

TESTOVANIE VYBRANÝCH GEODETICKÝCH PRÍSTROJOV

TESTING OF THE SELECTED SURVEYING INSTRUMENTS

Ing. Ján Ježko, Ph.D.

ABSTRAKT

Príspevok predstavuje skúšobné postupy zamerané na určovanie a odhad presnosti geodetických prístrojov a pomocného vybavenia pri meraniach v stavebníctve a geodézií podľa medzinárodných noriem ISO 17123. Cieľom kontroly a testovania je overenie vhodnosti použitia jednotlivých prístrojov na príslušnú úlohu a splnenie požiadaviek iných noriem. Príspevok predstavuje medzinárodné normy z tejto oblasti prevzaté do sústavy Slovenských technických noriem (STN) a ich aplikáciu pri kontrole a testovaní geodetických prístrojov.

Kľúčová slova: Testovanie geodetických prístrojov, technické normy, laserový interferometer.

ABSTRACT

The article describes testing procedures aimed on the surveying instruments and the additional instruments precision determining and estimating according to international standards ISO 17123. The result of the control and test is to verify the suitability of the usage of various instruments to required tasks and fulfil the requirements of other standards. The article describes the international standards from this area, where the standards are took over by system of Slovak technical standards (STS) and their application to surveying instruments control and testing is described.

Key words: Testing surveying instruments, technical standards, laser interferometer.

1 ÚVOD

Testovanie a kontrola geodetických prístrojov tvorí dôležitú súčasť ich využitia prístrojov v praxi. Táto oblasť je na národnej i medzinárodnej úrovni zastrešená technickými normami (TN) a technickou normalizáciou. Technická normalizácia je činnosť ktorá zahŕňa oblasť tvorby noriem, ich revízie a harmonizácie s medzinárodnými normami. Norma je všeobecne definovaná ako dokument vytvorený na základe dohody a schválený uznaným orgánom. Je výsledkom normalizačnej činnosti, t. j. činnosti, ktorou sa zavádzajú ustanovenia na všeobecné a opakované použitie.

1.1 Postavenie noriem v právnom systéme

Postavenie Slovenských technických noriem (STN) v právnom systéme definuje zákon č. 264/1999 Z. z., § 6 popisuje proces tvorby, schvaľovania a vydávania noriem, § 7 hovorí o zhode so slovenskou technickou normou a odsek 3 predmetného paragrafu priamo definuje, že „Dodržiavanie slovenskej technickej normy je dobrovoľné“. STN dostáva nové postavenie - dobrovoľnosť, teda nezáväznosť, čo ale neznamená neplatnosť. Norma aj napriek dobrovoľnosti sa stáva zárukou, že jej dodržanie sa bude považovať za splnenie technických požiadaviek a ak je harmonizovaná s technickým predpisom, tak sa to považuje za splnenie požiadaviek stanovených týmto predpisom [3, 5].

V praxi to znamená, že ak napríklad projektant, zhotoviteľ dodrží pri svojom návrhu, alebo výrobnom postupe platnú STN, pri problémoch (porucha, prípadne nehoda) mu na obhájenie stačí dôkaz, že dodržal platnú STN. V prípade nedodržania normy sú potrebné znalecké analýzy, či jeho riešenie bolo

pre daný prípad optimálne. Norma je bezpečným riešením na danej úrovni technického rozvoja a na druhej strane nekladie prekážky, pre svoju dobrovoľnosť, novým riešeniam, inováciám, ktoré výrobca - realizátor dokáže obhájiť.

1.2 Slovenské technické normy

Slovenský ústav technickej normalizácie (SÚTN) v Bratislave je určenou právnickou osobou na tvorbu, schvaľovanie a vydávanie STN a preberanie noriem ISO a EN. SÚTN zastupuje Slovenskú republiku (SR) a plní povinnosti, vyplývajúce z medzinárodných zmlúv a členstva v medzinárodných a európskych normalizačných organizáciách v ISO, IEC (Medzinárodná elektrotechnická komisia), v CEN a CENELEC (Európska komisia pre normalizáciu v elektrotechnike) a zároveň plní funkciu národného normalizačného orgánu (NNO).

