

FixVO

SW aplikace pro podporu ustavování a upínání
velkých obrobků

Verze 2.0

Uživatelský manuál

Kontakt:

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky, CEBIA-Tech

Ing. Petr Chalupa, Ph.D. (chalupa@utb.cz)

Ing. Viliam Dolinay, Ph.D.

doc. Ing. Lubomír Vašek, CSc.

1. Úvod

V rámci řešení projektu „EG16_084/0008839 - Aplikace výsledků výzkumu se zaměřením na zavedení nových technologií a postupů do výroby velkých obrobků“ (MPO APLIKACE, příjemce: Slovácké strojírny, a. s., další účastník: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně / Fakulta aplikované informatiky) byl navržen a vyvinut software, který má za cíl usnadnit a urychlit ustavování velkých obrobků. Vstupem programu jsou naměřená data – souřadnice relevantních bodů na obrobku a na ustavovacích podpůrných prvcích – panenkách a zadních dorazech. Výstupem pak změna polohy opěrných bodů podpůrných prvků – posunutí ve svislém směru (souřadnice y) u panenek, posunutí ve směru souřadné osy z u zadních dorazů. Tyto výsledné hodnoty posunutí jsou pak využity obsluhou při fyzickém ustavení a upnutí obrobku do požadované polohy tak, aby výsledná pozice obrobku byla optimální pro vlastní obrábění.

2. Struktura programu

Program *FixVO* byl vytvořen v programovacím jazyce C# s využitím knihovny *MathNet.Numerics*. Program je možné ze zdrojových kódů zkompileovat pro různé cílové platformy. Primární platformou při vývoji programu byl operační systém MS Windows. Tuto verzi programu lze provozovat na všech Windows zařízeních, které obsahují podporu rozhraní .NET:

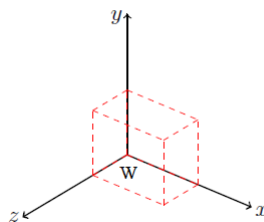
- stolní počítače,
- notebooky,
- tablety,
- průmyslové počítače
- ...

Velmi stručně lze činnost programu popsat v následujících krocích:

1. Zadání vstupních dat – uživatelem pomocí klávesnice nebo načtením ze souboru
2. Určení typu ustavovací úlohy – ustavení pouze pomocí panenek vs. použití panenek i zadních dorazů
3. Určení optimální transformační matice.
4. Aplikace celkové transformační matice na zadané body a určení jejich nových souřadnic
5. Kontrola nových souřadnic vůči předepsaným výkresovým hodnotám.

3. Uživatelské rozhraní programu

Následující text představuje uživatelské prostředí programu *FixVO*. Jsou popsána vstupní data a ukázky jednotlivých položek uživatelského rozhraní. Při zadávání souřadnic je používán pravotočivý souřadný systém, ovšem s osou z ve směru hloubky. Osa y směřuje vzhůru a osa x vpravo – viz Obr. 1.



Obr. 1 Pravotočivý souřadný systém

Základní uživatelské rozhraní je umožňuje zadávání následujících typů bodů (viz Obr. 2):

- NB – nulový bod – bod, který se transformací nezmění
- PA – vrcholy podpěrných stavitelných panenek
- ZD – vrcholy zadních dorazů
- RS – body ležící ve svislých rovinách (kolmé k ose z)
- RV – body ležící ve vodorovných rovinách (kolmé k ose y)
- PX – body ležící na přímkách (hrany) rovnoběžných s osou x
- PY – body ležící na přímkách (hrany) rovnoběžných s osou y
- PZ – body ležící na přímkách (hrany) rovnoběžných s osou z
- OX – body válcových otvorů, jejichž osa je rovnoběžná s osou x
- OY – body válcových otvorů, jejichž osa je rovnoběžná s osou y
- OZ – body válcových otvorů, jejichž osa je rovnoběžná s osou z

FixVO - Ustavování verze 2.0

NB – nulový bod
 PA – vrcholy panenek
 ZD – vrcholy zadních dorazů
 RS – roviny svislé
 RV – roviny vodorovné
 PX – přímky rovnoběžné x
 PY – přímky rovnoběžné y
 PZ – přímky rovnoběžné z
 OX – otvory rovnoběžné x
 OY – otvory rovnoběžné y
 OZ – otvory rovnoběžné z

