

MĚŘENÍ GEOMETRICKÝCH PARAMETRŮ JEŘÁBOVÝCH DRAH S VYUŽITÍM UNIVERZÁLNÍ MĚŘICÍ STANICE

MEASURING OF GEOMETRIC PARAMETERS OF CRANE TRACKS USING A TOTAL STATION

Jiří Bureš¹, Ondřej Vystavěl²

Abstrakt

Příspěvek se zabývá měřením geometrických parametrů jeřábových drah s využitím univerzální měřicí stanice. Měřický postup je založen na prostorové polární metodě aplikované z úrovně kolejnic jeřábové dráhy. Postup vyhodnocení je založen na souřadnicovém řešení s využitím shodnostní transformace. Postup byl aplikován v praxi na několika jeřábových drahách. Dosažená přesnost ve směrodatné odchylce, lepší jak 1 mm, dokládá použitelnost prezentovaného postupu z hlediska požadavků na přesnost daných příslušnými technickými standardy.

Abstract

The paper deals with the measurement of geometric parameters of crane tracks using a total station. The measurement procedure is based on the spatial polar method applied from the level of the crane track rails. The evaluation procedure is based on a coordinate solution using a congruent transformation. The method has been applied in operation on several crane tracks. The achieved accuracy in standard deviation better than 1 mm proves the applicability of the presented procedure in terms of accuracy requirements given by the relevant technical standards.

¹ Bureš Jiří, doc., Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: 606 473 602, e-mail: Jiri.Bures@vut.cz

² Vystavěl Ondřej, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie, Veveří 331/95, 602 00 Brno, e-mail: Ondrej.Vystavel@vut.cz, GEODETIKA s.r.o., Sportovní 1, 796 01 Prostějov, e-mail: prostejov@geodetika.cz

1 Úvod

Měření geometrických parametrů jeřábových drah geodetickými metodami je jednou z nejběžnějších úloh průmyslové geodézie. Z hlediska legislativního jde o zeměměřickou činnost podléhající ověření dle Vyhlášky č. 31/1995 Sb. [1], § 13 Výsledky zeměměřických činností ve výstavbě, odst. 4, písm. f) ve smyslu geodetického kontrolního měření při výstavbě nebo odst. 5, písm. b) ve smyslu geodetického bezpečnostního měření jeřábových drah.

Typů jeřábů je celá řada a slouží k přemísťování břemen ve výrobních procesech. V průmyslových výrobních závodech je nejtýpější použití mostových jeřábů pojezdících po kolejové dráze zpravidla ve zvýšené úrovni nad úrovní podlahy. Cílem měření jeřábové dráhy je určení geometrických parametrů dráhy, tj. *přímost podélných střednic kolejnic* (metodou záměrné přímky), *rozchod* (metodami využívajícími měření délek), *kolmost čel narážek* (vzhledem k záměrné přímce kolmé k podélnému směru), *výškový průběh temen kolejnic v podélném směru a převýšení kolejnic v příčných řezech* (metodou vodorovné záměrné přímky – nivelace). V případě potřeby je dále předmětem měření i most jeřábu, resp. rozpětí jeřábu a rozvor kol, popř. rozchod kočky a rozvor kol kočky, nebo průhyb mostového jeřábu při jeho zatížení zvedaným břemenem.

Pro určování prostorových vztahů jeřábových drah byl zpracován Metodický návod [2]. Popisované metody měření jsou založeny na metodě záměrné přímky realizované teodolitem a/nebo nivelačním přístrojem. Potřebná přesnost určení polohy a výšky je 1 mm.

Inovativní metody měření geometrických parametrů jeřábových drah se objevují s nasazením přesných elektronických dálkoměrů nebo elektronických universálních měřících stanic (totálních stanic, multistanic aj.) založených na principu měření úhlových a délkových veličin.

Použití prostorové polární metody při použití elektronického teodolitu Kern E2 a nasazovacího dálkoměru DM504 z postavení v úrovni podlahy uvádí publikace [3]. Měřeno bylo na odrazný hranol umístěný z důvodu viditelnosti na konzolovém držáku (připnutelný na hlavu kolejnice). Nevýhodou metody je měření pod strmými záměry. Použití prostorové polární metody ze dvou stanovisek při použití totální stanice Leica TC 1800 uvádí [4].