1.3 Preberanie noriem ISO a EN

Európske normy vypracúvajú technické komisie CEN, CENELEC. Európske normalizačné organizácie ich ratifikujú, do skutočného života normy vstupujú po ich zavedení do národných sústav najneskôr 6 mesiacov po ich sprístupnení. Normy sa preberajú *prekladom* s vydaním národnej titulnej strany, národného predhovoru, preloženého textu európskej normy (EN), vrátane príloh. Ak sa preberá EN *prevzatím originálu*, STN EN obsahuje text EN v pôvodnej anglickej verzii a národná titulná strana obsahuje národný predhovor a krátku anotáciu normy. *Oznámením vo Vestníku* sa norma len odporučí na používanie ako STN. V minulom období sa vzhľadom na cieľ dosiahnuť štatút riadneho (národného) člena CEN/CENELEC pristúpilo k ďalšej forme preberania EN a to je *prevzatie EN v jazyku člena CEN/CENELEC*, (najčastejšie v českom jazyku). Zákon č. 264/1999 Z. z. dovoľuje všetky spôsoby preberania noriem určené medzinárodnými a európskymi normalizačnými organizáciami (§ 5, ods. 4). Spracovanie normy neznamená len technický preklad textu originálu s použitím správnej terminológie, ale zahŕňa i návrh opatrení - návrh zmien platných pôvodných STN, prípadne ich úplné zrušenie, ak to zavedenie novej normy vyžaduje [1, 2, 3, 5].

2 TECHNICKÉ KOMISIE A SYSTÉM TECHNICKEJ NORMALIZÁCIE V SR

2.1 Technické komisie

Technické komisie (TK) sú odborné, poradné a pracovné orgány SÚTN. SÚTN zriaďuje, registruje, metodicky riadi a koordinuje všetky TK. Zriaďuje ich za účelom komplexného riešenia všetkých otázok technickej normalizácie vo vymedzenom rozsahu pôsobnosti. Činnosť TK je založená na princípoch reprezentácie záujmov rôznych sfér spoločnosti s cieľom dosiahnuť vzájomne výhodné normalizačné riešenia [4, 5]. TK v zmysle „Štatútu a rokovacieho poriadku technickej komisie“ v rozsahu svojej pôsobnosti, rešpektujúc zásady slovenskej, európskej a medzinárodnej normalizácie najmä [6]:

§ prerokúva návrhy pôvodných STN, návrhy na ich zmeny, revízie a zrušenia,

§ vypracúva národné stanoviská k dokumentom európskych a medzinárodných normalizačných orgánov a komisií,

§ navrhuje, prerokúva a vypracúva podklady na zostavenie plánu technickej normalizácie na základe požiadaviek zastúpených zákazníkmi a väzieb na európsku a medzinárodnú normalizáciu,

§ navrhuje spôsob preberania EN do sústavy STN podľa kritérií SÚTN,

- § vypracúva stanovisko k návrhu STN, ktoré preberá európsku normu, ak spracovateľ normalizačnej úlohy o to požiada,
- § zabezpečuje previerku pôvodných noriem STN, ktoré patria do jej kompetencie z hľadiska ich aktuálnosti a prípadného konfliktu s EN,
- § dodáva podklady pre SÚTN na poskytovanie vysvetlení k ustanoveniam STN.

2.2 Činnosť TK 89 Geodézia a kartografia SR

TK sú zriaďované pri SÚTN na návrh rôznych orgánov a organizácií so spoločnou sférou profesijných záujmov. Návrh na zriadenie TK obvykle podávajú ústredné orgány štátnej správy, celorezortné pracoviská ale aj iné profesijné zoskupenia, činné v predmetnej oblasti.

Zriadenie TK pre oblasť **geodézie a kartografie** bolo výsledkom spoločného úsilia Komory geodetov a kartografov (KGK), Úradu geodézie, kartografie a katastra (ÚGKK) SR, Topografickej služby (TS) Armády SR i profesijných združení, pôsobiacich v oblasti geodézie a kartografie [4]. TK 89 „Geodézia a kartografia“ pracuje od začiatku činnosti v štruktúre dvoch subkomisií, orientovaných na oblasti:

- § geodetických základov, geoinformačných systémov, topografickej služby armády, kartografie – subkomisia č.1,
- § inžinierskej geodézie a geodézie v stavebníctve – subkomisia č.2.

