

4/2017
ROČNÍK 26

METROLOGIE

VĚDECKÁ
LEGÁLNÍ
PRAKTICKÁ



VĚDA A VÝZKUM**Ing. Michal Voldán**

Vliv lesního porostu na přesnost měření teploty při meteorologických aplikacích1

Ing. Hora Václav

Vliv dominantní nejistoty na velikost hodnoty koeficientu rozšíření8

ZKUŠEBNICTVÍ**Ing. Vladimír Třebický, CSc.**

Vlastnosti motorových paliv a jak je měříme10

Ing. Vojtěch Harok, Pavel Pouche, Ing. Jiří Brož, Ph.D.

Okrajové podmínky a použití referenčních vzorků při zkoušení tepelného výkonu otopných těles16

Ing. Jan Tripes

Zkušební zařízení pro měření tepelného odporu MPT-01.....21

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., Ing. Petr Zedník**doc. Ing. Zdeněk Hřebíček, CSc.,****Ing. Jindřich Frič, Ph.D.**

Lehká dynamická deska jako nástroj pro určení modulu přetvárnosti zemní pláň vozovek pozemních komunikací22

LEGÁLNÍ METROLOGIE**Ing. Zbyněk Veselák**

Zóny tíhového zrychlení pro NAWI.....28

METROLOGIE V PRAXI**Michal Jarůšek**

Metrologické zabezpečení stanic technických kontrol31

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

Dokumentace k zadávání kalibrace.....33

INFORMACE**Ing. František Hnízdil**

Krátké ohlédnutí za veletrhem TOOLEX 2017.....36

Nabídka akcí ČMS na I. pololetí roku 2018

SCIENCE AND RESEARCH**Ing. Michal Voldán**

The Influence of Forest Stands on Temperature Measurement Accuracy in Meteorological Applications1

Ing. Hora Václav

The Influence of Dominant Uncertainty on the Coverage Factor Value8

TESTING**Ing. Vladimír Třebický, CSc.**

Engine Fuel Properties and How to Measure Them10

Ing. Vojtěch Harok, Pavel Pouche, Ing. Jiří Brož, Ph.D.

Marginal Conditions and the Use of Reference Samples for Testing the Heat Output of Radiators.....16

Ing. Jan Tripes

MPT-01 Testing Equipment for Measuring Thermal Resistance21

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., Ing. Petr Zedník**doc. Ing. Zdeněk Hřebíček, CSc.,****Ing. Jindřich Frič, Ph.D.**

Light Falling Weight Deflectometer as a tool for subgrade deformation modulus evaluation22

LEGAL METROLOGY**Ing. Zbyněk Veselák**

NAWI Earth's Gravity Zones.....28

METROLOGY IN PRACTICE**Michal Jarůšek**

The Metrological Equipment of Technical Inspection Stations31

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

The Documentation for Ordering Calibration33

INFORMATION**Ing. František Hnízdil**

TOOLEX 2017 - a Brief Look Back at the Trade Fair ...36

Events Offered by ČMS for 1st Half of 2018

VLIV LESNÍHO POROSTU NA PŘESNOST MĚŘENÍ TEPLoty PŘI METEOROLOGICKÝCH APLIKACÍCH

Ing. Michal Voldán

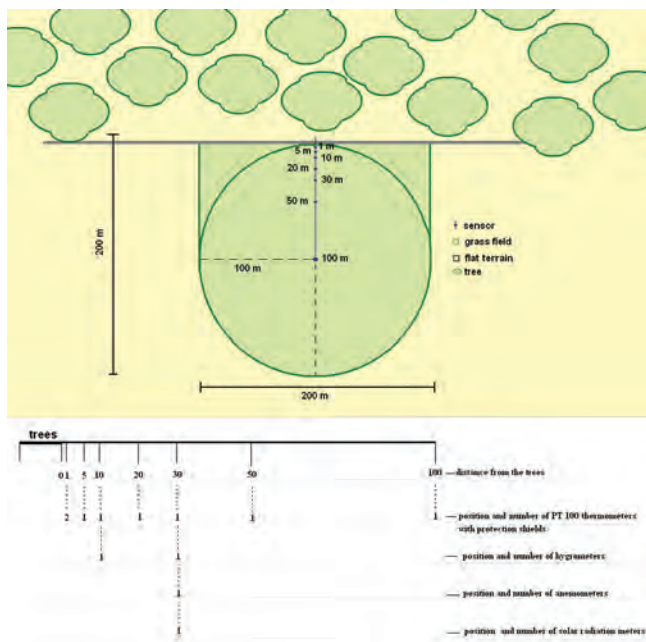
Český metrologický institut

1. Úvod

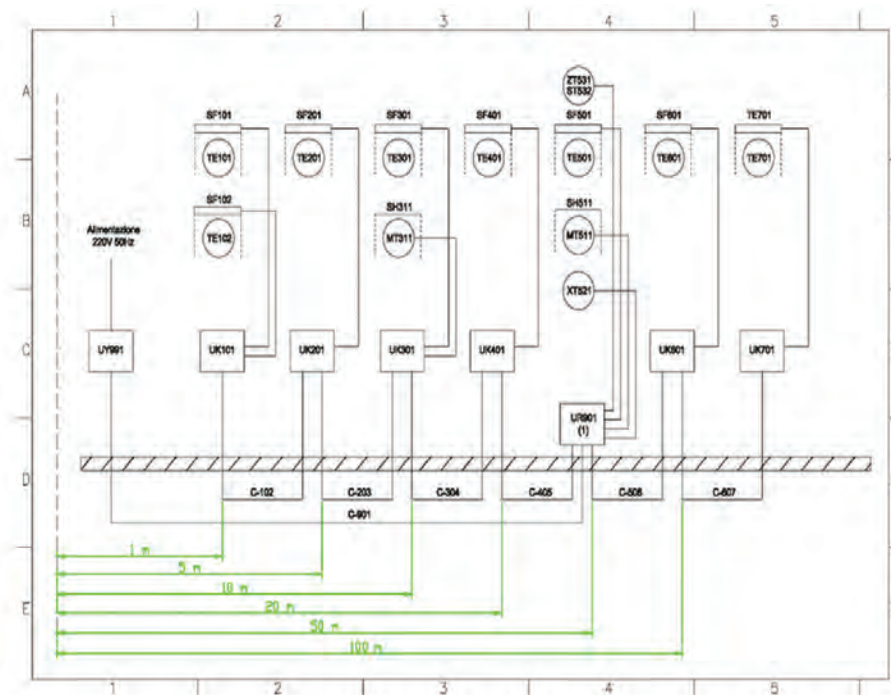
Na následujících řádcích je popsán experiment zkoumající vliv blízkého lesního porostu na přesnost měření teploty automatizovaných meteorologických stanic (tzv. AWS – automatic weather station).

2. Podmínky experimentu a stavba systému

Cílem bylo vyhodnotit vliv polohy AWS na výsledky měření teploty danou stanicí. Obrázek níže znázorňuje konfiguraci systému, umožňující sledovat rozdíly mezi senzory umístěnými podle doporučení WMO Guide No 8 (pro měřicí stanoviště třídy 1) a senzory, které tato doporučení nerespektují. Senzory jsou rozmístěny s postupně rostoucí vzdáleností od lesního porostu, takže výsledná data umožňují analyzovat vliv vzdálenosti mezi lesem a AWS na měření teploty. Doplňující měření vlhkosti, ozáření a rychlosti a směru proudění vzduchu sloužila k vyhnutí se nesprávné reprezentaci výsledků experimentu v případě závislosti mezi těmito klimatickými proměnnými a teplotou.



Obr. 1: Diagram rozložení stanic napříč vegetací, dole: rozpis senzorů nesených jednotlivými stanicemi.



Obr. 2: Diagram vybavení. Zeleně vzdálenosti od lesa

Obrázek 2 znázorňuje rozdělení senzorů v systému o sedmi AWS, kde:

- Txxxx... teploměry
- SFxxx... radiční štít
- MTxxx... vlhkoměr
- SHxxx... radiční štít
- UKxxx... A/D převodník
- XTxxx... radiometr
- ZTxxx... anemometr
- STxxx... senzor směru proudění vzduchu
- Cxxx... kabeláž
- UYxxx... napájení

Z obrázku výše je patrné, že nezbytná šířka lesního porostu je 200 m a minimální požadovaná hloubka lesa pro uskutečnění experimentu je 50 m. Základem každé stanice je 3 m dlouhá tyč z nerezavějící oceli, přičemž 1 m je zakopán pod zem k zajištění mechanické stability. Senzory jsou ke každé tyči připevněny podle schématu uvedeného výše.

Tyč č. 7 je referenční a svým umístěním splňuje požadavky pro třídu 1. Ostatní tyče jsou rozmístěny v kratší vzdálenosti od lesa tak, aby bylo možné měřit vliv jeho přítomnosti. Stanice č. 5 je vybavena dataloggerem a Wi-Fi anténou pro umožnění vzdáleného přístupu k systému a sběru dat bez nutnosti fyzické manipulace s vybavením na poli. Z této stanice je zároveň celý systém napájen.

Jako vhodné místo, splňující všechna přísná kritéria pro výběr lokality bylo zvoleno pole, nacházející se na východě České republiky.



Obr. 3: Lokalita experimentu



Obr. 4: Náčrt systému na poli



Obr. 5: Pole před zahájením výstavby systému

Pro úspěšné měření bylo nutné odstranit všechny překážky, jako např. stromy rostoucí uprostřed pole, náhodně rozprostřené kameny apod.