Zaměření obtížně dostupné jeřábové dráhy metodou volné sítě se dvěma stanovisky s využitím měření totálními stanicemi Trimble S6 Robotic a Topcon GPT – 7501 je řešeno v [5]. Princip měření je založen na prostorové polární metodě ze dvou stanovisek a postavení mimo kolejnice, řešeno jako

geodetická síť výpočtem souřadnic metodou nejmenších čtverců (MNČ). Vyhodnocení geometrických parametrů jeřábové dráhy ze souřadnic MNČ je řešeno také v [6].

Možnost využití metody terestrického laserového skenování (TLS) pro určování prostorových vztahů jeřábové dráhy ve strojově vodního díla Gabčíkovo uvádí [7], [8], [9]. K měření byl použit laserový skener Leica Cyrax HDS 2500 nebo Leica HDS 3000. Skenovaná mračna bodů byla spojena prostřednictvím identických bodů určených terestricky měřením totální stanicí. Kolejnicové pásy byly řešeny aproximací rovinami. Z porovnání výsledků směrových a výškových úchylek klasickou terestrickou metodou s využitím totální stanice a terestrického laserového skenování se ukázaly rozdíly obou metod v řádu několika milimetrů, maximálně až 28 mm. Tehdy se použitá metoda TLS ukázala pro daný účel jako nevyhovující z hlediska přesnosti.

Automatizované řešení měření geometrických parametrů jeřábové dráhy s využitím speciálního měřicího vozíku tlačného jeřábovým mostem uvádí [7], [9]. Výhodou takové metody je měření za provozu jeřábové dráhy, nevýhodou pak, že výsledky mohou být poněkud jiné oproti výsledkům při odstavení mostových jeřábů do krajních poloh. Při pojezdu se dráha deformuje dynamickými účinky. ČSN 73 5130 nepřipouští měření za provozu.

2 Přehled technických předpisů pro jeřábové dráhy

ČSN EN 1993-6 (2008) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 6: Jeřábové dráhy. Český normalizační institut. [10]

ČSN EN 1090-2 (2019) Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce. Český normalizační institut. (Tab. B.9 výrobní tolerance jeřábových drah, montážní tolerance Tab. B.17, Tab. B.22 Montážní tolerance – jeřábové dráhy). [11]

ČSN ISO 12488-1 (2012) Jeřáby – Tolerance pro pojezdová kola a pro jeřábové a příčné dráhy – Část 1: Obecně. Český normalizační institut. [12]

ČSN 73 5130 (1994) Jeřábové dráhy. Český normalizační institut. [13]

Již neplatné ČSN:

ČSN 73 2611 (1978, neplatná, ve znění změn Z1 až Z5) Úchylky rozměrů a tvarů ocelových konstrukcí. Český normalizační institut. [14]

ČSN 73 2601 (1989, neplatná, ve znění změn A, B, N1, N2, Z1 až Z4) Provádění ocelových konstrukcí. Český normalizační institut. (uvedena četnost kontrol jeřábové dráhy, preventivní prohlídka 1x za 5 let, podrobná prohlídka 1x za 10 let). [15]

Metodický návod pro určování prostorových vztahů jeřábových drah [984311MNI78]. Praha, ČÚGK, 1978. [2]

3 Úvaha o potřebné přesnosti měření

Metodický návod [2] stanovuje potřebnou přesnost měření vodorovných a výškových úchylek podélných střednic kolejnic ve formě mezní odchylky měření $\pm 1,5$ mm. Přesnost měření rozchodu dráhy a kolmosti čel narážek stanovuje v mezní odchylce ± 2 mm. Pro výpočet směrodatných odchylek doporučuje použít koeficient spolehlivosti $t = 2$.

Předpokladem je použití universální měřicí stanice (UMS) úhlové přesnosti $\sigma_\varphi = 2''$ a lepší a délkové přesnosti $\sigma_s = 2$ mm + 2 ppm a lepší s možností registrace délek na desetiny milimetru.

Zjednodušená úvaha o potřebné úhlové přesnosti měření vychází z rovnice (1):

$$\sigma_\varphi = \frac{\sigma_q}{S} \frac{200^{\text{gon}}}{\pi}, \quad (1)$$

kde

σ_φ ... potřebná směrodatná odchylka směru měřeného ve dvou polohách dalekohledu v [gon],

$\sigma_q = \delta_q / 2$... požadovaná směrodatná odchylka vypočtená z mezní odchylky měření v [m],

S ... délka záměry v [m].