2.3 Aktivity TK Geodézia a kartografia v oblasti kontroly a testovania geodetických prístrojov a pomôcok

TK 89 sa zameriava na nasledujúce oblasti [4,5]:

- § preberanie európskych noriem (EN) a medzinárodných noriem (ISO) v menovaných oblastiach,
- § tvorbu nových STN a revíziu existujúcich STN v oblasti geodézie, kartografie a katastra i geografických informačných systémov (GIS) a v oblasti geodetických prác vo výstavbe,
- § tvorbu nových STN a revíziu existujúcich STN v oblasti spadajúcej do pôsobnosti TS Armády SR.

Do činnosti TK patrí teda aj oblasť testovania geodetických prístrojov ktorú na medzinárodnej úrovni pokrývajú normy z oblasti pôsobnosti technickej komisie ISO/TC 172/SC 6 - Optics and optical instruments /Geodetic and surveying instruments (Optika a optické prístroje/Geodetické a meracie prístroje). Do sústavy STN pribudli normy z tejto oblasti - boli prevzaté originálom, anotácia v slovenskom jazyku, text normy v anglickom jazyku.

Sú to nasledujúce normy [7] :

- § STN ISO 17123-2: Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 2. časť: Nivelačné prístroje.,
- § STN ISO 17123-3: Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 3. časť: Teodolity.,
- § STN ISO 17123-4: Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 4. časť: Elektrooptické diaľkomery.,
- § STN ISO 17123-5: Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 5. časť: Elektronické tachymetre.,
- § STN ISO 17123-6: Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 6. časť: Rotačné laserové prístroje.,
- § STN ISO 17123-7: Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 7. časť: Optické prevažovacie prístroje.,

§ STN ISO 17123-8: Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 8. časť: GNSS meracie systémy pracujúce kinematickou metódou.

Tri z uvedených noriem (STN ISO 17123-4, 5, 6) prešli v roku 2012 revíziou a zmenami a v roku 2013 boli prevzaté do sústavy STN v originály (s národným predhovorom s nasledujúcim označením a názvami:

§ STN ISO 17123-4: 2013. Optika a optické prístroje. Postupy na testovanie geodetických prístrojov. Časť 4 : Elektrooptické diaľkomery (meranie na odrazové hranoly).,

§ STN ISO 17123-5: 2013. Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. Časť 5 : Univerzálne meracie stanice.,

§ STN ISO 17123-6: 2013. Optika a optické prístroje. Postupy na testovanie geodetických prístrojov. Časť 6 : Rotačné laserové prístroje.

3 VÝSLEDKY Z TESTOVANIA VYBRANÝCH GEODETICKÝCH PRÍSTROJOV PODĽA STN ISO 17123

Sústava uvedených noriem (STN ISO 17123) špecifikuje skúšobné postupy zamerané na určovanie a odhad presnosti geodetických prístrojov a pomocného vybavenia pri meraniach v stavebníctve a geodézií. Cieľom testovania je overenie vhodnosti jednotlivých prístrojov pre príslušnú úlohu a splnenie požiadaviek iných noriem [8]. Všeobecne možno testovanie podľa tejto sady noriem rozdeliť na testovanie podľa:

§ zjednodušeného postupu,

§ úplného postupu.

Zjednodušený postup skúšky je založený na obmedzenom počte meraní. **Úplný postup** je všeobecne založený na komplexnejšom meraní, väčšom počte meraní v niekoľkých sériách, vyhodnotenie je realizované pomocou vybraných štatistických testov. V rámci vedecko – výskumnej a pedagogickej činnosti boli na Katedre geodézie (KG) Stavebnej fakulty (SvF) STU Bratislava podľa týchto noriem testované geodetické prístroje s výsledkami uvedenými v tabuľke 1.