X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
0	0	0

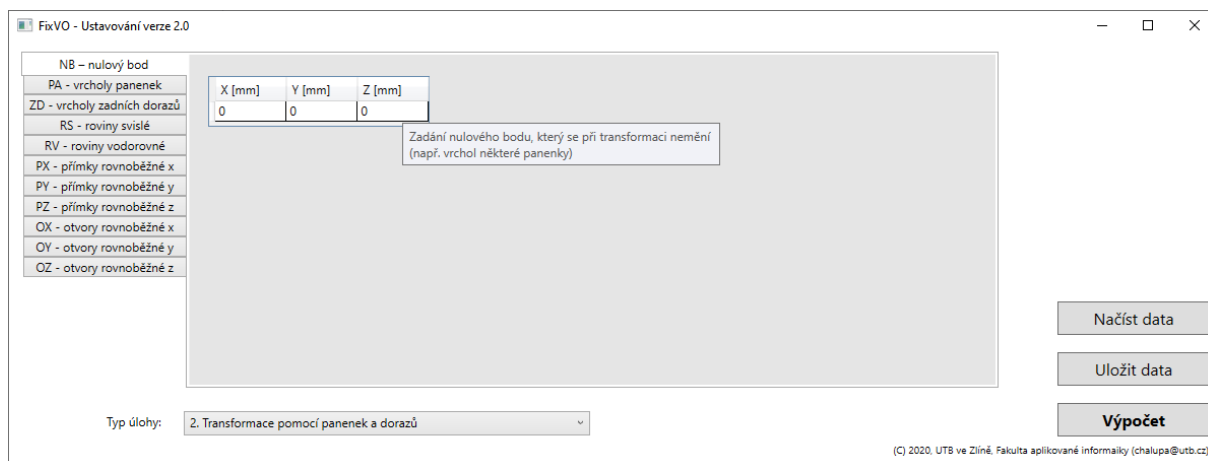
Typ úlohy: 2. Transformace pomocí panenek a dorazů

Načíst data
 Uložit data
 Výpočet

(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)

Obr. 2 Základní uživatelské rozhraní

Souřadnice se zadávají v mm. Základní nápověda k jednotlivým položkám je dostupná jako „ToolTip“, který se objeví po najetí myši na určitou položku – viz Obr. 3.



Obr. 3 Nápopěda ve formě ToolTip

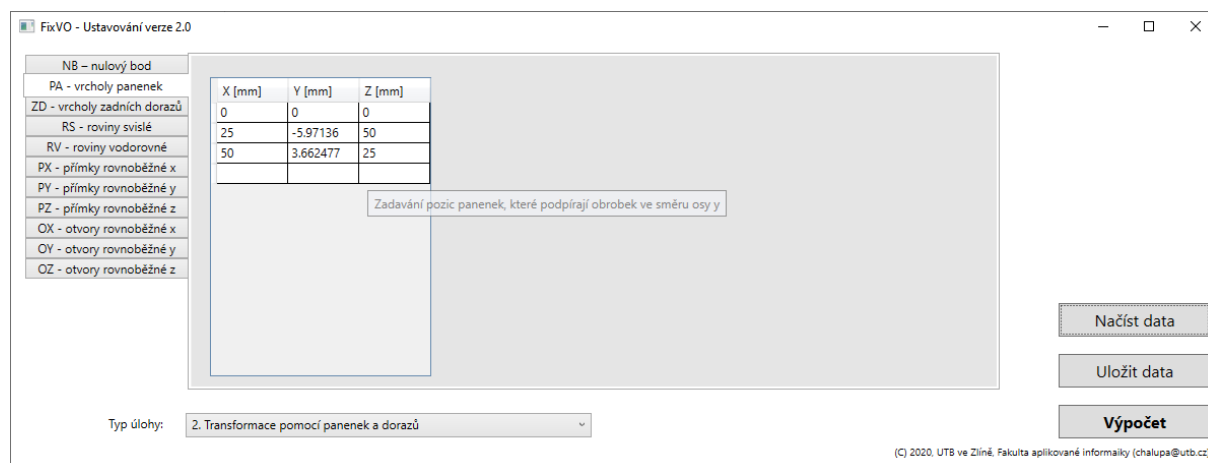
3.1 Vstupní data

1. NB – nulový bod

Nulový bod určuje pozici, kolem níž se provádí otáčení obrobku. Typicky se jedná o vrchol některé podpůrné panenky (viz dále). Zadávání souřadnic nulového bodu do softwaru je prezentováno na Obr. 2.