Při dosazení za $\delta_q = 1,5$ mm vychází potřebná přesnost měření směru a počet opakování pro úhlovou přesnost $\bar{\sigma}_\varphi$ uváděnou výrobcem dle ČSN ISO 17123-3 [16] z Tab. 1.

Tab. 1: Potřebná úhlová přesnost měření pro délku záměry a přesnost udávanou výrobcem

Délka záměry S	σ_φ [mgon]	Počet opakování pro $\bar{\sigma}_\varphi = 0,5''$	Počet opakování pro $\bar{\sigma}_\varphi = 1''$	Počet opakování pro $\bar{\sigma}_\varphi = 2''$
50 m	1,0	1	1	1
100 m	0,5	1	1	2

Úhlovou přesnost měřidla je třeba kontrolovat dle ČSN ISO 17123-3 [16].

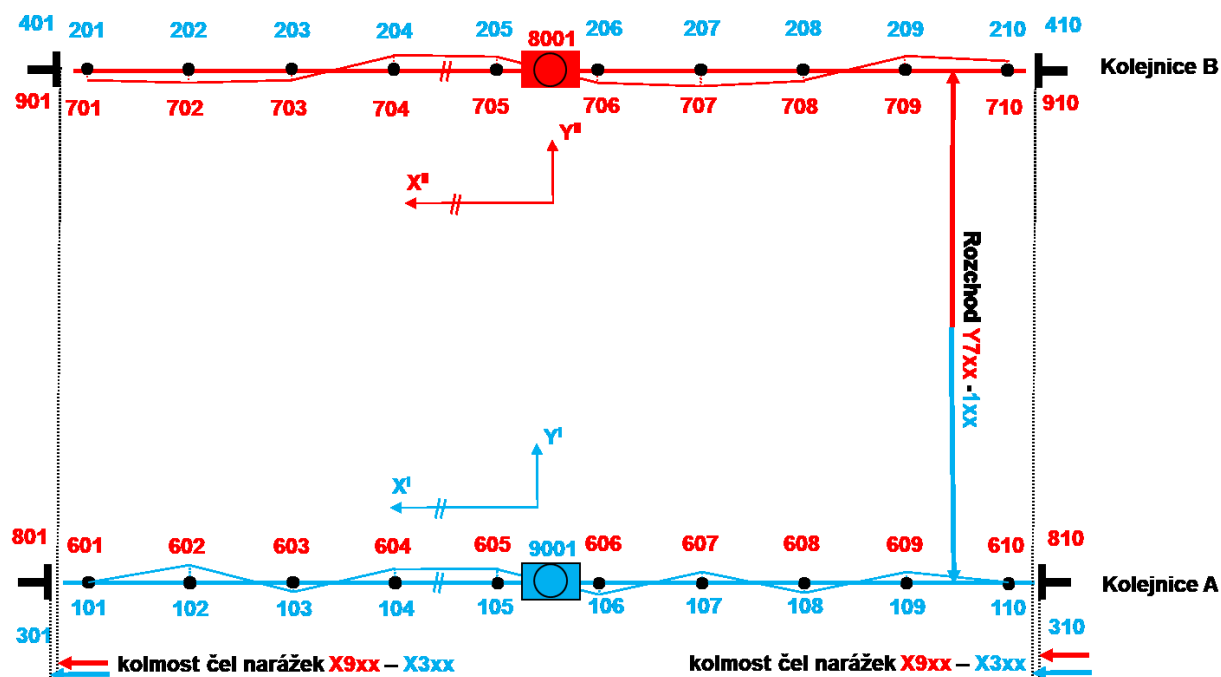
Délková přesnost dnes běžné universální měřicí stanice je $\sigma_s = 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ nebo $1 \text{ mm} + 1,5 \text{ ppm}$. Při měření je třeba použít nejpřesnější mód měření s rozlišením délek na desetiny milimetru. Měřicí stanice musí být kalibrována určením součtové (adiční) konstanty a přesnosti dle ČSN ISO 17123-4 [17]. Užitečnou informací o délkové přesnosti a vlastnostech dálkoměru na krátké vzdálenosti je kalibrace v akreditované kalibrační laboratoři VÚGTK Zdiby na interferometrické základně délky 30 m při porovnání s interferometricky měřenými délkami v intervalu 1 až 2 m. Kalibraci na krátké délky do 30 m lze provést alternativně na kalibrované měřické pásmo, při zavedení potřebných korekcí [18].

