkrétnymi spojmi ale pokúsime sa ich zaradiť do určitých skupín, ktoré im budú určovať základne vlastnosti.

Vo vyrobených strojoch a zariadeniach je okolo 35 až 40% **valcových spojov**, 15 až 20% **plošných spojov**, 15 až 25% **závitových spojov**, 6 až 7% **kuželových spojov**, 2 až 3% **sférických spojov**. Všetky druhy spojov sú charakterizované rôznymi technologickými, konštrukčnými a ekonomickými faktormi. Medzi typické faktory patrí stupeň vzájomného pohybu, možnosť rozoberania súčiastok, technologickosť montáže a demontáže, druh kontaktu plôch, pevnosť, chemická stálosť a podobne. Z toho vyplýva že klasifikácia môže byť realizovaná z celého radu hľadísk. Základné prístupy vychádzajú z konštrukčných, prevádzkových, principiálnych, technologických a iných hľadísk [2].

## 2.1. Rozdelenie podľa konštrukcie a prevádzkových podmienok:

Zo všeobecnosti si ich môžeme rozdeliť dvoch základných skupín.

- **Rozoberateľné spojenia** sú také, ktoré môžeme bez poškodenia alebo bez deformácie spojovaných súčiastok uvoľniť a znovu spojiť.
- **Nerозoberateľné spojenia** sú také, pri ktorom uvoľnenie spoja vyžaduje poškodenie, alebo deformáciu niektorej zo spojovaných (spojovacích) súčiastok. Opätovné spojenie nie je možné.

Toto všeobecné rozdelenie nie je však úplné, dá sa ďalej doplniť o skupiny spojení, ktorých rozoberateľnosť a nerозoberateľnosť je podmienená určitým okolnostiam (faktorom).

- **Podmienené rozoberateľné spojenia** sú také spojenia, ktoré sú za určitých podmienok rozoberateľné. Dajú sa iba niekoľko krát rozobrať a opätovne zložiť.
- **Podmienené nerозoberateľné spojenia** sú také spojenia, ktoré sú za určitých podmienok nerозoberateľné.

K podmienkam, ktoré ovplyvňujú rozoberateľnosť patrí hlavne teplota a typ prostredia. Ako príklad by sme mohli uviesť spojenia spájkovaním a lepením. Pri spájkovaní sa dá podmieniť rozoberateľnosť teplotou a to z dôvodu, že spájka má nižší bod tavenia ako spájané materiály, teda zohriatím na túto teplotu dôjde k roztečeniu spojovacieho materiálu a zároveň k demontáži jednotlivých častí. Pri lepení je táto situácia obdobná len demontáž nastane po reakcii lepidla s prostredím (rozpúšťadlo). Počet demontáží je limitovaný. Za podmienené rozoberateľné považujeme aj lisované spoje.

## 2.2. Rozdelenie podľa funkcie konštrukcie:

- **Pohyblivé spoje** sú spojenia, ktoré umožňujú meniť polohu v určitých smeroch (osiach), teda ponechávajú určitý stupeň voľnosti. K takýmto spojeniam patria: ložiska, rôzne drážkové spoje, pružné spoje, atď. Tieto spojenia sú väčšinou riešené ako rozoberateľné a to z dôvodu flexibilnej údržby a opravy.
- **Nepohyblivé spoje** sú spojenia, ktoré zabezpečujú nemennú polohu jednotlivých častí teda ich súdržnosť a celistvosť.

## 2.3. Rozdelenie podľa použitia spojovacieho elementu:

- **Priame spoje** sú realizované bez použitia spojovacieho elementu, teda spoj je vytvorený iba vzájomnou interakciou spojovaných súčiastok.
- **Nepriame spoje** sú vytvorené pomocou spojovacieho elementu. K týmto spojom patria napríklad nitové spoje, skrutkové spoje, atď.. Nesmieme zabudnúť do tejto kategórie zaradiť aj lepené, spájkované a zvarované spoje, kde spojovacím elementom je lepidlo, spájka a prídavný materiál.