Obr. 6: Stavba systému



Obr. 7: Stavba systému. Veškerá kabeláž byla umístěna pod zem.

System byl napájen síťovým napětím 230 V, 50 Hz s využitím 250 m dlouhého kabelu připojeného k domu majitele pole. Experiment je součástí mezinárodního meteorologického projektu MeteoMet2 (úkol 3.2), a tak byly odstartovány celkem 3 velmi podobné experimenty v České republice, Itálii (vliv silnice) a Španělsku (vliv domu). Pro sjednocení dat z těchto systémů byly všechny nastaveny k používání tzv. UTC (Universal Time Coordinated) (bez časového posuvu). Měření v ČR odstartovalo 3. 12. 2015 a trvalo téměř 15 měsíců.



Obr. 8: Pole čerstvě po konstrukci a startu měření



Obr. 9: Stanice č. 5

Data ze všech senzorů byla sbírána každých 10 s. Přestože stabilní spojení se stanicí č. 5 nebylo pro hladký průběh měření nezbytné (díky vnitřní paměti o velikosti 1.5 GB, což představuje dostatek prostoru pro celé nepřerušované měření), bezdrátové spojení umožnilo vzdáleně ovládat celý systém z Prahy (300 km daleko) a pohodlně pracovat s daty.

Systém byl navíc vybaven IP kamerou k pozorování stanic a okolí.



Obr. 10: IP kamera pro vzdálené pozorování pole



Obr. 11: Informační tabule umístěná na obou stranách pole

Na obou stranách pole byla umístěna cedule s informacemi o probíhajícímu experimentu, určená pro náhodně kolemjdoucí.



Obr. 12: Měření probíhalo po všechna roční období

3. Výsledky měření

Tabulka 1: Maximální a minimální hodnoty naměřených stabilních dat teploty; měsíc 0 znamená prosinec 2015, měsíc 1 až 12 reprezentuje rok 2016 a měsíce 13 až 15 jsou leden 2017 až březen 2017; 1.1, 1.2 jsou teploměry stanice č. 1

| Měsíc | | Číslo stanice | | | | | | | |
|-------|-----|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1.1 | 1.2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | Teplota, °C | | | | | | | |
| | | TE3101 | TE3401 | TE3201 | TE3301 | TE3601 | TE3501 | TE3102 | TE3701 |
| 0 | Min | -9.16 | -9.13 | -9.24 | - | -9.50 | -9.25 | -9.12 | -9.99 |
| 1 | Min | -18.80 | -18.90 | -18.84 | -19.20 | -18.92 | -18.97 | -19.15 | -19.19 |
| 2 | Min | -6.71 | -6.49 | -6.33 | -6.52 | -6.78 | -6.37 | -6.44 | -6.66 |
| 3 | Min | -4.57 | -4.37 | -4.75 | -4.30 | -4.66 | -4.63 | -5.17 | -4.85 |
| 4 | Min | -2.55 | -2.56 | -2.58 | -2.56 | -2.95 | -3.12 | -3.38 | -3.52 |
| 5 | Min | -0.28 | -0.21 | -0.56 | -0.54 | -0.52 | -0.45 | -0.39 | -0.39 |
| 6 | Min | 4.78 | 4.91 | 4.60 | 4.55 | 4.52 | 4.37 | 4.21 | 4.22 |
| 7 | Min | 7.01 | 7.03 | 6.98 | 7.03 | 6.77 | 7.10 | 6.97 | 7.01 |
| 8 | Min | 5.27 | 5.39 | 5.27 | 5.30 | 5.50 | 5.37 | 4.74 | 4.85 |
| 9 | Min | 13.01 | 13.06 | 13.05 | 13.05 | 12.97 | 13.05 | 13.10 | 13.12 |
| 10 | Min | 4.76 | 4.73 | 4.67 | 4.73 | 4.56 | 4.70 | 4.61 | 4.72 |
| 11 | Min | -2.07 | -2.05 | -2.12 | -2.13 | -2.18 | -2.08 | -2.13 | -2.12 |
| 12 | Min | -5.05 | -5.04 | -5.26 | -5.14 | -5.35 | -4.89 | -5.24 | -5.10 |
| 13 | Min | -13.23 | -13.19 | -13.31 | -13.30 | -13.35 | -13.25 | -13.35 | -13.23 |

| Měsíc | | Číslo stanice | | | | | | | |
|-------|-----|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1.1 | 1.2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | Teplota, °C | | | | | | | |
| | | TE3101 | TE3401 | TE3201 | TE3301 | TE3601 | TE3501 | TE3102 | TE3701 |
| 14 | Min | -2.75 | -2.79 | -2.76 | -2.82 | -3.00 | -2.82 | -2.80 | -2.83 |
| 15 | Min | 3.56 | 3.50 | 3.42 | 3.45 | 3.31 | 3.45 | 3.45 | 3.39 |
| 0 | Max | 16.47 | 16.40 | 15.29 | 13.50 | 14.80 | 14.98 | 16.03 | 14.59 |
| 1 | Max | 13.96 | 13.70 | 12.75 | 13.05 | 12.70 | 12.70 | 13.13 | 12.30 |
| 2 | Max | 16.78 | 16.73 | 16.23 | 16.47 | 15.34 | 15.64 | 15.16 | 14.95 |
| 3 | Max | 21.05 | 21.33 | 21.41 | 20.89 | 20.56 | 20.24 | 20.35 | 19.10 |
| 4 | Max | 26.12 | 26.10 | 25.54 | 25.27 | 25.27 | 25.07 | 25.08 | 25.29 |
| 5 | Max | 26.48 | 26.04 | 25.94 | 26.04 | 25.97 | 26.01 | 26.17 | 26.08 |
| 6 | Max | 32.79 | 32.88 | 32.93 | 32.90 | 32.81 | 32.87 | 32.83 | 33.18 |
| 7 | Max | 30.55 | 30.40 | 30.48 | 30.42 | 30.54 | 30.60 | 30.53 | 30.73 |
| 8 | Max | 27.92 | 28.13 | 27.58 | 27.53 | 27.52 | 27.66 | 27.73 | 27.54 |
| 9 | Max | 26.01 | 25.81 | 26.12 | 25.99 | 25.41 | 25.46 | 24.75 | 25.01 |
| 10 | Max | 22.77 | 22.90 | 22.50 | 22.33 | 22.50 | 22.71 | 22.46 | 22.26 |
| 11 | Max | 11.14 | 11.19 | 11.00 | 10.95 | 10.81 | 10.98 | 11.14 | 11.09 |
| 12 | Max | 1.18 | 1.27 | 1.02 | 1.04 | 1.44 | 1.27 | 1.53 | 1.38 |
| 13 | Max | -0.51 | -0.51 | -0.51 | -0.52 | -0.65 | -0.49 | -0.55 | -0.48 |
| 14 | Max | 7.42 | 7.26 | 7.13 | 7.03 | 7.16 | 7.44 | 7.08 | 7.04 |
| 15 | Max | 11.73 | 11.65 | 11.46 | 11.54 | 11.65 | 11.51 | 11.46 | 11.72 |

Tabulka 2: Maximální a minimální hodnoty naměřených stabilních dat vlhkosti, ozáření a rychlosti proudění vzduchu; měsíc 0 znamená prosinec 2015, měsíc 1 až 12 reprezentuje rok 2016 a měsíce 13 až 15 jsou leden 2017 až březen 2017

| Měsíc | | Relativní vlhkost, % | | | | Ozáření W/m ² | Rychlost větru m/s |
|-------|-----|----------------------|------|--------|-----|-----------------------------|-----------------------|
| | | MT3302 | | MT3502 | | | |
| | | | | | | | |
| 0 | Min | 0.0 | 16.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 1 | Min | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 2 | Min | 0.0 | 41.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 3 | Min | 24.0 | 25.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 4 | Min | 15.0 | 15.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 5 | Min | 25.0 | 24.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 6 | Min | 28.0 | 27.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 7 | Min | 31.0 | 32.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 8 | Min | 32.0 | 33.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 9 | Min | 29.0 | 29.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 10 | Min | 43.0 | 42.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 11 | Min | 26.0 | 28.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 12 | Min | 46.0 | 45.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 13 | Min | 43.0 | 37.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 14 | Min | 41.0 | 35.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |

| Měsíc | | Relativní vlhkost, % | | Ozáření W/m ² | Rychlost větru m/s |
|-------|-----|----------------------|--------|-----------------------------|-----------------------|
| | | MT3302 | MT3502 | | |
| | | | | | |
| 15 | Min | 31.0 | 30.0 | 0.0 | 0.0 |
| 0 | Max | 0.0 | 98.0 | 466.0 | 11.3 |
| 1 | Max | 0.0 | 98.0 | 543.0 | 12.2 |
| 2 | Max | 100.0 | 99.0 | 840.0 | 18.0 |
| 3 | Max | 99.0 | 99.0 | 987.0 | 16.8 |
| 4 | Max | 100.0 | 100.0 | 1202.0 | 10.8 |
| 5 | Max | 100.0 | 100.0 | 1228.0 | 10.5 |
| 6 | Max | 100.0 | 100.0 | 1250.0 | 15.9 |
| 7 | Max | 100.0 | 100.0 | 1324.0 | 11.8 |
| 8 | Max | 100.0 | 100.0 | 1291.0 | 11.3 |
| 9 | Max | 100.0 | 100.0 | 809.0 | 5.9 |
| 10 | Max | 100.0 | 100.0 | 743.0 | 6.2 |
| 11 | Max | 99.0 | 100.0 | 553.0 | 5.5 |
| 12 | Max | 99.0 | 100.0 | 338.0 | 4.9 |
| 13 | Max | 92.0 | 93.0 | 415.0 | 8.3 |
| 14 | Max | 100.0 | 100.0 | 534.0 | 6.7 |
| 15 | Max | 100.0 | 100.0 | 800.0 | 8.1 |