2. PA - vrcholy panenek

Panenky podpírají obrobek zespodu, tj. ve směru osy y. Používají se minimálně 3, je možné zadat více bodů. Zadávání je zobrazeno na Obr. 4.



Obr. 4 Zadávání vrcholů panenek

3. ZD – vrcholy zadních dorazů ZD

Zadní dorazy slouží k vymezení pozice obrobku na opačné straně, než je obráběcí stroj. Mají obdobný význam jako panenky, ovšem obrobek na ně doléhá ve směru osy z. Zadávání zadních dorazů je prezentováno na Obr. 5.

The screenshot shows the 'FixVO - Ustavování verze 2.0' window. On the left is a list of features: NB - nulový bod, PA - vrcholy panenek, ZD - vrcholy zadních dorazů, RS - roviny svislé, RV - roviny vodorovné, PX - přímky rovnoběžné x, PY - přímky rovnoběžné y, PZ - přímky rovnoběžné z, OX - otvory rovnoběžné x, OY - otvory rovnoběžné y, OZ - otvory rovnoběžné z. The 'ZD - vrcholy zadních dorazů' feature is selected. The main area contains a table for defining rear offsets:

X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
25	75	8.748346
50	25	-4.54418
75	50	-4.61218

Below the table is a text box labeled 'Zadávání pozic zadních dorazů (ve směru osy z)'. At the bottom, there is a dropdown menu for 'Typ úlohy:' set to '2. Transformace pomocí panenek a dorazů'. On the right, there are buttons for 'Načíst data', 'Uložit data', and 'Výpočet'. A copyright notice at the bottom right reads: '(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)'.

Obr. 5 Zadávání zadních dorazů

V dalších částech budou představeny možnosti zadávání bodů, které jsou měřeny přímo na obrobku.

4. RS – roviny svislé.

Body tvoří rovinu, která má být ve výsledném stavení svislá, tj. kolmá k ose z. Je možné zadat body více paralelních rovin, které se liší z-ovou souřadnicí. Kromě vlastních pořadnic bodů se zadávají i data z výkresové dokumentace:

- výsledná souřadnice z po obrobení
- přídavek materiálu na obrábění
- směr obrábění

Zadávání bodů je prezentováno na Obr. 6.

The screenshot shows the 'FixVO - Ustavování verze 2.0' window. The 'RS - roviny svislé' feature is selected. The main area contains a table for defining points of vertical planes:

Naměřená data			Dokumentace		
X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Z [mm]	přídavek [mm]	obrábění z+
0	0	0	0	10	<input checked="" type="checkbox"/>
96.98463	20.07057	-13.8258	0	10	<input checked="" type="checkbox"/>
-17.101	96.46102	20.07057	0	10	<input checked="" type="checkbox"/>
79.88362	116.5316	6.24473	0	10	<input checked="" type="checkbox"/>
19.44969	19.8861	20.64587	20	5	<input checked="" type="checkbox"/>
18.88755	79.7697	31.30563	20	5	<input checked="" type="checkbox"/>
66.95233	27.2998	75.31337	80	10	<input checked="" type="checkbox"/>
58.37545	67.5943	73.64314	70	10	<input checked="" type="checkbox"/>
					<input type="checkbox"/>

Below the table is a text box labeled 'obrábění ve směru z+ Obráběním se z zvětšuje'. At the bottom, there is a dropdown menu for 'Typ úlohy:' set to '2. Transformace pomocí panenek a dorazů'. On the right, there are buttons for 'Načíst data', 'Uložit data', and 'Výpočet'. A copyright notice at the bottom right reads: '(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)'.

Obr. 6 Zadávání bodů svislých rovin

Pokud je položka „obrábění z+“ zaškrtnuta, je obrábění prováděno ve směru rostoucí pořadnice z. Tedy obráběním se hodnota z zvětšuje.

5. Body vodorovných rovin RV

Jedná se o obdobu předchozího bodu s tím rozdílem, že roviny jsou vodorovné – kolmé k ose y. Ukázka zadávání je vidět na Obr. 7.

