

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0164**

Inovatívne technológie v oblasti kalibrácií a overovania meracích zariadení.

Zodpovedný riešiteľ **prof., Ing. Ľuboš Kučera, PhD.**

Príjemca **Slovenská legálna metrologia, n.o.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Slovenská legálna metrologia n.o. Banská Bystrica

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- Spôsob metrologickej kontroly vážiacych zariadení a zariadenie na vykonávanie tohto spôsobu. PUV 123- 2016, Prihláška zverejnená 04.12.2017
- Zariadenie pre kalibráciu nápravových a závesných váh. Prihláška PUV 282- 2017, podané dňa 21.12.2017, zverejnená 08.01.2019

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. - Marek Bisták, Štefan Medvecký, Slavomír Hrček: Theabove- ground weighbridge. KonferenciaTRANSCOM 2017.
2. - PALENČÁR, Rudolf - SOPKULIAK, Peter - PALENČÁR, Jakub - ĎURIŠ, Stanislav - SUROVIAK, Emil - HALAJ, Martin. Application of Monte Carlo Method for evaluation of uncertainty of ITS- 90 by Standard Platinum Resistance Thermometer. In Measurement Science Review [elektronický zdroj]. Vol.17, no.3(2017), s.108- 116. ISSN1335- 8871. V databáze: SCOPUS
3. - WIMMER, Gejza - ĎURIŠ, Stanislav - PALENČÁR, Rudolf - WITKOVSKÝ, Viktor. EIV calibration model of thermocouples. In Advanced Mathematical and Computational Tools in Metrology and Testing XI: book abstracts of the international conference AMCTM. Glasgow, Scotland, 29.- 31.8.2017. 1.vyd. Glasgow: University of Strathclyde, 2017S.
4. - WITKOVSKÝ, Viktor - WIMMER, Gejza - ĎURIŠOVÁ, Zuzana - ĎURIŠ, Stanislav - PALENČÁR, Rudolf. Brief overview of methods for measurement uncertainty analysis: GUM uncertainty Framework, Monte Carlo Method, characteristic function approach. In Measurement 2017: 11th International conference on measurement. Smolenice, Slovakia, May 29- 31, 2017. Bratislava: Slovak academy of sciences, 2017, S. 35- 38. ISBN 978- 80- 972629- 0- 7. V databáze: IEEE; SCOPUS.
5. - RYBÁŘ, Jan - VAŠEK, Pavol - MELICHER, Markus - ŠIŠMIŠOVÁ, Dana - ĎURIŠ, Stanislav. Use optical sensors for inspections and measurement in Industrial practice. In Transfer 2017 [elektronický zdroj]: proceedings of reviewed papers of the 18th international scientific conference. Trenčianske Teplice, 23.- 24.11.2017. 1. vyd. Trenčín: Alexander Dubček

University of Trencin, 2017, S.[9], CD ROM. ISBN 978- 80- 8075- 787- 8. 6. - JAVORSKÁ, Alexandra - RYBÁŘ, Jan - ĎURIŠOVÁ, Zuzana - ĎURIŠ, Stanislav - KLVAČOVÁ, Simona. Zlepšovanie meracích procesov v laboratóriu vlhkosti pomocou metódy 5S a filozofie Kaizen. In Transfer 2017 [elektronický zdroj] : proceedings of reviewed papers of the 18th international scientific conference. Trenčianske Teplice, 23.- 24.11. 2017. 1. vyd. Trenčín: Alexander Dubcek University of Trencin, 2017, S. [8]s.,CD ROM. ISBN 978- 80- 8075- 787- 8. 7. - JAVORSKÁ, Alexandra - ĎURIŠ, Stanislav - ĎURIŠOVÁ, Zuzana - KLVAČOVÁ, Simona - RYBÁŘ, Jan. Vyhodnotenie neistôt merania vlhkosti. In ARTEP 2017. Automatizácia a riadenie v teórii a praxi [elektronický zdroj]: 11. ročník konferencie odborníkov z univerzít, vysokých škôl a praxe. Stará Lesná, SR, 15.- 17.2. 2017. 1. vyd. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2017, S. 37- 1 - 37- 11,USB kľúč. ISBN 978- 80- 553- 3075- 4. 8. - PAVLÁSEK, Peter - ĎURIŠ, Stanislav - PALENČÁR, Rudolf - ŠOOŠ, Ľubomír. Development inconstructing Au/Pt thermoelectric sensors. In 2018 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS 2018) Proceedings : Seoul, Korea, 12.-14. 3. 2018. 1. vyd. Piscataway : IEEE, 2018, S.35-39. ISBN 978-1-5386-2092-2.