Při měření jeřábové dráhy je třeba měřit délku ve dvou polohách dalekohledu. Zvýšení přesnosti délkové veličiny, působí-li pouze náhodné měřické chyby, lze dosáhnout zvýšením počtu opakování, tj. alespoň dvojnásobným nezávislým zaměřením kontrolních bodů jeřábové dráhy (ze dvou stanovisek).

4 Princip měření při použití universální měřicí stanice

Z vhodného postavení universální měřicí stanice na dílčích kolejnicích se zaměří celá jeřábová dráha (nebo její část) prostorovou polární metodou. Stanovisek může být více z důvodu zkrácení určujících záměr (Obr. 1).

Postavení universální měřicí stanice (UMS) cca uprostřed délky jeřábové dráhy umožňuje zaměření drah do celkové délky cca 200 m (aby délka záměry nepřekročila 100 m). Pro delší jeřábové dráhy je třeba dráhu rozdělit na více úseků a použít měření z více vhodně zvolených stanovisek.



Obr. 1 Schema zaměření jeřábové dráhy nebo její části

Z postavení přístroje na upínací podložce na kolejnici A (stanovisko 9001) se prostorovou polární metodou ve 2 polohách dalekohledu vykoná zaměření vyznačených míst na kolejnicích A a B na odrazný hranol:

- Ze stanoviska 9001 zaměříme body 101 až 110, 210 až 201 (podélné střednice kolejnic) na odrazný hranol.
- Ze stanoviska 9001 zaměříme body 301, 310, 410, 401 (čela narážek) na odrazný hranol nebo odrazný terčik.

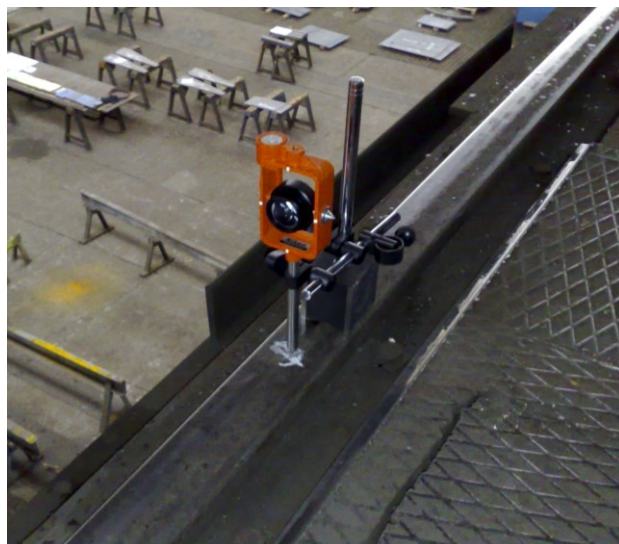
Z postavení přístroje na upínací podložce na kolejnici B (stanovisko 8001) se prostorovou polární metodou ve 2 polohách dalekohledu vykoná zaměření vyznačených míst na kolejnicích A a B na odrazný hranol:

- Ze stanoviska 8001 zaměříme body 701 až 710, 610 až 601 (podélné střednice kolejnic) na odrazný hranol.
- Ze stanoviska 8001 zaměříme body 801, 810, 910, 901 (čela narážek) na odrazný hranol nebo odrazný terčik.

Ilustrativní ukázka postavení UMS na kolejnici na upínací podložce je na Obr. 2, umístění odrazného minihranolu fixovaného magnetickým držákem na kontrolním bodě je na Obr. 3.



Obr. 2 Upevnění UMS měřicí stanice na kolejnici



Obr. 3 Detail postavení odrazného minihranolu na kontrolním bodě

5 Princip postupu vyhodnocení

Souřadnice zaměřených kontrolních bodů z dílčích stanovisek na kolejnicích se vypočtou v nezávislých lokálních souřadnicových soustavách účelově orientovaných ve shodě s podélným a příčným směrem jeřábové dráhy. Tyto lokální souřadnicové soustavy se následně spojí do jedné souřadnicové soustavy shodnostní transformací prostřednictvím odpovídajících si kontrolních bodů na kolejnicích.