FixVO - Ustavování verze 2.0

	Naměřená data			Dokumentace	
	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Y [mm]	přídavek [mm] obrábění y+
NB - nulový bod	0	0	0	5	<input type="checkbox"/>
PA - vrcholy panenek	96.98463	20.07057	-13.8258	0	<input type="checkbox"/>
ZD - vrcholy zadních dorazů	-17.101	96.46102	20.07057	100	<input type="checkbox"/>
RS - roviny svislé	79.88362	116.5316	6.24473	100	<input type="checkbox"/>
RV - roviny vodorovné	17.36482	-17.101	96.98463	0	<input type="checkbox"/>
PX - přímky rovnoběžné x	114.3494	2.969559	83.1588	0	<input type="checkbox"/>
PY - přímky rovnoběžné y	0.263811	79.36001	117.0552	100	<input type="checkbox"/>
PZ - přímky rovnoběžné z	97.24844	99.43058	103.2294	100	<input type="checkbox"/>
OX - otvory rovnoběžné x	18.88755	79.76978	31.30563	80	<input type="checkbox"/>
OY - otvory rovnoběžné y	56.66535	77.24045	75.65019	80	<input type="checkbox"/>
OZ - otvory rovnoběžné z					<input type="checkbox"/>

Typ úlohy: 2. Transformace pomocí panenek a dorazů

Načíst data
Uložit data
Výpočet

(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)

Obr. 7 Zadávání bodů vodorovných rovin

6. PX – přímky rovnoběžné X

Na finálním výrobku se také mohou vyskytovat virtuální přímky (úsečky, hrany), které mají být rovnoběžné s některou osou. Kromě vlastních měřených bodů jsou z dokumentace zadány i požadované souřadnice přímky. Zadávání vodorovných přímek rovnoběžných s osou x, je prezentováno na Obr. 8

FixVO - Ustavování verze 2.0

	Naměřená data			Dokumentace	
	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Y [mm]	Z [mm]
NB - nulový bod					
PA - vrcholy panenek					
ZD - vrcholy zadních dorazů					
RS - roviny svislé					
RV - roviny vodorovné					
PX - přímky rovnoběžné x					
PY - přímky rovnoběžné y					
PZ - přímky rovnoběžné z					
OX - otvory rovnoběžné x					
OY - otvory rovnoběžné y					
OZ - otvory rovnoběžné z					

Typ úlohy: 2. Transformace pomocí panenek a dorazů

Načíst data
Uložit data
Výpočet

(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)

Obr. 8 Tabulka pro zadávání svislých přímek

7. PY – přímky rovnoběžné y

Jedná se obdobu předchozího zadávání (viz Obr. 8) s tím rozdílem, že přímký (hrany) jsou rovnoběžné s osou y.

8. PZ – přímký rovnoběžné z

Jedná se obdobu předchozího zadávání (viz Obr. 8) s tím rozdílem, že přímký (hrany) jsou rovnoběžné s osou z.

9. OX – otvory rovnoběžné x

Kromě přímek je možné měřit a do programu zadat válcové otvory, jejichž osy mají být rovnoběžné s některou z os. U otvorů, které jsou rovnoběžné s osou y, jsou z výkresové dokumentace zadávány následující parametry:

- souřadnice středu otvoru (x a z)
- poloměr otvoru

Zadávání je prezentováno na obr. Obr. 9

FixVO - Ustavování verze 2.0

Naměřená data			Dokumentace (osa, poloměr)		
X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Y [mm]	Z [mm]	r [mm]
90	20	60	90	70	65

Údaje z výkresové dokumentace

Načíst data

Uložit data

Výpočet

Typ úlohy: 2. Transformace pomocí panenek a dorazů

(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)

Obr. 9 Zadávání svislých otvorů

10. OY – otvory rovnoběžné y

Jedná se o obdobu předchozího bodu, ovšem pro otvory, jejichž osy jsou rovnoběžné s osou y.

11. OZ – otvory rovnoběžné z

Jedná se o obdobu předchozího bodu, ovšem pro otvory, jejichž osy jsou rovnoběžné s osou z.

3.2 Volba typu úlohy

Program FixVO podporuje 2 typy ustavovacích úloh:

- 1. Transformace jen pomocí panenek
- 2. Transformace pomocí panenek a dorazů

Pokud má být prováděna transformace jen pomocí panenek, není možná rotace obrobku kolem svislé osy (y).