9. - ĎURIŠ, S. - ĎURIŠOVÁ, Z. - WIMMER, G. - ADAM, P.: Overview of steps checking traceability of measurement during the process of breath analysers verification using certified reference material. In: XXII World Congress of the International Measurement Confederation (IMEKO). Book of Abstracts (Electronic version). Institute of Measurement and Control, Waterfront Centre, Belfast, UK, September 3-6, 2018, IMEKO18-PO-110. International Measurement Confederation (IMEKO).

10. - ĎURIŠ, S. - ĎURIŠOVÁ, Z. - WIMMER, G. - ADAM, P.: Overview of steps checking traceability of measurement during the process of breath analysers verification using certified reference material. Journal of Physics: Conference Series 1065, 2018, 08009. doi:10.1088/1742-6596/1065/8/08009.

11. - PALENČÁR, J. - PALENČÁR, R. - ĎURIŠ, S. - PAVLÁSEK, P.: Correction of the capability index computation based on the uncertainty of the check standard in measurement process. In: XXII World Congress of the International Measurement Confederation (IMEKO). Book of Abstracts (Electronic version). Institute of Measurement and Control, Waterfront Centre, Belfast, UK, September 3-6, 2018, IMEKO18-PO-100. International Measurement Confederation (IMEKO).

12. - PALENČÁR, J. - PALENČÁR, R. - ĎURIŠ, S. - PAVLÁSEK, P.: Correction of the capability index computation based on the uncertainty of the check standard in measurement process. Journal of Physics: Conference Series 1065, 2018, 072012. doi:10.1088/1742-6596/1065/7/072012.

V tlači - "Springer" - 59 International Conference of Machine Design Departments ICMD 2018:

- TOMÁŠ GAJDOŠÍK, IGOR GAJDÁČ, ĽUBOŠ KUČERA, JAROMÍR MARKOVIČ : Development of a new measuring system for verifying the float level gauge, Conference ICMD, 2018, Slovakia.
- ĽUBOŠ KUČERA, JAN VACHÁLEK, MARKUS MELICHER, PAVOL VAŠEK, JURAJ SLOVÁK: The digital twin of a measuring process within the industry 4.0 concept. Conference ICMD, 2018, Slovakia.
- ĽUBOŠ KUČERA, JAKUB PALENČÁR, RUDOLF PALENČÁR, STANISLAV ĎURIŠ, JÁN VACHÁLEK, JAN RYBÁŘ: Monitoring of the Measurement Process Capability by Using Capability Indices. Conference ICMD, 2018, Slovakia.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu sú uplatnené najmä v organizácii žiadateľa pri metrologických výkonoch zameraných na overovanie nápravových váh, závesných váh, overovanie plavákových, radarových a magnetostrikčných hladinomerov, overovanie pretečeného objemu kvapaliny s voľnou hladinou. V organizácii žiadateľa je tiež využívaný SW, ktorý vznikol počas riešenia projektu a je zameraný na spracovanie výsledkov meraní hmotnosti a síl. Výstupy projektu sú využiteľné aj v rámci výučbového procesu spoluriešiteľských organizácií v predmetoch zameraných na experimentálne merania a spracovanie nameraných údajov.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

V rámci špecifického cieľa 1 boli realizované v laboratóriách SLM v Bratislave dva meracie systémy. Počas riešenia projektu boli postupne urobené: Návrh meracieho zariadenia. Výroba meracích zariadení. Vývoj SW aplikácie pre merania. Vývoj riadiaceho systému. Vytvorené metodiky meraní a pracovné postupy. Testovanie meracích zariadení a ich častí. Odstránenie nedostatkov zistených zo skúšobnej prevádzky. Uvedenie zariadení do metrologických výkonov.

Celkovým výsledkom sú dva meracie systémy, ktoré v roku 2018 boli uvedené do prevádzky a v r. 2018 boli na nich vykonané metrologické výkony v počte 40 ks magnetostrikčných a radarových hladinomerov.

Počas riešenia projektu špecifický cieľ 2, na pracovisku v Bratislave vzniklo nové zariadenie pre overovanie nápravových a závesných váh s váživosťou do 10 ton. Počas riešenia projektu boli postupne urobené: 3D model zariadenia s pohonom pomocou centrálného elektromotora a piatich prevodoviek. Bolo skompletizované zariadenie pre overovanie váh. Boli urobené testy zariadenia a jeho častí. V r. 2018 boli analyzované nedostatky zariadenia a postupne boli odstránené. Jednalo sa najmä o zmenu geometrie nakladacích otvorov pre čapy košov so závažiami a zvýšenie tuhosti posuvného stola, na ktorý sa umiestňuje overovaná váha. Bol vyvinutý riadiaci systém pohonu zariadenia pre možnosť overovania váh v automatizovanom režime. Bola vypracovaná metodika merania závesných aj nápravových váh. Pre samotné metrologické výkony boli vypracované pracovné postupy pre proces overenia. Zariadenie bolo v r. 2018 uvedené do metrologickej prevádzky bez zjavných nedostatkov.