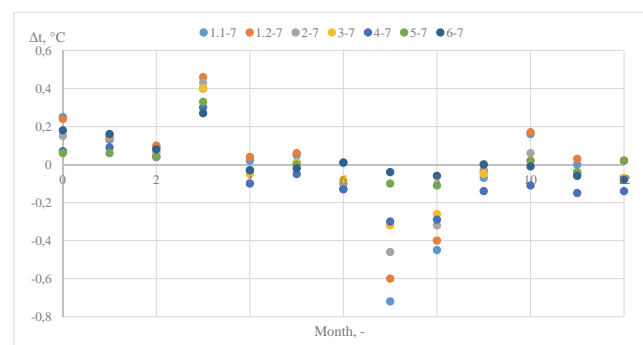
Tabulka 3: Průměrné hodnoty naměřených stabilních dat vlhkosti, ozáření a rychlosti proudění vzduchu; měsíc 0 znamená prosinec 2015, měsíc 1 až 12 reprezentuje rok 2016 a měsíce 13 až 15 jsou leden 2017 až březen 2017

| Měsíc | Relativní vlhkost, % | | Ozáření, W/m ² | Rychlost větru m/s |
|-------|----------------------|--------|------------------------------|-----------------------|
| | MT3302 | MT3502 | | |
| | | | XM3505 | |
| 0 | | 76.9 | 69.0 | 1.0 |
| 1 | | 75.1 | 8.9 | 1.7 |
| 2 | | 78.4 | 30.3 | 2.3 |
| 3 | 85.1 | 84.9 | 30.5 | 1.5 |
| 4 | 74.1 | 73.7 | 136.3 | 1.6 |
| 5 | 49.1 | 48.5 | 413.0 | 1.6 |
| 6 | 81.4 | 81.2 | 155.6 | 1.0 |
| 7 | 68.3 | 67.5 | 456.0 | 1.4 |
| 8 | 72.6 | 71.7 | 302.5 | 1.1 |
| 9 | 76.0 | 77.0 | 228.0 | 1.0 |
| 10 | 75.0 | 76.0 | 242.0 | 1.2 |
| 11 | 84.0 | 85.0 | 84.0 | 0.9 |
| 12 | 75.0 | 74.0 | 118.0 | 1.2 |
| 13 | 76.0 | 76.0 | 97.0 | 1.4 |
| 14 | 77.0 | 75.0 | 172.0 | 1.0 |
| 15 | 70.5 | 71.0 | 181.1 | 1.6 |

Do analýzy průměrných diferencí byla zahrnuta všechna měření, při kterých byla rychlost proudění vzduchu menší než 1 m/s a data byla stabilní. Rozdíly mezi teplotou změřenou referenčním teploměrem, umístěným podle doporučení WMO-N°8 pro třídu 1 a senzory nerespektujícími daná pravidla jsou znázorněny na následujícím grafu. Z doplňujících měření vyplývá, že ostatní sledované klimatické proměnné neměly žádný významný vliv na měření rozdílů teploty mezi jednotlivými stanicemi. Přítomnost proudění vzduchu o rychlosti vyšší než 1 m/s však ovlivňuje stabilitu měření teploty. Celé měření s konfigurací uvedenou výše bylo ukončeno v prosinci 2017. Proto v této kapitole nejsou brány v úvahu hodnoty, které jsou v tabulkách zvýrazněny tučně.

Tabulka 4: Průměrné rozdíly naměřených stabilních dat teploty; měsíc 0 znamená prosinec 2015, měsíc 1 až 12 reprezentuje rok 2016 a měsíce 13 až 15 jsou leden 2017 až březen 2017; 1.1, 1.2 jsou teploměry stanice č. 1

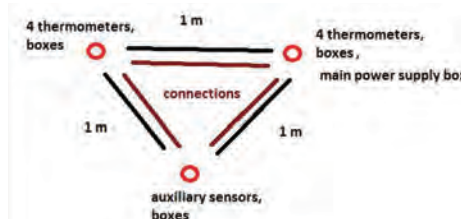
| Měsíc | Průměrné rozdíly mezi stabilními daty | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Číslo stanice | | | | | | | |
| | 1.1-7 | 1.2-7 | 2-7 | 3-7 | 4-7 | 5-7 | 6-7 | 7-7 |
| Teplotní rozdíl, °C | | | | | | | | |
| 0 | 0.25 | 0.24 | 0.15 | | 0.07 | 0.06 | 0.18 | 0 |
| 1 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | | 0.09 | 0.06 | 0.16 | 0 |
| 2 | 0.09 | 0.1 | 0.06 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0 |
| 3 | 0.4 | 0.46 | 0.43 | 0.4 | 0.3 | 0.33 | 0.27 | 0 |
| 4 | 0.02 | 0.04 | -0.03 | -0.05 | -0.1 | -0.03 | -0.03 | 0 |
| 5 | 0.05 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | -0.05 | 0 | -0.02 | 0 |
| 6 | -0.13 | -0.1 | -0.1 | -0.08 | -0.13 | 0.01 | 0.01 | 0 |
| 7 | -0.72 | -0.6 | -0.46 | -0.32 | -0.3 | -0.1 | -0.04 | 0 |
| 8 | -0.45 | -0.4 | -0.32 | -0.26 | -0.29 | -0.11 | -0.06 | 0 |
| 9 | -0.07 | -0.03 | -0.04 | -0.05 | -0.14 | 0.00 | 0.00 | 0 |
| 10 | 0.16 | 0.17 | 0.06 | 0.02 | -0.11 | 0.02 | -0.01 | 0 |
| 11 | 0.00 | 0.03 | -0.04 | -0.05 | -0.15 | -0.04 | -0.06 | 0 |
| 12 | 0.02 | 0.02 | -0.08 | -0.07 | -0.14 | 0.02 | -0.08 | 0 |
| 13 | 0.03 | 0.10 | -0.02 | -0.04 | -0.06 | 0.00 | -0.05 | 0 |
| 14 | 0.09 | 0.16 | -0.04 | -0.01 | -0.06 | 0.06 | -0.02 | 0 |
| 15 | 0.01 | 0.06 | -0.04 | -0.02 | -0.10 | -0.02 | -0.05 | 0 |



Obr. 13: Průměrné rozdíly naměřených stabilních dat teploty, reference je týč č. 7; měsíc 0 je prosinec 2015, měsíce 1 až 12 reprezentují rok 2016.

3.1 Porovnání výsledků měření v malé měřicí oblasti

Pro zjištění rozdílu v naměřených hodnotách teploty mezi jednotlivými stanicemi bylo na závěr experimentu veškeré vybavení shromážděno do relativně malé měřicí oblasti. Konfigurace znázorněná na následujícím obrázku umožňuje jednoduché porovnání senzorů. Vzájemné vzdálenosti by měly být dostatečně malé, aby případný rozdíl způsobený rozdílnou polohou byl menší, než nejistota měření.



Obr. 14: Předběžný náčrt závěrečné konfigurace experimentu



Obr. 15: Fotografie závěrečného experimentu. Praktická konfigurace byla oproti náčrtu zjednodušena

Tabulka 5: Maximální a minimální hodnoty naměřených stabilních dat teploty; měsíce 13 až 15 jsou leden 2017 až březen 2017; 1.1, 1.2 jsou teploměry stanice č. 1

| Měsíc | | Číslo stanice | | | | | | | |
|-------|-----|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1.1 | 1.2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | Teplota, °C | | | | | | | |
| | | TE3101 | TE3401 | TE3201 | TE3301 | TE3601 | TE3501 | TE3102 | TE3701 |
| 13 | Min | -13.23 | -13.19 | -13.31 | -13.30 | -13.35 | -13.25 | -13.35 | -13.23 |
| 14 | Min | -2.75 | -2.79 | -2.76 | -2.82 | -3.00 | -2.82 | -2.80 | -2.83 |
| 15 | Min | 3.56 | 3.50 | 3.42 | 3.45 | 3.31 | 3.45 | 3.45 | 3.39 |
| 13 | Max | -0.51 | -0.51 | -0.51 | -0.52 | -0.65 | -0.49 | -0.55 | -0.48 |
| 14 | Max | 7.42 | 7.26 | 7.13 | 7.03 | 7.16 | 7.44 | 7.08 | 7.04 |
| 15 | Max | 11.73 | 11.65 | 11.46 | 11.54 | 11.65 | 11.51 | 11.46 | 11.72 |

Tabulka 6: Maximální a minimální hodnoty naměřených stabilních dat vlhkosti, ozáření a rychlosti proudění vzduchu; měsíce 13 až 15 jsou leden 2017 až březen 2017