3.3 Transformace a výstupní data

Po stisku tlačítka *Výpočet* je vypočítáno optimální pootočení obrobku a tím i nové pozice panenek a zadních dorazů. Úloha je definována jako optimalizační, kdy kritériem je součet kvadrátů odchylek reálných bodů a výkresové dokumentace. Hledá se tedy optimální pootočení kolem os x a z případně y. Při transformaci je zachován nulový bod.

Dále je určen ofset (posun) souřadného systému a souřadného systému dokumentace. U panenek je určena změna vrcholu panenky, tedy její zvýšení nebo snížení – viz Obr. 10.

The screenshot shows the 'FixVO - Ustavování verze 2.0' window. On the left, a list of points is shown: NB - nulový bod, PA - vrcholy panenek, ZD - vrcholy zadních dorazů, RS - roviny svislé, RV - roviny vodorovné, PX - přímky rovnoběžné x, PY - přímky rovnoběžné y, PZ - přímky rovnoběžné z, OX - otvory rovnoběžné x, OY - otvory rovnoběžné y, OZ - otvory rovnoběžné z. The main area contains two tables: 'X [mm] Y [mm] Z [mm]' and 'Po transformaci: X [mm] Y [mm] Z [mm] dY [mm]'. The 'Ofset stroje vůči dokumentaci:' section shows input fields for X [mm], Y [mm], and Z [mm]. The 'Typ úlohy:' dropdown is set to '2. Transformace pomocí panenek a dorazů'. The bottom right corner shows the copyright notice: '(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)'.

X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
0	0	0
25	-5.97136	50
50	3.662477	25

X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	dY [mm]
0.000	0.000	0.000	0.000
25.000	-0.052	50.000	5.919
50.000	-0.060	25.000	-3.722

Ofset stroje vůči dokumentaci:

X [mm]: 3.013

Y [mm]: -5.474

Z [mm]: 4.015

Posun souřadného systému str
Souřadnice stroje = souřadnic

Načíst data

Uložit data

Nové zadání

Typ úlohy: 2. Transformace pomocí panenek a dorazů

(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)

Obr. 10 Výpočet nových pozic panenek

U rovin (RS, RV) jsou určeny nové pozice bodů a množství materiálu, který je třeba odstranit – viz Obr. 11

The screenshot shows the 'FixVO - Ustavování verze 2.0' window. On the left, a list of points is shown: NB - nulový bod, PA - vrcholy panenek, ZD - vrcholy zadních dorazů, RS - roviny svislé, RV - roviny vodorovné, PX - přímky rovnoběžné x, PY - přímky rovnoběžné y, PZ - přímky rovnoběžné z, OX - otvory rovnoběžné x, OY - otvory rovnoběžné y, OZ - otvory rovnoběžné z. The main area contains two tables: 'Naměřená data' and 'Dokumentace'. The 'Po transformaci:' section shows input fields for X [mm], Y [mm], and Z [mm]. The 'Ofset stroje vůči dokumentaci:' section shows input fields for X [mm], Y [mm], and Z [mm]. The 'Typ úlohy:' dropdown is set to '2. Transformace pomocí panenek a dorazů'. The bottom right corner shows the copyright notice: '(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)'.

X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Z [mm]	přídavek [mm]	obrábění z+
0	0	0	0	10	✓
96.98463	20.07057	-13.8258	0	10	✓
-17.101	96.46102	20.07057	0	10	✓
79.88362	116.5316	6.24473	0	10	✓
19.44969	19.8861	20.64587	20	5	✓
18.88755	79.7697	31.30563	20	5	✓
66.95233	27.2998	75.31337	80	10	✓
58.37545	67.5943	73.64314	70	10	✓

X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	dZ [mm]
0.000	0.000	0.000	4.015
99.955	-0.078	-2.984	6.999
0.080	100.000	0.071	3.944
100.036	99.922	-2.912	6.928
20.604	19.970	19.409	4.607
30.648	79.962	19.153	4.862
62.384	29.894	78.196	5.820
62.118	69.901	68.229	5.787

Ofset stroje vůči dokumentaci:

X [mm]: 3.013

Y [mm]: -5.474

Z [mm]: 4.015

Tloušťka vrstvy, kterou je třeba obráběním odstranit
< 0 => chyba (chybí materiál)
> přídavek => možný problém

Uložit data

Nové zadání

Typ úlohy: 2. Transformace pomocí panenek a dorazů

(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)

Obr. 11 Transformace RS

Pokud je výsledkem transformace, že je třeba obrobít více materiálu, než je dáno přídavkem dle dokumentace, může tato situace indikovat problém, a proto je položka i celá položka zvýrazněna - viz Obr. 12

FixVO - Ustavování verze 2.0

NB – nulový bod

PA – vrcholy panenek

ZD – vrcholy zadních dorazů

RS – roviny svislé

RV – roviny vodorovné

PX – přímky rovnoběžné x

PY – přímky rovnoběžné y

PZ – přímky rovnoběžné z

OX – otvory rovnoběžné x

OY – otvory rovnoběžné y

OZ – otvory rovnoběžné z

Naměřená data			Dokumentace		
X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Y [mm]	přídavek [mm]	obrábění y+
0	0	0	0	5	<input type="checkbox"/>
96.98463	20.07057	-13.8258	0	5	<input type="checkbox"/>
-17.101	96.46102	20.07057	100	8	<input type="checkbox"/>
79.88362	116.5316	6.24473	100	8	<input type="checkbox"/>
17.36482	-17.101	96.98463	0	5	<input type="checkbox"/>
114.3494	2.969559	83.1588	0	5	<input type="checkbox"/>
0.263811	79.36001	117.0552	100	8	<input type="checkbox"/>
97.24844	99.43058	103.2294	100	8	<input type="checkbox"/>
18.88755	79.76978	31.30563	80	10	<input type="checkbox"/>
56.66535	77.24045	75.65019	80	10	<input type="checkbox"/>

Po transformaci:

X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	dY [mm]
0.000	0.000	0.000	5.474
99.955	-0.078	-2.984	5.396
0.080	100.000	0.071	5.474
100.036	99.922	-2.912	5.396
2.983	-0.074	99.955	5.401
102.939	-0.152	96.972	5.323
3.064	99.926	100.027	5.401
103.019	99.848	97.043	5.323
30.648	79.962	19.153	5.436
62.126	79.902	68.236	5.376

Tloušťka vrstvy, kterou je třeba obráběním odstranit
< 0 => chyba (chybí materiál)
> přídavek => možný problém

Ofset stroje vůči dokumentaci:

X [mm]:

Y [mm]:

Z [mm]:

Typ úlohy: 2. Transformace pomocí panenek a dorazů

Uložit data

Nové zadání

(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)

Obr. 12 Transformace u vodorovné roviny

Pokud je po transformaci zjištěna chyba spočívající v nedostatku materiálu v určitém místě, je tato situace opět indikována pomocí barvy pozadí – viz Obr. 13

FixVO - Ustavování verze 2.0

NB – nulový bod

PA – vrcholy panenek

ZD – vrcholy zadních dorazů

RS – roviny svislé

RV – roviny vodorovné

PX – přímky rovnoběžné x

PY – přímky rovnoběžné y

PZ – přímky rovnoběžné z

OX – otvory rovnoběžné x

OY – otvory rovnoběžné y

OZ – otvory rovnoběžné z

Naměřená data			Dokumentace (osa, poloměr)		
X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Y [mm]	Z [mm]	r [mm]
90	20	60	90	70	65

Po transformaci:

X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	r [mm]
85.081	15.827	67.902	68.970

Vzdálenost bodu (po transformaci) od osy de
> r (poloměr dle dokumentace) => chyba (c

Ofset stroje vůči dokumentaci:

X [mm]:

Y [mm]:

Z [mm]:

Typ úlohy: 2. Transformace pomocí panenek a dorazů

Načíst data

Uložit data

Nové zadání

(C) 2020, UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky (chalupa@utb.cz)

Obr. 13 Detekce chybějícího materiálu

Stiskem tlačítka „Nové zadání“ je možné opět přejít zadávání dat a dalšímu výpočtu transformace.

4. Ukládání a načítání dat

Pomocí tlačítka „Uložit data“ je možné do souboru uložit aktuální vstupní data ve formátu XML. Obdobně lze poté data načíst pomocí tlačítka „Načíst data“.