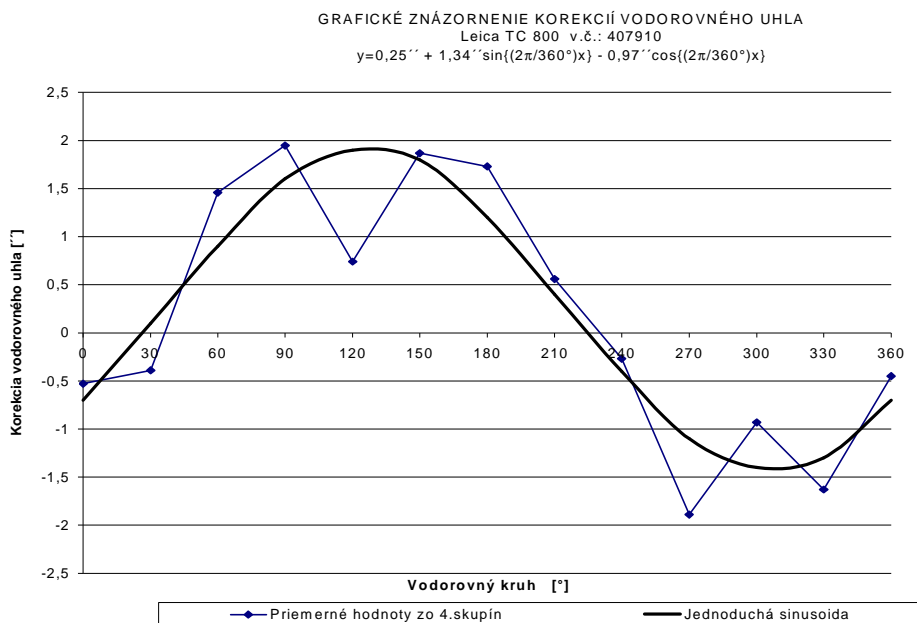
Tabuľka 1: Výsledky z testovania vybraných geodetických prístrojov

STN - ISO	Testovaný prístroj	Zjednodušený postup	Úplný postup
17123-2: Nivelačné prístroje	Zeiss Ni 025	vyhovel	vyhovel
	Zeiss Ni 007	netestovaný	vyhovel
	Sokkia C40	vyhovel	vyhovel
	Geo Fennel NO.10	vyhovel	vyhovel
	Spectra AL224	vyhovel	vyhovel
	Leica Sprinter 150	vyhovel	vyhovel
17123-5: Elektronické tachymetre	Topcon GPT-3005	vyhovel	vyhovel
	Leica TCR 407	vyhovel	nevyhovel
17123-7: Optické prevažovacie prístroje	Zeiss PZL 100, č.1	netestovaný	vyhovel – do 16m
	Zeiss PZL 100, č.2	netestovaný	vyhovel – do 16m
17123-8: GNSS meracie systémy pracujúce kinematickou metódou v reálnom čase	Trimble R6	vyhovel	vyhovel
	Trimble R8	vyhovel	vyhovel

Vzhľadom na obmedzený rozsah príspevku a rozličnosť postupov podľa jednotlivých noriem a prístrojov sú podrobnosti a výsledky uvedené v [8, 9, 12, 13].

4 OVEROVANIE A KALIBRÁCIA UHLOMERNÝCH A DĹŽKOMERNÝCH STUPNÍC GEODETICKÝCH PRÍSTROJOV A POMÔCOK

V súčasnosti je postup posudzovania kvality optických a elektronických teodolitov uvedený v STN ISO 17123-3, (3. časť: Teodolity). Kalibráciu vodorovných kruhov optických i elektronických teodolitov je možné realizovať aj v laboratórnych podmienkach, napr. na automatickom zariadení pre kalibráciu optických polygónov EZB-3 Slovenského metrologického ústavu (SMÚ) v Bratislave, modifikovanom na kalibráciu teodolitov. Zariadenie je súčasťou primárneho etalónu a zároveň národného etalónu SR rovinného uhla. Základom tohto zariadenia je etalónový 72-boký optický polygón, reprezentujúci osnovu smerov v intervale (0 až 360)° s krokom 5° s rozšírenou neistotou prenosu na kalibrovaný prístroj až 0,1" ($P = 95\%$) v závislosti od metrologických parametrov kalibrovaného prístroja. Na tomto zariadení bolo kalibrovaných viacero optických i elektronických teodolitov [10, 11]. Výsledkom takejto kalibrácie je súbor korekčných hodnôt horizontálnej stupnice k jednotlivým menovitým hodnotám stupnice, určený z niekoľkých sérií merania, prípadne aj parametre aproximujúcej funkcie, vrátane štatistického testovania parametrov normálneho rozdelenia a analýzy rozptylu (pomocou Grubbsovho testu a pomocou ANOVA (ANalyses Of VAriance – analýza rozptylu) [10, 11]. Ako príklad je uvedená na zariadení EZB-3 kalibrovaná horizontálna stupnica teodolitu Leica TC 800. Grafické znázornenie nameraných údajov (priemer zo 4 opakovaných sérií) určených korekcií k jednotlivým miestam horizontálneho kruhu a aproximačnou cyklickou funkciou (sínusoida – obr. 1).