Zpracování záznamu z měření začíná vystředěním veličin měřených v 1. a 2. poloze dalekohledu a následuje:

- výpočet polární metody v lokální souřadnicové soustavě I kolejnice A:
Stanovisko 9001 – určované body 101 až 110, 210 až 201 a 301, 310, 410, 401
- výpočet polární metody v lokální souřadnicové soustavě II kolejnice B
Stanovisko 8001 – určované body 701 až 710, 610 až 601 a 801, 810, 910, 901

5.1 Shodnostní transformace souřadnic

Shodnostní transformace souřadnic (2) soustavy II do soustavy I se děje prostřednictvím bodů transformačního klíče vytvořeného ze všech bodů, tj. 101^I až 110^I , 201^I až 210^I a tomu odpovídající body 601^{II} až 610^{II} , 701^{II} až 710^{II} .

$$\begin{pmatrix} X_{TRA}^I \\ Y_{TRA}^I \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_X \\ t_Y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \omega & -\sin \omega \\ \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X^{II} \\ Y^{II} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Výsledkem transformace je sada transformovaných souřadnic bodů 601_{TRA}^I až 610_{TRA}^I a 701_{TRA}^I až 710_{TRA}^I , dále pak také transformované souřadnice narážek – body 801_{TRA}^I , 810_{TRA}^I , 901_{TRA}^I , 910_{TRA}^I .

Pro vyhodnocení přímosti (příčných úchylek směru příslušné podélné střednice kolejnice) a vodorovnosti (výškových úchylek od horizontální roviny) se preferují data pořízená při postavení universální měřicí stanice na odpovídající kolejnici. V našem značení se jedná o body 101^I až 110^I , 701_{TRA}^I až 710_{TRA}^I a narážky – body 301^I , 310^I , 901_{TRA}^I , 910_{TRA}^I . Ostatní body se použijí pouze pro potřeby posouzení přesnosti.

5.2 Vyhodnocení geometrických parametrů jeřábové dráhy

1) Výpočet úchylek přímosti

Ortogonální metodou k přímce definovanou body 101^I a 110^I (kol. A):

- výpočet úchylek přímosti pro kolejnici A (kolmice bodů 102^I až 109^I k dané přímce),
- výpočet kolmic k bodům 701_{TRA}^I až 710_{TRA}^I ,
- výpočet střední přímky kolejnice B – průměrná kolmice – body 701_{TRA}^I až 710_{TRA}^I (rozteč vztažných přímek),
- výpočet úchylek přímosti pro kolejnici B od střední přímky kolejnice B z rozdílu hodnot kolmic a průměrné kolmice.

2) Výpočet rozchodů

Rozchody dráhy se vyhodnotí jako rozdíly souřadnic Y odpovídajících si bodů 101^I - 701_{TRA}^I až 110^I - 710_{TRA}^I .

$$\text{např. rozchod}_{101-701} = Y701_{TRA}^I - Y101^I$$

3) Výpočet kolmosti čel narážek

Úchylky kolmosti čel narážek na začátku a konci dráhy se vyhodnotí z rozdílů příslušných souřadnic X.

$$dX_{\text{začátek}} = X901_{TRA}^I - 301^I$$

$$dX_{\text{konec}} = X910_{TRA}^I - 310^I$$

4) Výpočet výškových úchylek temen dílčích kolejnic

- výpočet rozdílů výšek v soustavách I a II

$dH_i(8001, 9001) = H601^{II}$ až $H610^{II}$ mínus $H101^I$ až $H110^I$
a $H701^{II}$ až $H710^{II}$ mínus $H201^I$ až $H210^I$

- výpočet středního rozdílu soustav I a II

dH ... průměr dH_i

- transformace výšek soustavy II do I

$H701_{TRA}^I$ až $H710_{TRA}^I = H701^{II}$ až $H710^{II}$ mínus dH

- výpočet střední hodnoty výšky jednotlivých kolejnic

kolejnice A ... z $H101^I$ až $H110^I$

kolejnice B ... z $H701_{TRA}^I$ až $H710_{TRA}^I$

- výpočet výškových úchylek jako odchylek od středních hodnot výšek kolejnic z $H101^I$ až $H110^I$ a $H701_{TRA}^I$ až $H710_{TRA}^I$.
- výpočet převýšení kolejnic z odpovídajících si míst v řezu $H701_{TRA}^I$ a $H101^I$ až $H710_{TRA}^I$ a $H110^I$.