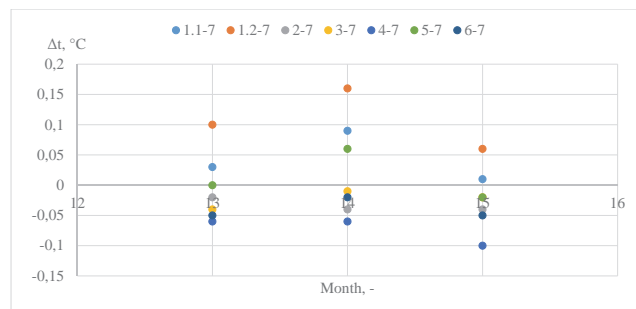
| Měsíc | | Relativní vlhkost, % | | Ozářenost | Rychlost větru |
|-------|-----|----------------------|--------|------------------|----------------|
| | | | | W/m ² | m/s |
| | | MT3302 | MT3502 | | |
| 13 | Min | 43.0 | 37.0 | 0.0 | 0.0 |
| 14 | Min | 41.0 | 35.0 | 0.0 | 0.0 |
| 15 | Min | 31.0 | 30.0 | 0.0 | 0.0 |
| 13 | Max | 92.0 | 93.0 | 415.0 | 8.3 |
| 14 | Max | 100.0 | 100.0 | 534.0 | 6.7 |
| 15 | Max | 100.0 | 100.0 | 800.0 | 8.1 |

Tabulka 7: Průměrné hodnoty naměřených stabilních dat vlhkosti, ozáření a rychlosti proudění vzduchu; měsíce 13 až 15 jsou leden 2017 až březen 2017

| Měsíc | Relativní vlhkost, % | | Ozářenost, W/m ² | Rychlost větru |
|-------|----------------------|--------|-----------------------------|----------------|
| | MT3302 | MT3502 | XM3505 | m/s |
| 13 | 76.0 | 76.0 | 97.0 | 1.4 |
| 14 | 77.0 | 75.0 | 172.0 | 1.0 |
| 15 | 70.5 | 71.0 | 181.1 | 1.6 |

Tabulka 8: Průměrné rozdíly naměřených stabilních dat teploty; měsíce 13 až 15 jsou leden 2017 až březen 2017; 1.1, 1.2 jsou teploměry stanice č. 1

| Měsíc | Průměrné rozdíly mezi stabilními daty | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | Číslo stanice | | | | | | | |
| | 1.1-7 | 1.2-7 | 2-7 | 3-7 | 4-7 | 5-7 | 6-7 | 7-7 |
| Teplotní rozdíl, °C | | | | | | | | |
| 13 | 0.03 | 0.10 | -0.02 | -0.04 | -0.06 | 0.00 | -0.05 | 0 |
| 14 | 0.09 | 0.16 | -0.04 | -0.01 | -0.06 | 0.06 | -0.02 | 0 |
| 15 | 0.01 | 0.06 | -0.04 | -0.02 | -0.10 | -0.02 | -0.05 | 0 |



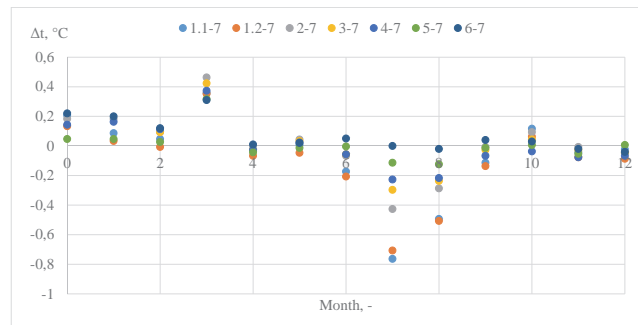
Obr. 16: Průměrné rozdíly naměřených stabilních dat teploty; měsíce 13 až 15 jsou leden 2017 až březen 2017

Tabulka 9: Hodnoty průměrné korekce vypočtené z předchozí tabulky

| Mean correction, °C | 1.1-7 | 1.2-7 | 2-7 | 3-7 | 4-7 | 5-7 | 6-7 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | 0.04 | 0.11 | -0.03 | -0.02 | -0.07 | 0.01 | -0.04 |

Tabulka 10: Korigované průměrné rozdíly naměřených teplotních dat

| Měsíc | Korigované průměrné rozdíly mezi stabilními daty | | | | | | | |
|---------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | Číslo stanice | | | | | | | |
| | 1.1-7 | 1.2-7 | 2-7 | 3-7 | 4-7 | 5-7 | 6-7 | 7-7 |
| Teplotní rozdíl, °C | | | | | | | | |
| 0 | 0.21 | 0.13 | 0.18 | | 0.14 | 0.05 | 0.22 | 0 |
| 1 | 0.09 | 0.03 | 0.18 | | 0.16 | 0.05 | 0.20 | 0 |
| 2 | 0.05 | -0.01 | 0.09 | 0.09 | 0.11 | 0.03 | 0.12 | 0 |
| 3 | 0.36 | 0.35 | 0.46 | 0.42 | 0.37 | 0.32 | 0.31 | 0 |
| 4 | -0.02 | -0.07 | 0.00 | -0.03 | -0.03 | -0.04 | 0.01 | 0 |
| 5 | 0.01 | -0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | -0.01 | 0.02 | 0 |
| 6 | -0.17 | -0.21 | -0.07 | -0.06 | -0.06 | 0.00 | 0.05 | 0 |
| 7 | -0.76 | -0.71 | -0.43 | -0.30 | -0.23 | -0.11 | 0.00 | 0 |
| 8 | -0.49 | -0.51 | -0.29 | -0.24 | -0.22 | -0.12 | -0.02 | 0 |
| 9 | -0.11 | -0.14 | -0.01 | -0.03 | -0.07 | -0.01 | 0.04 | 0 |
| 10 | 0.12 | 0.06 | 0.09 | 0.04 | -0.04 | 0.01 | 0.03 | 0 |
| 11 | -0.04 | -0.08 | -0.01 | -0.03 | -0.08 | -0.05 | -0.02 | 0 |
| 12 | -0.02 | -0.09 | -0.05 | -0.05 | -0.07 | 0.01 | -0.04 | 0 |



Obr. 17: Korigované průměrné rozdíly naměřených teplotních dat

4. Ukončení experimentu

Na konci března 2017 byl, téměř 15 měsíců trvající experiment, ukončen. Celý systém byl demontován a pole bylo uvedeno do stavu před zahájením měření.



Obr. 18: Zahlazování půdy po odebrání AWS



Obr. 19: Pole čerstvě po ukončení experimentu

5. Závěr

Tento článek popisuje průběh experimentu, výsledky a jednoduchou korekci aplikovanou na naměřená teplotní data. Z uvedených dat, ke kterým teprve bude dopočtena odpovídající nejistota měření, je zřejmé, že zkoumaný lesní porost má stejné chování, jako tepelný kondenzátor. Z doplňkových měření nevyplývá žádná významná závislost naměřených dat teploty na ostatních měřených klimatických proměnných. Tyto proměnné ovlivňují pouze stabilitu měření teploty.



Obr. 20: Radiační štít je pravděpodobně ideálním domovem pro pavouky



Obr. 21: Na místě, kde stály stromy před spuštěním měření, byly vysazeny nové stromky

České kalibrační sdružení, z.s. připravuje na 1. pololetí 2018

www.cks-brno.cz

| | | |
|--|------------------------|--|
| Seminář „Elektrických veličin“ se zaměřením na kalibrační postupy a normu ISO/IEC 17025:2017 | 6. února 2018 | Jaderná elektrárna Dukovany |
| Seminář „Kalibrace vah, interpretace výsledků z kalibračních listů“ | 6. až 7. března 2018 | Hotel Skalský dvůr, Lísek u Bystřice nad Pernštejnem |
| Seminář „Vodoměry a měřiče tepla“ | 10. až 11. dubna 2018 | Hotel Skalský dvůr, Lísek u Bystřice nad Pernštejnem |
| 56. odbornou konferenci ČKS spojenou se schůzí spolku | 16. až 17. května 2018 | Hotel Skalský dvůr, Lísek u Bystřice nad Pernštejnem |



Programy a přihlášky budou uveřejněny na webových stránkách ČKS



VLIV DOMINANTNÍ NEJISTOTY NA VELIKOST HODNOTY KOEFICIENTU ROZŠÍŘENÍ

Ing. Václav Hora

AMS K 97 – Laboratoř metrologie ionizujícího záření

VZ 551240 Lázně Bohdaneč, pracoviště Olomouc

1. Úvod

Nejdůležitějším důsledkem podmínky dominance je skutečnost, že konečné rozdělení, které lze zdůvodněně přiřadit výstupní měřené veličině y , je identické s rozdělením známého dominantního příspěvků. To ale nemusí být obecně rozdělením normálním.

Normální rozdělení má v porovnání s rozděleními, které se v praxi nejčastěji vyskytují, největší hodnotu koeficientu rozšíření. Kdybychom nebrali v úvahu nejistotu dominantní a předpokládali rozdělení normální, byl by interval, ve kterém by se skutečná hodnota veličiny nacházela zbytečně široký. Čtenář se s tímto problémem může seznámit v literatuře, např. v [1]. Výpočty jsou zde ale uvedeny bez podrobnějšího objasnění.

Posláním článku je odvození uvedeného kritéria a dále na konkrétním příkladu ukázat postup výpočtu tohoto kritéria.