## 2.4. Rozdelenie podľa princípu:

Spoje sú založené na rôznych princípoch. V podstate ich môžeme podľa princípu rozdeliť do 4 respektíve 5 skupín a to:

- **Tvarové spoje** sú realizované vhodným tvarom súčiastok alebo zmenou ich tvaru.
- **Trecie spoje** vznikajú dôsledkom vyvolania trenia medzi súčiastkami určitou vhodne orientovanou a dostatočne veľkou silou (pružnosť súčiastok, vonkajšia sila).
- **Materiálový spoj** vzniká pomocou takzvaného materiálového prieniku, to je prienik molekúl (krištáľov) jedného spájaného materiálu do druhého.
- **Adhézny spoj** je realizovaný adhéznymi silami
- **Kombinované spoje.**

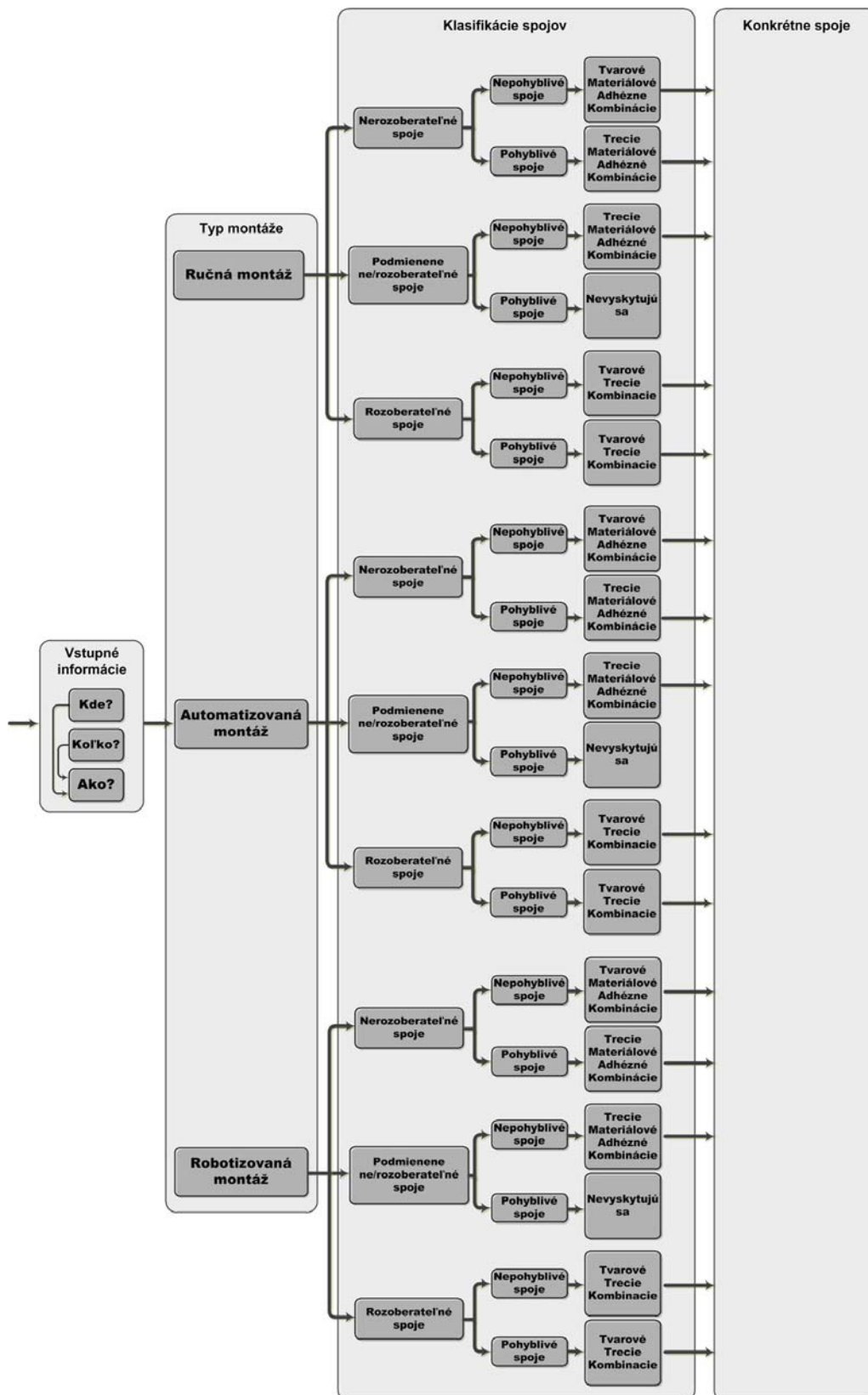
## 2.5. Rozdelenie z technologického hľadiska:

Princípy uvedené v predchádzajúcom bode je možné realizovať viacerými spôsobmi (technologiami). Priebehu rokov pribúdajú rôzne nové technologické riešenia spojov, my sme sa rozhodli v tom to bode uviesť tieto základné riešenia.

- Skrutkové spoje,
- Nitové,
- Spoje kolíkom, klinom, perom,
- Lisované spoje,
- Zverné spoje,
- Pružné spoje,
- Zvarované spoje,
- Spájkové spoje,
- Lepené spoje,
- Tmelené spoje atď [2-5].

### 3. Tvorba metodiky voľby spojov v montážnom procese

Informácie v predchádzajúcich bodoch nám vytvorili odrazový mostík pre tvorbu metodiky. Ako sme už uvádzali metodika bude vychádzať zo spupných informácií, ktoré nám budú určovať smer vhodného výberu spoja. Podstata metodiky je vtom, že sa snažíme navrhnuť spoj, taký ktorý by bol najvhodnejší pre tu a tu koncepciu montáže, teda obrazne povedané „snažíme sa zmeniť čo, keď poznáme koľko, ako a kde“.



Obr. 3 Schéma princípu metodiky  
Fig. 3 Diagram of the principle of methodology

Na uvedenom obrázku je znázornený postup voľby spoja, respektíve princíp metodiky. Pre lepšie vysvetlenie metodiky opíšeme danú schému pomocou bodového postupu. Ešte pred uvedením postupu je nutné povedať, že spoje na súčiastke sa riešia elementárne, každý zvlášť. Ale aj napriek tejto skutočnosti nesieme zabúdať na komplexnosť súčiastky a vyvarovať sa prekombinovaniu spojov, lebo platí čím menej technológií spojovania je použitých tým lepšie.

Bodový postup voľby spoja (odporúčania pre voľbu spoja):

- rozdeliť komplexnú súčiastku na jednotlivé spoje,
- analyzovať vstupné informácie,
- odhadnúť typ montáže podľa vstupných informácií,
- aplikovať klasifikáciu spojov (zadeľiť do skupín),
- pomocou možnosti pracoviska a vyžadovaných vlastností spoja zvoliť technologických princíp spoja,
- Voľba konkrétneho spoja.

Metodika je vypracovaná po bod konkrétnej voľby spoja. Tento bod metodiky je v štádiu riešenia. Hľadáme objektívne kritérium pre určenie vhodnosti spoja. Jedným z možných kritérií môže byť aj orientácia [7]. Metodika v tejto forme eliminuje irelevantné varianty pre riešený spoj.