5.3 Výpočet přesnosti

Při zaměření dráhy z dvojího postavení dostáváme po transformaci dvě sady souřadnic, na které lze nahlížet jako na měrické dvojice. Přesnost vyhodnocujeme z odchylek bodů transformačního klíče po shodnostní transformaci.

Jelikož volíme osu X souřadnicového systému totožnou s podélným směrem, pak přesnost v souřadnici Y reprezentuje přesnost v určení vodorovných úchylek a rozchodu.

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n dY_i}{2n}}, \quad (3)$$

kde

σ_Y ... směrodatná odchylka v souřadnici Y vypočtená z rozdílu dvojic měření (odchylek Y na bodech transformačního klíče)

dY_i ... odchylka v souřadnici Y dvojího určení téhož kontrolního bodu

n ... počet dvojic měření (počet bodů transformačního klíče).

Pro určení přesnosti výškových úchylek je nutné do vzorce (3) dosazovat odchylky ve výšce H .

Pro určení přesnosti úchylek kolmosti čel nárazek je nutné do vzorce (3) dosazovat odchylky v souřadnici X .

6 Aplikace použitého postupu, dosažená přesnost

Postup měření uvedený v kap. 4 a vyhodnocení v kap. 5 byly použity u několika jeřábových drah (Tab. 2) v areálu DT Výhybkárny a strojírny v Prostějově (Obr. 4), jeřábové dráhy ve Spalovně Brno (Obr. 5) a jeřábové dráhy na VUT FAST. Postup byl také aplikován opakovaně při rektifikaci novostavby jeřábové dráhy.

Tab. 2: Dosažená přesnost při měření na jeřábových dráhách

Jeřábová dráha	Délka dráhy [m]	UMS	σ_Y [mm]	σ_X [mm]	σ_H [mm]
DT Prostějov JD6	134,2	Trimble S5 2", 1+2ppm	0,67	-	0,10
DT Prostějov JD8	143,5	Trimble S5 2", 1+2ppm	0,69	1,40	0,11
DT Prostějov Teplická hala	53,5	Trimble S5 2", 1+2ppm	0,30	0,90	0,06
VUT FAST	18,0	Topcon GT1001 1", 1+2ppm	0,48	0,48	0,10
SAKO Brno	80,0	Topcon GTS-300 1", 2+2ppm	0,43	0,82	0,41
Novostavba JD poprvé	117,1	Trimble S5 2", 1+2ppm	0,81	1,40	0,24
Novostavba JD podruhé	117,1	Trimble S5 2", 1+2ppm	0,81	1,90	0,13
Novostavba JD potřetí	117,1	Trimble S5 2", 1+2ppm	0,84	1,70	0,21



Obr. 4 JD ve výrobní hale DT Výhybkárny a strojírny



Obr. 5 JD v hale odškvárování brněnské Spalovny komunálního odpadu

V Tab. 2 je uvedena dosažená přesnost v jednotlivých souřadnicích vypočtená dle vzorce v kapitole 5.3. Přesnost určení vodorovných úchylek (S_Y), rozchodů ($S_X\sqrt{2}$) a výškových úchylek (S_H) je vyhovující, v souladu s Metodickým návodem [2]. Přesnost určení úchylek kolmosti čel narážek (S_X) je mírně horší z důvodu měření na odrazný terčík (nikoliv hranol).