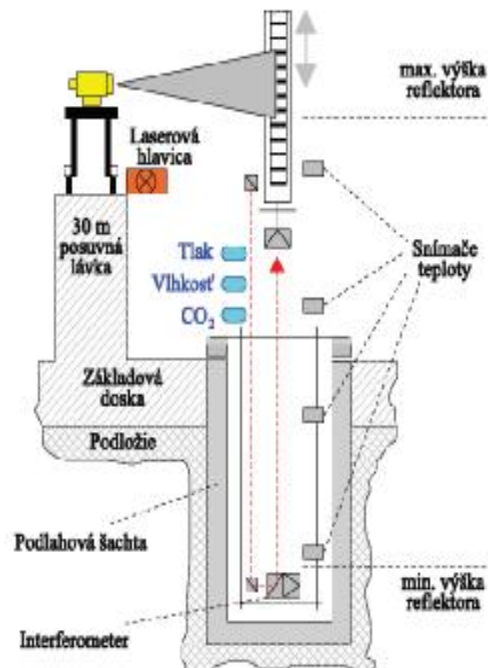
Obr.1: Kalibračná krivka a aproximujúca cyklická funkcia

4.1 Kalibrácia nivelačných prístrojov a pomôcok

Optické nivelačné prístroje sú v súčasnej dobe postupne nahradzované digitálnymi kompenzátorovými nivelačnými prístrojmi a klasické laty kódovými latami. Nové nivelačné prístroje vybavené CCD snímačmi s úplnou automatizáciou čítania ponúkajú nové výhody - väčšiu presnosť čítania,

automatickú registráciu, eliminujú hrubé chyby a omyly v čítaní meračom, namerané údaje sú v elektronickej podobe s možnosťou ďalšieho spracovania v prostredí rôznych softvérov.

Tento postup však neeliminuje chyby z nepresného delenia nivelačnej laty (stupnice) [10, 11]. Kalibrácia nivelačných lát umožňuje potlačiť vplyv uvedenej chyby na minimum. V súčasnosti sa realizuje cielením na dieliky, resp. na rozhranie čiarového kódu a porovnáva sa nominálna dĺžka latového metra s hodnotou určenou laserovým interferometrom. Iná možnosť je využiť pri kalibrácii nivelačný prístroj. V tomto prípade sa porovná dĺžka úseku odčítaný nivelačným prístrojom s dĺžkou určenou interferometrom. Keďže ide o meranie, ktoré spája kalibráciu laty s kalibráciou nivelačného prístroja hovoríme o **systémovej kalibrácii** (obr. 2).



Obr. 2 : Schematické usporiadanie vertikálneho komparátora TU Graz na systémovú kalibráciu (14)

4.2 Využitie interferometrie na kalibrácia nivelačných prístrojov a pomôcok v podmienkach KG SvF STU Bratislava

Pripravovaný kalibračný systém KG bude využívať lineárny interferometer, založený na frekvenčne stabilizovanom HeNe lasery (môže byť používaný bez špeciálnych bezpečnostných zariadení). Interferenčný systém spolu s jednotkami kompenzácie prostredia a s elektronicou časťou systému (obr. 3, 4) umožňuje merať dĺžku s rozlíšením až 1 nm (možné je i dynamické meranie), meranie uhlov v rozsahu $\pm 10^\circ$ a meranie odchýlok priamkovitosti a rovinnosti (odchýlky rovinnosti sa určujú až z jednotlivých meraní priamkovitosti).