## Záver

V článku sme sa zaoberali optimalizáciou výrobku z ohľadom na montáž. Určili sme si základné parametre výrobku ktoré majú vplyv na montážny proces, respektíve jeho cenu. Základne parametre výrobku sú tieto: materiálové parametre, technologické parametre, konštrukčné parametre. Po preskúmaní vplyvu jednotlivých parametrov sme zhodnotili, že technologické parametre sú najflexibilnejšie použiteľné v celom intervale montážneho procesu. Inovácie pomocou technologických parametrov sa dajú realizovať pomocou:

- voľby vhodnej technológie spojovania,
- zjednotením technológií,
- pridaním technologických prvkov.

My sme sa venovali voľbe vhodnej montážnej technológie, ktorú sme interpretovali voľbou vhodného spoja. Spoj ako taký sa dá jednoducho zvoliť podľa konštrukčnej potreby, ale nie vždy je táto voľba vhodná pre zvolený montážny systém. Ak chceme postupovať správne pri voľbe spoja musíme byť oboznámený nielen s konštrukciou výrobku ale aj s jeho montážnym zámerom. Montáž je možné opísať otázkami: **Čo? Koľko? Ako? Kde?**. V článku sme exaktne opísali podstatu otázok. Teoretické východiska z oblasti spojov boli uvedené formou klasifikácie.

Po zodpovedaní týchto otázok a naštudovaní klasifikácie sme pokračovali v tvorbe metodiky, ktorá je riešená formou vývojového diagramu. Metodika je vypracovaná po bod konkrétnej voľby spoja. Tento bod metodiky je v štádiu riešenia. Hľadáme objektívne kritérium pre určenie vhodnosti spoja. Jedným z možných kritérií môže byť aj orientácia [7]. Metodika v tejto forme eliminuje irelevantné varianty pre riešený spoj.

Tento článok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA 1/0130/08 – Skúmanie vplyvu CAM stratégií na dosahovanú presnosť rozmerov a drsnosť povrchu obrábaných plôch v podmienkach univerzitného Hi-tech laboratória.

## Abstract

In this paper we discussed the optimization of the product from view of assembly. We have determined the basic parameters of the product that affect the assembly process respectively its price. The basic parameters of the product are these: materials parameters, technological parameters, construction parameters. After examining the impact of the various parameters we were evaluated that technological parameters that are most flexible to use in the entire assembly process. Innovation through technological parameters can be implemented by:

- choosing a suitable joining technology
- unification of technologies
- adding technological elements

We address the choice of an appropriate assembly technology, we interpreted the choice of an appropriate service. The joint itself can be easily chosen according to design needs but it is not always an appropriate option for selected assembly system. If we follow in choosing the correct service must be informed with not only product design but also with the intention of assembly.

Assembly is possible to describe by issues: **What? How much? How? Where?** In this paper we describe the exact nature of issues. Theoretical Basis of the joints were set by classification. After answering these questions and studied by the classification, we continued in the development methodology, which is solved by a flowchart. The methodology is designed to point a particular choice of the joint. This item is in the process methodology solutions. One possible criteria may also be orientation. The methodology in this form eliminates irrelevant options for addressing service.

1. BOOTHROYD, G., POLI, C., MURCH, L.: *Automatic Assembly*, New York: Marcel Dekker, 1982 .
2. VALENTOVIČ, E.: *Technológia montáže*. Bratislava: STU, 1999.
3. MALÍK, L., MEDVECKÝ, Š.: *Časti a mechanizmy strojov*, Žilina: Žilinská univerzita, 2003.
4. BOLEK, A., KOCHMAN, J.: *Časti strojů*. Praha: SNTL, 1989.
5. VELIŠEK, K., PECHÁČEK, F.: *Montážne troje a zariadenia*. Bratislava: STU, 2003.
6. HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J.: *Příručka strojního inženýra*. Brno: Computer press, 1999
7. SENDERSKÁ, K.: *Automatická orientácia a prívod súčiastok v automatizovanej montáži*, Košice: TUKE Transfer inovácií 10/2007.
8. SENDERSKÁ, K.: *Automatizácia montážnych procesov*, Košice: TUKE Transfer inovácií 6/2003.