2. Kritérium vlivu dominantního členu

Stojíme před otázkou volby kritéria pro zásadní rozlišení velikosti příspěvků nejistot. Pokud pro poměr nedominantních členů $u_r(y)$ k příspěvku $u_1(y)$ dominantního členu platí nerovnost

$$\frac{u_r(y)}{u_1(y)} \leq 0,3, \quad (1)$$

potom se rozdělení pravděpodobnosti řídí rozdělením členu $u_1(y)$.

Pro výslednou standardní nejistotu $u(y)$ výsledku měření platí

$$u_y = \left[u_1^2(y) + u_r^2(y) \right]^{\frac{1}{2}} = u_1(y) \left[1 + \left(\frac{u_r(y)}{u_1(y)} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

kde $u_r(y) = \left[\sum_{i=1}^{p-1} u_i^2(y) \right]^{\frac{1}{2}}$ značí celkový příspěvek všech ostatních nedominantních členů (sčítá se s odpovídajícími citlivostními koeficienty!).

Jednotlivé nejistoty $u_i(y)$ mohou mít různá rozdělení hustoty pravděpodobnosti. Ptáme se, jestli se v řetězci nejistot vyskytuje dominantní nejistota, jejíž rozdělení pravděpodobnosti determinuje tvar rozdělení výsledného. Při splnění podmínky (1) tato podmínka platí.

Dokážeme oprávněnost poměru (1). Pro binomický polynom platí

$$(1+a)^k = 1 + \binom{k}{1} \cdot a + \binom{k}{2} \cdot a^2 + \binom{k}{3} \cdot a^3 + \dots + \binom{k}{k} \cdot a^k. \quad (3)$$

$$u_y^2 = u_1^2(y) + u_r^2(y) \Rightarrow u_y = \sqrt{u_1^2(y) + u_r^2(y)} \Rightarrow u_y = u_1^2(y) \sqrt{1 + \frac{u_r^2(y)}{u_1^2(y)}}$$

kde jsme symbolem „ a “ ve vztahu (3) označili poměr (1) dominantního členu a všech členů ostatních. Mocnitel k má hodnotu $k = 1/2$, jelikož u_y máme vyjádřenou pomocí druhé odmocniny. Při využití prvních dvou členů Taylorova rozvoje dostaneme

$$\cdot (1+a)^{\frac{1}{2}} = 1 + \binom{\frac{1}{2}}{1} \cdot a + \dots \approx 1 + \frac{1}{2} \cdot a. \quad (4)$$

Ostatní členy jsme zanedbali. Po dosazení posledního členu ze vztahu (4) máme

$$u_y = u_1(y) \sqrt{1 + \frac{u_r^2(y)}{u_1^2(y)}} \Rightarrow u_{y,apr.} = u_1(y) \left(1 + \frac{1}{2} \left(\frac{u_r(y)}{u_1(y)} \right)^2 \right), \quad (5)$$

kde $u_{y,apr.}$ je aproximovaný výraz.

Pro poměr zvolíme hodnotu rovnou nebo menší 0,3, tedy $\frac{u_r(y)}{u_1(y)} \leq 0,3$. Potom

a) relativní chyba aproximace je

$$\delta_r \leq \frac{u_y - u_{y,apr.}}{u_y}, \text{ tedy}$$

$$\delta_r \leq \frac{u_1(y) \left(1 + \frac{1}{2} (0,3)^2 \right) - u_1(y) \sqrt{1 + (0,3)^2}}{u_1(y) \sqrt{1 + (0,3)^2}} = 0,00093 \approx 0,001. \quad (6)$$

Relativní chyba aproximace je tedy $\leq 1 \cdot 10^{-3}$. Větší hodnota by přicházela v úvahu pouze tehdy, kdy bychom využili další členy Taylorova rozvoje, což ale není potřebné při volbě poměru $\leq 0,3$.

b) Maximální relativní změna standardní nejistoty způsobená výrazem v závorce.

$$\delta_r \leq \frac{u_1(y) - \frac{1}{2} (0,3)^2 u_1(y)}{u_1(y)} \cdot 100 = \left[1 - \frac{1}{2} (0,3)^2 \right] \cdot 100 \leq 4,5\%. \quad (7)$$

Tato hodnota je v mezích přijaté tolerance *pro matematické zaokrouhlování hodnot nejistot*.

3. Metodický příklad

Máme rozhodnout, zda při ověřování rozsahu (0÷30) Bq/cm² měřidla DC-3E-98 pomocí plošného etalonu ⁹⁰Sr, je nejistota nehomogenity u_{nh} etalonu nejistotou dominantní.

Analýza nejistot:

Plošná aktivita etalonu za časový interval t , který uplynul od času reference etalonu, je dána vztahem

$$A_t = A_0 \cdot F(t), \quad (8)$$

kde je rovno

$$F(t) = e^{-\frac{\ln 2 \cdot t}{T_{1/2}}}. \quad (9)$$

A_0 je aktivita plošného etalonu v čase t_0 (referenční čas). Je rovna 26,74 Bq/cm². Čas t je roven 451 dní od referenčního času. Poločas rozpadu $T_{1/2}$ je roven $T_{1/2} = 10520$ dní a aktivita v čase t má podle (8) hodnotu = 25,96 Bq/cm²; $F(t) = 0,9707$ Pomocí řídicího SW DARS je pokles aktivity aktualizován na jeden den. Čtverec celkové standardní nejistoty aktivity plošného etalonu u_{At} (v absolutním vyjádření) má tvar

$$u_{At}^2(B) = F^2(t) \cdot (u_{A_0}^2 + u_{nh}^2) + A_0^2 \cdot u_{(T_{1/2})}^2 + A_0^2 \cdot u_{(t)}^2, \quad (10)$$

Standardní nejistota plošného $u_{At}(B)$ je nejistotou typu B. Standardní nejistota etalonu v čase t_0 se skládá ze dvou nejistot: kombinované nejistoty aktivity u_{A_0} , jejíž hodnota je rovna 0,6 % a nejistota nehomogenity plošného etalonu u_{nh} , jejíž hodnota je rovna 3 % a je pro náš případ největší z nejistot. Hodnota první nejistoty je udána výrobcem etalonu na 1σ a nejistota nehomogenity na 1σ je udána v 4. To znamená, že $u_{A_0}^2 = u_{A_0}^2 + u_{nh}^2$. Obě nejistoty mají normální rozdělení.

Standardní nejistotu $u_{(T_{1/2})}$ stanovíme ze vztahu (9) derivováním podle poločasu $T_{1/2}$. Dostaneme

$$u_{(T_{1/2})} = \left(F(t) \cdot \frac{-\ln 2 \cdot t}{T_{1/2}^2} \right) \cdot \sigma(T_{1/2}). \quad (11)$$

$\sigma(T_{1/2})$ je nejistota stanovení $T_{1/2}$, kterou najdeme v příslušných tabulkách. Je rovna 87,66 dní. Její velikost je malá, ale může mít vliv na konečné zaokrouhlování hodnoty výsledné nejistoty. Podle (11) je $u_{(T_{1/2})} = 0,00024$ dne.

Analogicky z (9) máme

$$u_{(t)} = \left(F(t) \cdot \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \right) \cdot \sigma(t). \quad (12)$$

$\sigma(t)$ je nejistotu, v průběhu které provádíme ověření. Předpokládáme nesymetrické rovnoměrné rozdělení (čas je

asymetrický: plyne budoucím směrem), tj. $\sigma(t) = \frac{\delta t}{2 \cdot \sqrt{3}}$.

Budeme předpokládat, že ověření rozsahu trvá 0,5 hod, tj. $\delta t = 0,0208$ dne. Hodnota nejistoty pro čas t a ⁹⁰Sr je potom podle (12) $u_{(t)} = 3,854 \cdot 10^{-7}$ dne. Je jí proto možné ve výpočtech zanedbat. Nejistota (10) etalonu plošné aktivity je zřejmě aktualizována na A_0 , poločas $T_{1/2}$ a čas t .

Bylo provedeno 20 odečtů aktivity. Průměr aktivity těchto odečtů má hodnotu $\bar{A} = 26,925$ Bqcm⁻². K nejistotě (10) musíme připočítat nejistotu výběrového průměru naměřených hodnot aktivity – nejistota typu A, která je rovna $u_A = 0,075$ Bqcm⁻². Chyba odečtu hodnot na daném rozsahu je jedna polovina dílku. Budeme předpokládat rovnoměrné rozdělení. Čtverec celkové nejistoty je

$$u^2(\bar{A}) = F^2(t) \cdot (u_{A_0}^2 + u_{nh}^2) + A_0^2 \cdot u_{(T_{1/2})}^2 + A_0^2 \cdot u_{(t)}^2 + u_A^2(\bar{A}) + \frac{0,5^2}{3}. \quad (13)$$

Výpočet nebudeme provádět. Čtenář si může provést sám pomocí výše uvedených hodnot. Dále určíme, zdali nejistota nehomogenity je nejistotou dominantní. Dosadíme příslušné hodnoty do vztahu (1) dostaneme

$$\frac{\left[\sum_{i=1}^{p-1} u_i^2(y) \right]^{\frac{1}{2}}}{u_1(y)} = \frac{\left[0,000614 + 4,11856 \cdot 10^{-4} + 0,005625 + 0,08333 \right]^{\frac{1}{2}}}{0,778711} = \frac{0,29997}{0,778711} \doteq 0,385.$$

4. Závěr

Nejistota u_{nh} není nejistotou dominantní, i když se k ní blíží. Na závěr dvě připomínky. V našem příkladu dává kompozice všech nejistot podle centrální limitní věty (viz např. v 1.) také výsledné rozdělení přibližně normální. I kdyby byla nejistota nehomogenity v příkladu nejistotou dominantní, byl by koeficient rozšíření roven také 2, protože tato nejistota má rozdělení normální (viz. 4.).