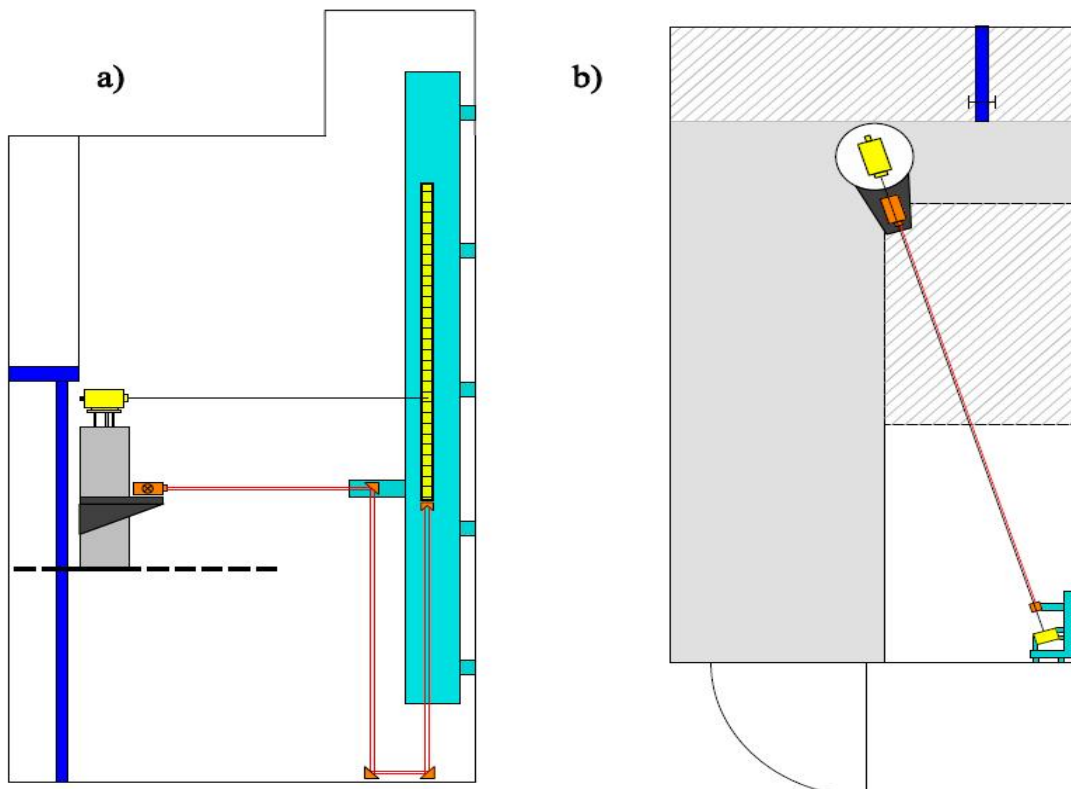
Obr. 3: Merací systém RENISHAW



Obr. 4: Laserová hlavica

Systém je možné aplikovať na kalibráciu invarových a kódových nivelačných lát, testovanie elektronických diaľkometerov, pre sledovanie posunov stavieb a pod. V súčasnosti má KG SvF k dispozícii laserový merací systém XL 10 firmy RENISHAW, pracujúci s presnosťou lineárneho merania $0,5 \mu\text{m}$ na 1 m meranej dĺžky (obr. 3, 4) - pri teplote vzduchu (0 až 40°C) a tlaku (650 – 1150) hPa v meranej dráhe - s maximálnym dosahom lineárneho merania 80 m.

Kompenzačná jednotka pomocou snímačov umožňuje merať teplotu, tlak a vlhkosť vzduchu v dráhe lúča (resp. v jej bezprostrednom okolí) a teplotu meraného objektu. Zariadenie bude základom kalibračného zariadenia, umožňujúceho aj systémovú kalibráciu digitálnych nivelačných prístrojov a kódových lát na KG SvF STU v Bratislave [10, 11, 14] – (obr. 5).



Obr. 5: Schematické usporiadanie vertikálneho komparátora navrhovaného na SvF STU v Bratislave (14)

5 ZÁVER

Riešenie normalizačných úloh v akejkoľvek oblasti technickej praxe je dôležitou súčasťou celého systému tvorby a realizácie produktu – výrobku, alebo služby. STN a ich nové postavenie v právnom systéme SR majú svoju oporu v zákone i medzinárodných dohodách. TK 89 pôsobiaca pri SÚTN umožňuje prezentovať a presadzovať potreby a záujmy geodetickej obce na poli technickej normalizácie a stáva sa tak prostriedkom na vybudovanie moderného systému STN (pre oblasť jej pôsobnosti), konformného so systémami členských krajín EÚ. Súčasťou kontroly kvality geodetických prác sa stáva i dodržiavanie týchto noriem, realizácia kontrolných, testovacích a kalibračných meraní, ktoré predstavujú aj postupy a zariadenia popísané v tomto príspevku.