7 Závěr

Časová náročnost, v článku prezentovaného postupu měření, je srovnatelná s klasickou metodou. Dosažení potřebné přesnosti je prezentovaným postupem opakovatelné. Výhodou je použití jednoho měřidla, tj. universální měřicí stanice (UMS), zatímco u klasické metody je nutné měřidla střídat (teodolit, nivelační přístroj, měřické pásmo, popř. paralaktickou metodu, popř. dálkoměr). Použití UMS s možností automatického cílení (one-man systém) umožňuje realizovat měření jedním pracovníkem. V případě nutnosti je možné měření realizovat ze stanovisek mimo kolejnici, ale za cenu poněkud snížené přesnosti z důvodu neideální konfigurace. Při použití UMS nejvyšší přesnosti (0,5", 1 mm + 1 ppm) i z případného excentrického postavení lze dosáhnout potřebné přesnosti určení geometrických parametrů. Souřadnicové řešení umožňuje vyhodnocení plně automatizovat. Při montáži nebo rektifikaci jeřábové dráhy je při použití UMS možné určovat prostorové vztahy geometrických parametrů v reálném čase.

Literatura

- [1] Vyhláška č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením
- [2] Metodický návod pro určování prostorových vztahů jeřábových drah [984311MNI78]. Praha, ČÚGK, 1978
- [3] HÁNEK, P.; BURŠÍKOVÁ, O.: Měření jeřábových drah totálními stanicemi. *Geodetický a kartografický obzor*, ročník 39/ 81, 1993, č. 1, str. 8-11
- [4] HÁNEK, P.; JIRÁSKOVÁ, J.: Znovu o měření jeřábových drah totálními stanicemi. *Geodetický a kartografický obzor*, ročník 46/88, 2000, číslo 2, str. 21-25
- [5] ŠTRONER, M.; Urban, R.; Třasák, P.: Zaměření obtížně dostupné jeřábové dráhy metodou volné sítě se dvěma stanovisky. *Stavební obzor*. 2011, roč. 20, č. 2, s. 60-64. ISSN 1210-4027

- [6] KRUMPHANZL, V; MICHALČÁK, O.: *Inženýrská geodézie II. Kartografie n.p. Praha, 1975 str. 267-269*
- [7] KYRINOVIC, P.; KOPÁČIK, A.: *Automatizované meranie žeriavových dráh. Sborník referátů „Aktuální problémy inženýrské geodézie 2010“, Český svaz geodetů a kartografů, 2010, ISBN 978-80-02-02220-6*
- [8] KOPÁČIK, A.; TIMUROVÁ, K.: *Tvorba modelu žeriavovej dráhy s využitím metódy laserového skenovania. Inžiniersko-priemyselná geodézia 2013: Vytyčovanie a kontrolné meranie technologických zariadení. Konferencia s medzinárodnou účasťou, Bratislava, Slovensko, 2013, Sborník referátů, nakladatelství STU, ISBN 978-80-227-4032-6*
- [9] KYRINOVIC, P.: *Automatizované meranie geometrických parametrov žeriavových dráh. Dizertačná práca. Edícia vedeckých prác, STU v Bratislave, Zošit č. 110, 2011, ISBN 978-80-227-3563-6*
- [10] ČSN EN 1993-6 (2008) Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí – Část 6: Jeřábové dráhy. Český normalizační institut*
- [11] ČSN EN 1090-2 (2019) *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce. Český normalizační institut*
- [12] ČSN ISO 12488-1 (2012) *Jeřáby – Tolerance pro pojezdová kola a pro jeřábové a příčné dráhy – Část 1: Obecně. Český normalizační institut*
- [13] ČSN 73 5130 (1994) *Jeřábové dráhy. Český normalizační institut*
- [14] ČSN 73 2611 (1978, neplatná, ve znění změn Z1 až Z5) *Úchylky rozměrů a tvarů ocelových konstrukcí. Český normalizační institut*
- [15] ČSN 73 2601 (1989, neplatná, ve znění změn A, B, N1, N2, Z1 až Z4) *Provádění ocelových konstrukcí. Český normalizační institut*
- [16] ČSN ISO 17123-3 (73 0220, 2005) *Optika a optické přístroje – terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů. Část 3: Teodolity*
- [17] ČSN ISO 17123-4 (73 0220, 2005) *Optika a optické přístroje – terénní postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů. Část 4: Elektrooptické dálkoměry*
- [18] BUREŠ, J.; VÁVROVÁ, E.: *K problematice přesnosti měření s využitím robotizovaných totálních stanic. In Inžiniersko priemyselná geodézia 2013. 1. Bratislava, Slovensko: STU Bratislava, 2013. s. 1-11. ISBN: 978-80-227-4032-6*

Recenzoval: Ing. Václav Šanda
GEFOS a.s.