5. Literatura

- [1] Vyjadřování nejistoty měření při kalibraci. Číslo publikace: EA 4/02 M: 2013. ČIA – duben 2014
- [2] Pokyn pro vyjádření nejistoty měření (ČN P ENV 13005). ČNI, Praha, 2005
- [3] Mezinárodní metrologický slovník (Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny). TNI 01 0115 (VIM 3). ÚNMZ, Praha, 2009
- [4] Referenční zdroje-kalibrace monitorů povrchové kontaminace-alfa-beta a fotonové zářiče. ČSN ISO 8786. ÚNMZ, Praha, 2014



VLASTNOSTI MOTOROVÝCH PALIV A JAK JE MĚŘÍME

Ing. Vladimír Třebický, CSc.

SGS Czech Republic, s.r.o., divize paliv a maziv

Vlastnosti motorových paliv a jak je měříme

Motorová paliva jsou v současné době velmi sledovanou komoditou. Kromě cen se jedná především o jejich kvalitu. Ta je dlouhodobě sledována, pravidelné kontroly provádí Česká obchodní inspekce, ale existuje i komerční systém označený „Pečeť kvality“ zajišťovaný firmou SGS Czech Republic, s.r.o. Při zveřejňování výsledků se ale často setkáváme se skutečností, že si veřejnost pod jednotlivými zkouškami neumí představit vazbu na užité vlastnosti paliv. Proto bychom chtěli čtenáře seznámit s jednotlivými zkouškami motorových paliv a jejich vztahem k užitém vlastnostem. Zaměříme se na automobilové benziny a motorové nafty.

Automobilové benziny

Automobilové benziny jsou směs uhlovodíků, která destiluje v rozmezí cca 25 °C až 210 °C. Kromě uhlovodíků obsahuje benzin kyslíkaté látky. Ty se přidávají ve formě éterů pro zvýšení oktanového čísla. V posledních cca deseti letech se přidávají do paliv biopaliva. Do benzínu se přidává etanol buď přímo nebo ve formě ethyl-terc-butyl-etheru (ETBE). Cílem přídatku biopaliv je snížení produkce CO₂ při výrobě paliv. Roční množství prodaného benzínu v ČR se pohybuje na úrovni cca 1,7 milionu tun. Po několikaletém poklesu prodeje jeho úroveň v posledních dvou letech stagnuje s náznakem mírného růstu.

Oktanová čísla

Mezi nejdůležitější jakostní ukazatele patří oktanová čísla, která charakterizují spalovací vlastnosti benzínu. Používají se dvě oktanová čísla označovaná jako oktanové číslo výzkumnou metodou (OČVM) a oktanové číslo motorovou metodou (OČMM). V Evropě je podle OČVM označují jednotlivé druhy benzínu. Kvalita benzínu je stanovena evropskou normou ČSN EN 228, která uvádí tři hladiny oktanových čísel, benzin Normál s oktanovou hladinou 91, benzin super s oktanovou hladinou 95 a benzin super plus s oktanovou hladinou 98. Výběr správného druhu paliva se provádí podle požadavků výrobce, který je uveden v technické dokumentaci k vozidlu.

Oktanová čísla se stanovují na zkušebním jednoválcovém motoru Waukesha (**obr. 1**). Zkušební metody jsou ČSN EN 5164 a ČSN EN ISO 5163. Spalovací vlastnosti měřeného paliva se porovnávají s měřením směsi, kterou tvoří izooktan s velmi dobrými spalovacími vlastnostmi (oktanové číslo 100) a heptan se špatnými spalovacími vlastnostmi (oktanové číslo 0). Poměr jednotlivých složek je nastaven tak, aby oktanové číslo směsi přibližně odpovídalo předpokládanému oktanovému číslu zkoušeného benzínu. Podmínky pro stanovení oktanového čísla výzkumnou a motorovou metodou se liší podmínkami měření, oktanové číslo výzkumnou metodou se měří při 600 otáčkách za minutu



Obr. 1: Motor pro stanovení oktanových čísel WAUKESHA

a oktanové číslo motorovou metodou se měří při 900 otáčkách za minutu. Oktanové číslo výzkumnou metodou vyjadřuje vlastnosti benzínu při běžném provozu, oktanové číslo motorovou metodou vyjadřuje vlastnosti benzínu zejména při akceleraci. Rozdíl mezi OČVM a OČMM je obvykle cca 10 jednotek. Zajímavostí je, že v USA benziny označují u stojanů čerpacích stanic průměrem OČVM a OČMM, takže to může svědět k domněnce, že jejich úroveň oktanových čísel je nižší než v Evropě.

Destilační zkouška

Jak bylo uvedeno, destiluje benzin v rozmezí 25 °C až 210 °C. Pro dosažení potřebných spalovacích vlastností v zážehovém motoru je nutné, aby byl pokryt rozsah destilačního rozmezí zejména do 150 °C. Požadavky na průběh destilace jsou rozděleny do tří destilačních teplot 70 °C, 100 °C a 150 °C a konce destilace. Požadavek na minimální předdestilovaný objem při teplotě 70 °C je dán především nutností dosáhnout určitou těkavost směsi, tak, aby došlo k zážehu benzínu. Protože těkavost klesá s teplotou, je pro zimní období požadavek na předdestilovaný objem mírně vyšší. Předdestilovaný objem při druhé teplotě souvisí s akcelerací vozidla, zejména při jízdě v dálničním provozu. Předdestilovaný objem při třetí teplotě a konce destilace souvisí zejména s tvorbou úsad při spalování. Nižší předdestilovaný objem při 150 °C a vyšší konec destilace negativně ovlivňují tvorbu úsad ve spalovacím prostoru, na výfukových ventilech

a současně ovlivňují životnost katalytického systému. Destilační zkouška se v současné době měří podle normy ČSN EN ISO 3405, vesměs na automatických strojích, které zajišťují předepsanou rychlost ohřevu vzorků, potřebné chlazení destilujících par, měření objemu a záznam výsledků.

Složení benzínu

Složení benzínu významně ovlivňuje jeho spalovací vlastnosti a jeho emise. Kromě nasycených uhlovodíků obsahuje benzin i nenasycené uhlovodíky (olefiny) a aromatické uhlovodíky. Obsah olefinických uhlovodíků je limitován z důvodu menší oxidační stability a obsah aromatických uhlovodíků (max. 35 % objemových) je omezen z důvodu jejich horšího spalování a z důvodů požadavku na snižování emisí. Současně je limitován i obsah benzenu (max. 1 % objemové), který je podezřelou karcinogenní látkou. Měření všech uvedených složek provádí metodou plynové chromatografie s vícekolonovým systémem podle normy ČSN EN ISO 22854. Jedná se o velmi složité a finančně náročné zařízení.

Do složení patří i sledování obsahu kyslíkatých látek. Jedná se především o obsah etanolu a metanolu. Pro standardní benziny je limitován obsah metanolu na 3 % objemová a obsah etanolu na 5,0 % objemových. To platí pro benziny s obsahem kyslíku do 2,7 % hmotnostních, obvykle se označuje E5. Kromě benzínu s nižším obsahem kyslíku je součástí uvedené evropské normy i benzin s vyšším obsahem kyslíku až do 3,7 % hmotnostních, obvykle se označuje E10 a odlišuje se tím, že obsah etanolu je maximálně 10,0 % objemových. Na trhu České republiky zatím není k dispozici, ale lze předpokládat, že se na trhu v nejbližších letech objeví v důsledku přísnějších požadavků na úsporu emisí CO₂.

Tlak par

Tlak par je důležitou veličinou automobilových benzínů z důvodu sledování jejich těkavosti. Pro zážeh benzínu je potřebná určitá těkavost, která se právě stanoví měřením tlaku par, který se měří při 37,8 °C v jednoúčelovém speciálním zařízení a vyjadřuje v kPa jako ekvivalent tlaku suchých par (DVPE). Zkušební postup je ČSN EN 13016-1. V letním období je požadován pro zajištění startovatelnosti nižší tlak par (max. 60 kPa) s ohledem na vyšší venkovní teploty, vyšší tlak par by mohl v palivovém systému vytvářet parní polštář a způsobovat přerušování dodávky paliva. Současně by bylo riziko vyšších emisí paliva do vnějšího prostředí. U moderních automobilů s řídicí jednotkou takový problém není. V zimním období je potřeba, aby byl tlak par vyšší a i při nízkých teplotách bylo dosaženo potřebné těkavosti, která je závislá na venkovní teplotě. Pro zimní období je limit pro tlak par 90 kPa.

Obsah síry

Obsah síry má vliv na emise z automobilů a negativně ovlivňuje činnost katalytického systému a proto je žádoucí co nejnižší obsah. Za posledních cca 20 let se snížil obsah síry v automobilových benzínech z původních 500 mg/kg na současnou úroveň, která je platná již od roku 2009, a je 10 mg/kg. Měření je možno provádět několika způsoby.