Použitá literatura

- [1] LUKÁČ, Š.: Aktuálne právne a technické predpisy v odbore geodézia a kartografia na Slovensku. In.: Geodézia, fotogrametria a inžinierska geodézia v informačnej spoločnosti. Bratislava, Katedra geodézie SvF STU, 2001, s. 93-104.
- [2] JEŽKO, J.: Testovanie a kalibrácia geodetických prístrojov z pohľadu technických noriem. In.: Interdisciplinárne aplikácie geodézie, inžinierskej geodézie a fotogrametrie. Bratislava, Katedra geodézie SvF STU, 2008, 10 s., (CD) ISBN 978-80-227-2938-3.
- [3] TÖLGYESSYOVÁ, H.: Tvorba sústavy slovenských technických noriem a jej harmonizácia so sústavou európskych a medzinárodných noriem. Techcon 5/2007, s. 25-30.
- [4] KOPÁČIK, A. - JEŽKO, J.: Aktuálne otázky normotvornej činnosť v oblasti geodézie a kartografie na Slovensku. Slovenský geodet a kartograf, roč. X, 2005, č. 2, s. 14-20, ISSN 1335-4019.
- [5] JEŽKO, J. - KOPÁČIK, A.: Technické normy a normotvorná činnosť v odbore geodézia a kartografia. In: 70 rokov SvF STU. Sekcia 4: Geodézia a kartografia. Medzinárodná vedecká konferencia. Bratislava, SvF STU, 2008, ISBN 978-80-227-2979-6, s. 63-73.
- [6] Štatút a rokovací poriadok technických komisií. SÚTN, Bratislava, 2008, 15 s.
- [7] JEŽKO, J.: Testovanie elektronických tachymetrov podľa STN ISO 17123-5. In: Geodézia, kartografia a geografické informačné systémy 2010 : VI. vedecko-odborná konferencia s medzinárodnou účasťou. Demänovská dolina, SR, 7.-9.9.2010, ISBN 978-80-553-0468-7. -nestr.
- [8] JEŽKO, J.: Testovanie nivelačných prístrojov podľa STN ISO 17123-2. In: Aktuálne problémy geodézie, inžinierskej geodézie a fotogrametrie: Vedecko-odborný seminár s medzinárodnou účasťou pri príležitosti 60. výročia založenia Katedry geodézie SvF STU v Bratislave. Bratislava, SR, 14.6.2011. ISBN 978-80-227-3501-8. - nestr.
- [9] JEŽKO, J.: Testovanie a kalibrácia geodetických prístrojov a pomôcok - prostriedok k zvyšovaniu kvality geodetických prác v stavebníctve. In: CzechSTAV 2010: Stavební systémy a technologie. Mezinárodní vědecká konference. Hradec Králové, CR, 25.-29.10.2010. ISBN 978-80-86703-38-1.S. 57-67.
- [10] JEŽKO, J. - MOKROŠ, J.: Kalibrácia a testovanie geodetických prístrojov a pomôcok. In: Metrológia a skúšobníctvo. ISSN 1335-2768. Roč. 15, č. 4 (2010), s. 42-48.
- [11] JEŽKO, J. : Overovanie geodetických prístrojov a pomôcok na kalibračných zariadeniach v podmienkach SR. In: Slovenský geodet a kartograf. - ISSN 1335-4019. Roč. 15, č. 2 (2010), s. 8-12.
- [12] JEŽKO, J. : Optické prevažovacie prístroje - testovanie a kontrola podľa STN ISO 17123-7. In: Geodézia, kartografia a geografické informačné systémy 2012 : VII. vedecko-odborná medzinárodná konferencia, Tatranská Lomnica, SR, 24.-25.10.2012. Košice : Technická univerzita v Košiciach, 2012. ISBN 978-80-553-1173-9. 13 str.
- [13] BUJŇÁK, L. : Testovanie geodetických prístrojov podľa STN ISO 17 123. Diplomová práca. Katedra geodézie SvF STU Bratislava. Vedúci práce: Ing. Ján Ježko, PhD. Bratislava, 2012, 55s.
- [14] BITTNEROVÁ, T.: Využitie laserinterferometrie pri kalibračných a testovacích meraniach. Diplomová práca. Katedra geodézie, SvF STU Bratislava. Vedúci práce: Ing. Ján Ježko, PhD. Bratislava, 2013. 43 s.

Príspevok bol vytvorený realizáciou grantového projektu agentúry KEGA MŠ SR č. 037STU-4/2016 „Modernizácia a rozvoj technologických zručností vo výučbe geodézie a fotogrametrie.“