Počas riešenia projektu špecifický cieľ 3 boli postupne urobené: Analýza kritických miest meracieho systému ZOH 1. Prebehlo štúdium problematiky merania dĺžky, vyšpecifikovali sa limitujúce požiadavky, vykonal sa prieskum možných existujúcich riešení, prebehli konzultácie s dodávateľmi meracích systémov. Boli zakúpené komponenty od firmy Renishaw – merací systém VIONIC s bezkontaktným snímaním polohy meracieho krúžku, ktorý meria posunutie lanka hladinomera s presnosťou snímania polohy na 0,025 mm. Bol vytvorený 3D model meracieho systému. Bola vyhotovená kompletná dokumentácia pre výrobu. Boli zakúpené a vyrobené komponenty meracieho systému. Laboratórnymi skúškami bola overená presnosť merania. Uskutočnila sa kompletizácia zariadenia. V súčasnosti sa vykonávajú funkčné skúšky a príprava zariadenia pre možnú automatizáciu procesu overenia plavákových hladinomerov. Počas riešenia projektu špecifický cieľ 4 boli postupne urobené: Dokumentácia pre výrobu komponentov meracieho systému pre meranie pretečeného množstva kvapaliny s voľnou hladinou. Výroba meracieho systému. Skúšky meracieho systému v reálnych podmienkach. Vyhodnotenie vlastností meracieho systému a stanovenie kritérií pre jeho použitie. Návrh štruktúry elektronického čítača pre hydrometrické vrtuľky. Vývoj SW aplikácie pre čítač. Tvorba 3D modelu čítača. Výroba dielov čítača 3D tlačou, kompletizácia. Testovanie čítača v laboratórnych podmienkach. Uvedenie čítača do prevádzky na pracovisku SLM v Košiciach. V rámci špecifického cieľa 5. bol do prevádzky uvedený SW OVAH. V rámci špecifického cieľa 6 boli doplnené laboratória o meracie systémy pre klaibráciu teplomerov s využitím princípu merania trojného bodu vody.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

Within the specific objective 1 two measuring systems were implemented in the SLM laboratories in Bratislava. During the project solution, the following steps were taken: Design of measuring equipment, Production of measuring devices, Development of SW application for measurement, Development of control system, Generated measurement methodology and working procedures, Testing of measuring devices and their parts, Removal of deficiencies detected from test operation, performances

The overall result is two measuring systems that were put into operation in 2018, 2018 metrological performances were carried out in the amount of 40 pcs of magnetostrictive and radar level indicators.

During project solution specific objective 2, a new facility for verification of axle and suspension scales with a capacity of up to 10 tons was created at the workplace in Bratislava. During the project solution, the 3D model of the device was driven by a central electric motor and five gearboxes. Weighing device has been completed. Tests of the device and its parts have been done. In r. 2018, device deficiencies were analyzed and were gradually removed. In particular, it was a change in the geometry of the loading holes for the

stacks of weights with the weights and the increase in the stiffness of the sliding table on which the verified weight is placed. An automated drive control system has been developed to enable the weighing of weights in automated mode. A methodology for measuring suspension and axle weights has been developed. Workflows for the verification process have been developed for the metrological performance itself. The device was in r. 2018 listed in metrology without apparent drawbacks.

During the project solution, the specific objective 3 was progressively made: Analysis of the critical points of the ZOH measuring system 1. The study of the length measurement, the limiting requirements were specified, the research of possible existing solutions was carried out, the consultants were consulted with the suppliers of the measuring systems. Renishaw components have been purchased - a VIONIC measuring system with contact-free positioning of the measuring ring that measures the displacement of the level sensor cable with a position sensing accuracy of 0.025 mm. A 3D model of the measuring system was created. Complete documentation for production was produced. Measuring system components have been purchased and manufactured. Laboratory testing has verified accuracy of measurement. Assembly of the equipment was carried out. Functional tests and equipment preparation are currently being carried out for possible automation of the process for verifying float leveling agents.

During the project solution, the specific objective 4 was progressively made: Documentation for the production of components of the measuring system for measuring the flow of free-flowing liquid. Production of the measuring system. Testing the measuring system in real conditions. Evaluation of properties of the measuring system and determination of criteria for its use. Design of an electronic counter for hydrometric propellers. Development of application software for the counter. Making a 3D Model of a Counter. Production of counter parts by 3D printing, assembly. Testing the counter in laboratory conditions. Launch of the counter at the SLM workplace in Košice.

Within the specific objective 5, SW OVAH was put into operation.

Within the specific objective 6, laboratories were added to the measuring systems for the calibration of the thermometers using a triple point water measurement kit.