Obvykle se používá spalovací metoda s UV detekcí (metoda ČSN EN 20846) nebo metoda rentgenové fluorescence podle ČSN EN 14596. Obě metody mají pro stanovení obsahu síry v těchto nízkých koncentracích dostatečnou citlivost a opakovatelnost měření je na úrovni 1 mg/kg. V současné době není s dodržением limitu žádný problém, nastat může pouze při výměně výdejní hadice, které obsahují značné množství síry, a následném nedostatečném propláchnutí výdejního systému.

Hustota

Hustota paliv se měří při 15 °C a souvisí s jejich složením a destilačním rozmezím. Rozmezí pro hustotu je stanoveno od 720 kg/m³ do 775 kg/m³. Horní limit souvisí s limitem pro aromatické uhlovodíky a kyslíkaté látky, zejména etanol. Nižší hustota by nepříznivě ovlivňovala těkavost benzínu a jeho tlak par. Vyšší hustota benzínu může signalizovat i kontaminaci např. motorovou naftou. Metod pro měření hustoty je celá řada, v současné době se především používá metoda oscilační U-trubice (ČSN EN ISO 12185), případně se používají skleněné hustoměry (ČSN EN ISO 3675).

Oxidační stabilita Koroze na mědi

Oxidační stabilita souvisí se složením benzínu, je důležitá především na skladování produktu a je žádoucí, aby palivo během dopravy a skladování nepodléhalo změnám ve složení a tím nedocházelo ke změně užitečných vlastností. Oxidační stabilita se měří postupem podle ČSN EN ISO 7536 ve speciální tlakové bombě za přítomnosti kyslíku a vyjadřuje se jako indukční perioda, čas, za který poklesne původní tlak benzínu o 10 %. Zkouška se provádí při teplotě 100 °C. Podle oxidační stability lze usuzovat na sklon benzínu ke tvorbě pryskyřic.

Koroze na mědi za zvýšené teploty 50 °C podle normy ČSN EN ISO 2160 hodnotí vliv automobilového benzínu na barevné kovy. Pro zkoušku se používají měděné plíšky a hodnotí se jejich barevná změna po zkoušce porovnáním se standardní stupnicí. Požaduje se minimální vliv paliva na zkoušený materiál.

Obsah pryskyřic

Obsah pryskyřic souvisí s přítomností oxidačně nestabilních produktů v benzínu. Přítomnost pryskyřic v benzínu je nežádoucí a jejich vyšší obsah může negativně ovlivnit tvorbu úsad na sacích ventilech, ve spalovacím prostoru a pístech. Jejich obsah je v benzínu limitován na 5 mg/100 ml. Stanovení se stanoví metodou ČSN EN ISO 6246. Postup spočívá v odpaření benzínu tryskou při zvýšené teplotě 160 °C. Získaný zbytek se promyje heptanem a po vysušení se zváží.

Obsah kovů, olova a manganu

V minulosti automobilové benziny obsahovaly kovy, zejména olovo. Olovo obsahovaly sloučeniny, které se používaly jako zvyšovače oktanového čísla (tetramethyl olovo-TMO a tetraethyl olovo-TEO). Limit pro obsah olova je

5 mg/l, reálný obsah v benzinech je pod mezí detekce metody. Pro stanovení se používají spektrometrické metody, atomová absorpční spektrometrie (olovo podle ČSN EN 237 a mangan podle ČSN EN 16135) a emisní spektrometrie s indukčně vázanou plazmou (mangan podle ČSN EN 16136). Olovnaté benziny se již od roku 2001 zakázáno používat a jako zvyšovače se používají v bezolovnatých benzinech kyslíkaté látky, zejména étery-methyltercetyléter (MTBE) a ethyltercetyléter (ETBE) a také etanol. Druhým kovem, jehož sloučeniny se používaly jako zvyšovače oktanového čísla, je mangan. Jeho přítomnost je limitována od roku 2011 a v současné době je limitní hodnota 2 mg/l, reálné hodnoty obsahu jsou opět pod limitem stanovitelnosti metody.

Nízký obsah kovů, který je blízký nule, je potřebný pro dobrou funkčnost katalytického systému, olovo i mangan jsou pro tyto systémy katalytickými jedy.

Přítomnost volné vody a mechanických nečistot

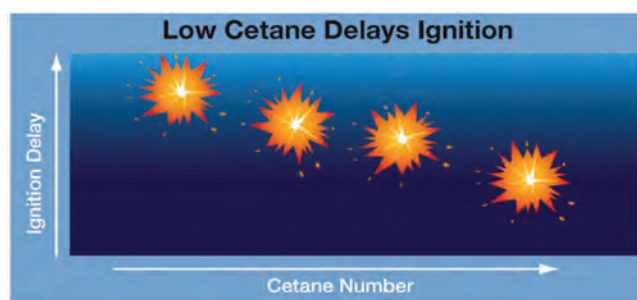
Automobilový benzin musí být bez volné vody a mechanických nečistot, které mohou negativně ovlivnit funkčnost palivového filtru a způsobit přerušení dodávky paliva. Volná voda vzniká při skladování benzínu vlivem kondenzování vzdušné vlhkosti při teplotních změnách. Voda je v benzínu nerozpustná a usazuje se na dně nádrží. Proto je důležité odkalování nádrží v celém distribučním řetězci. Pokud benzin obsahuje etanol, nezpůsobuje voda žádné problémy, protože se v etanolu rozpustí.

Motorové nafty

Motorové nafty jsou směs uhlovodíků, která destiluje v rozmezí cca 170 °C až 360 °C. Jedná se o směs plynového oleje a petrolejové frakce. Kvalita motorové nafty je určena jakostní normou ČSN EN 590. Je závislá na klimatických podmínkách a v zimním období musí mít potřebné nízkoteplotní vlastnosti. Motorová nafta má pro zimní období větší podíl petroleje pro jejich dosažení. Některé vlastnosti jsou závislé na klimatických podmínkách. Podle klimatických podmínek se rozlišuje motorová nafta pro mírné klima a pro arktické klima. Pro mírné klima jsou motorové nafty rozděleny do šesti tříd, které se liší pouze v nízkoteplotních vlastnostech, pro arktické klima je k dispozici pět tříd, které se kromě nízkoteplotních vlastností liší i v dalších vlastnostech, jedná se o hustotu při 15 °C, kinematickou viskozitu při 40 °C. V posledních cca deseti letech se přidávají do paliv biopaliva. Do motorové nafty se přidává většinou FAME (metylestery mastných kyselin), obsah je limitován na 7% objemových a jeho kvalita je definována normou ČSN EN 14214. Další možností je přídavek hydrogenovaných rostlinných olejů a živočišných tuků (HVO). Přídavek tohoto produktu, který má nižší hustotu než motorová nafta, je omezen limitem pro hustotu motorové nafty. Jeho kvalita je stanovena normou ČSN EN 15940. Cílem přídavku biopaliv je snížení produkce CO₂ při výrobě paliv. Roční množství prodané motorové nafty v ČR se pohybuje na úrovni cca 4,4 milionu tun. V posledních letech prodej mírně roste.

Cetanové číslo, cetanový index

Spalovací vlastnosti motorové nafty vyjadřují dva ukazatele, cetanové číslo a cetanový index. Cetanové číslo se měří na zkušebním jednoválcovém motoru, podobně jako u benzínu podle zkušebního postupu ČSN EN ISO 5165. Standard s cetanovým číslem 100 je uhlovodík C16 – cetan, standardem s nulovou hodnotou cetanového čísla je aromatický uhlovodík α -methylnaftalen. Cetanové číslo vyjadřuje prodlevu před vznícením paliva (žádoucí je krátká prodleva) a má vliv na hlučnost motoru a jeho startovatelnost za nízkých teplot. Vliv cetanového čísla na prodlevu vznětu paliva má hodnota cetanového čísla, jak je vidět z obr. 2.



Obr. 2: Závislost prodlevy vznětu na cetanovém čísle

Při měření vzorku se jeho spalovací vlastnosti srovnávají se spalovacími vlastnosti směsi s předpokládaným cetanovým číslem vzorku. Zkušební zařízení (obr. 3) je velmi finančně náročné, proto se v některých případech nahrazuje hodnotou cetanového indexu. Cetanový index je empiricky vypočtená hodnota z průběhu destilační křivky.



Obr. 3: Motor pro stanovení cetanového čísla WAUKESHA

ky a hodnoty hustoty při 15 °C podle zkušební postupu ČSN EN ISO 4264. Pro zvýšení cetanového čísla se používají zvyšovače na bázi nitrátů, nejznámější je 2-ethylhexylnitrát (2-EHN). Jeho vliv na cetanové číslo je možné zjistit jen měřením na motoru, cetanový index vliv zvyšovače nemůže zjistit. Přítomnost 2 – EHN je možné stanovit metodou UV spektrometrie, což vyžaduje složitou úpravu vzorku nebo se snadnější úpravou vzorku metodou infračervené spektrometrie. Obsah zvyšovače není jakostní normou pro naftu limitován.

Hustota

Hustota paliv souvisí s jejich složením a destilačním rozmezím. Rozmezí pro hustotu motorové nafty, měřenou při 15 °C, je stanoveno od 820 kg/m³ do 845 kg/m³. Horní limit souvisí s limitem pro polyaromatické uhlovodíky a metylestery mastných kyselin, přídavek HVO hodnotu hustoty snižuje. Nižší hustota by nepříznivě ovlivňovala mazivost motorové nafty. Vyšší hustota nafty může signalizovat i kontaminaci např. mazacím olejem, nižší hustota může signalizovat kontaminaci benzinem. Metod pro měření hustoty je celá řada, v současné době se především používá metoda oscilační U-trubice (ČSN EN ISO 12185), případně se používají skleněné hustoměry (ČSN EN ISO 3675).

Destilační zkouška

Motorová nafta je směsí petrolejové frakce a plynového oleje, destiluje v rozmezí 170 °C až 360 °C. Pro dosažení dobrých spalovacích vlastností jsou stanoveny tři body destilační křivky. Předestilovaný objem při 250 °C je stanoven především pro omezení podílu petrolejové frakce, která má ve vznětovém motoru horší spalovací vlastnosti, ale v zimním období výrazně zlepšuje nízkoteplotní vlastnosti paliva. Další body destilační křivky (předestilovaný objem při 350 °C a teplotu 95 % předestilovaného objemu) slouží především pro dosažení nižšího objemu vysokoteplotního podílu, dosažení lepších spalovacích vlastností a nižší podíl emisí nespálených uhlovodíků a emisí pevných částic.

Destilační zkouška se v současné době měří podle normy ČSN EN ISO 3405, vesměs na automatických strojích, které zajišťují předepsanou rychlost ohřevu vzorků, potřebné chlazení destilujících par, měření objemu a záznam výsledků.

Obsah síry

Obsah síry má vliv na emise z automobilů a negativně ovlivňuje činnost katalytického systému a proto je žádoucí co nejnižší obsah. Za posledních cca 20 let se snížil obsah síry v motorových naftách z původních 1500 mg/kg na současnou úroveň, která je platná již od roku 2009, a je 10 mg/kg. Měření je možno provádět několika způsoby. Obvykle se používá spalovací metoda s UV detekcí (metoda ČSN EN 20846) nebo metoda rentgenové fluorescence podle ČSN EN 14596. Obě metody mají pro stanovení obsahu síry v těchto nízkých koncentracích dostatečnou citlivost a opakovatelnost měření je na úrovni 1 mg/kg. V současné době není s dodržením limitu žádný problém, nastat může pouze při výměně výdejní hadice, které obsahují značné množství síry, a následném nedostatečném propláchnutí výdejního systému.

Obsah manganu

Kov, jehož obsah se sleduje v motorové naftě, je mangan. Používá se jako modifikátor spalování. Jeho přítomnost je limitována od roku 2011 a v současné době je limitní hodnota 2 mg/l, reálné hodnoty obsahu jsou pod limitem stanovitelnosti metody. Pro stanovení manganu se používá metoda emisní spektrometrie s indukčně vázanou plazmou podle ČSN EN 16576.

Nízký obsah kovů, který je blízký 0, je potřebný pro dobrou funkčnost katalytického systému, mangan jsou pro tento systém katalytickým jedem.

Koroze na mědi Oxidační stabilita

Koroze na mědi za zvýšené teploty 50 °C (podle ČSN EN ISO 2160) hodnotí vliv automobilového benzínu na barevné kovy. Pro zkoušku se používají měděné plíšky a hodnotí se jejich barevná změna po zkoušce porovnáním se standardní stupnicí. Požaduje se minimální vliv paliva na zkoušený materiál.

Oxidační stabilita motorové nafty je důležitou vlastností, která může signalizovat možnou tvorbu úsad. Oxidační stabilitu ovlivňuje negativně přítomnost nestabilních složek, jedná se především o uhlovodíky s dvojnou vazbou, zejména olefiny. Druhou složkou, která může negativně ovlivnit oxidační stabilitu motorové nafty je bioložka ve formě metylesterů mastných kyselin (FAME). Pro zlepšení oxidační stability se přidávají antioxidační přísady. Oxidační stabilita motorové nafty se hodnotí dvěma způsoby. Podle první metody ČSN EN ISO 12205 se provádí při teplotě 95 °C za přítomnosti kyslíku a hodnotí se množství vzniklých úsad, jejichž množství je limitováno na 25 g/m³. Druhá metoda (ČSN EN 15751) se používá pro motorové nafty s obsahem FAME nad 2 % objemová FAME. Provádí se při 110 °C za přítomnosti vzduchu a hodnotí se změna vodivosti roztoku, do kterého jsou jímány páry vzniklé při oxidačním procesu. Hodnotí se doba, ve které je dosaženo limitní hodnoty vodivosti. Výsledek se vyjadřuje v hodinách.

Karbonizační zbytek, popel, bod vzplanutí v uzavřeném kelímku

Karbonizační zbytek se stanovuje z 10 % destilačního zbytku (ČSN EN ISO 10370) a hodnotí sklon paliva k tvorbě usazenin. Limitní hodnota je ovlivněna především přítomností těžších podílů. Zkouška se provádí spalováním paliva bez přístupu vzduchu.

Obsah popela (ČSN EN ISO 6245) je ovlivněn přítomností sloučenin s obsahem kovů, stanovený limit 0,01 % hmotnostní prakticky vylučuje jejich přítomnost v měřitelném množství. Zvýšený obsah popela může signalizovat kontaminaci např. mazacím oleji.

Bod vzplanutí (ČSN EN ISO 2719) je především bezpečnostním ukazatelem z hlediska zařazení motorové nafty do třídy hořlavosti. Bod vzplanutí nad 55 °C umožňuje zařazení paliva do 3. třídy hořlavosti. Z toho vyplývají pravidla pro manipulaci a skladování. Snížení bodu vzplanutí je obvykle způsobeno kontaminací automobilovým benzinem a zname-

ná bezpečnostní riziko při provozu a manipulaci. Příkladem může být filtr pevných částí, který je regenerován vstřikováním čistého paliva. V případě nižšího bodu vzplanutí než je stanovený limit, může dojít vlivem, vysoké teploty v katalytickém systému nejen k vypálení vzniklých usazenin, ale i k zapálení vzniklých par paliva. Následný požár může vozidlo výrazně poškodit. Bod vzplanutí motorové nafty se stanovuje v uzavřeném kelímku metodou podle Penskyho-Martense. Vzorek je zahříván ve zkušebním kelímku stanovenou rychlostí, zahříváním se vytvářejí páry paliva a zkouší se zapálení směsí par se vzduchem přiblíženým plamínkem. Výsledkem zkoušky je teplota, při které došlo k zapálení. Pro zkoušení se používají automatická zařízení, která zajišťují rychlost ohřevu i detekci bodu vzplanutí (obr. 4).



Obr. 4: Přístroj na stanovení bodu vzplanutí v uzavřeném kelímku podle Penskyho-Martense

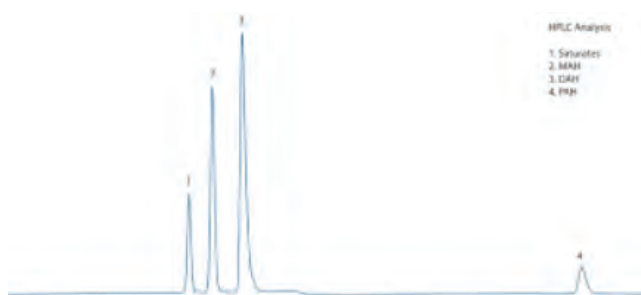
Obsah polyaromatických uhlovdíků

Polyaromatické a aromatické uhlovdíky zhoršují spalovací vlastnosti motorové nafty, polyaromatické uhlovdíky zvyšují obsah nespálených uhlovdíků a pevných částic v emisích. Z toho důvodu je jejich obsah v posledních cca patnácti letech limitován.

Také aromatické uhlovdíky mají negativní vliv na cetanové číslo motorové nafty, jejich obsah není jakostní normou limitován, ale obvykle nepřekračuje úroveň cca 25 % hmotnostních. Obsah obou složek se stanovuje metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie podle ČSN EN 12916. Chromatografický záznam stanovení aromátů a polyaromátů je znázorněn na obr. 5.

Mazivost a kinematická viskozita

V souvislosti se snižujícím se obsahem síry se důležitou vlastností stala mazivost motorové nafty. Mazivost se měří podle metody ČSN EN 12156-1 na přístroji označeném HFRR (high frequency reciprotating rig), kde se měří oděrová stopa vzniklá při kmitavém pohybu ocelové

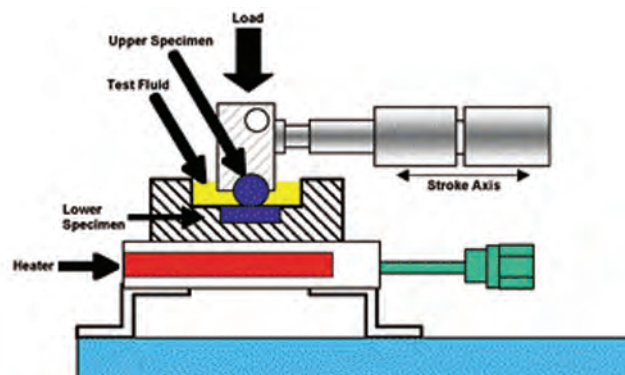


Obr. 5: Chromatografický záznam stanovení polyaromátů

Legenda

- 1 nasycené uhlovdíky (saturates)
- 2 monoaromatické uhlovdíky (MAH)
- 3 diaromatické uhlovdíky (DAH)
- 4 polyaromatické uhlovdíky (PAH)

kuličky po ocelové destičce, které odděluje měřené palivo. Mazivost lze upravit přidavkem mastných látek ve formě přísad nebo použitím přídatku FAME jako biopaliva. Mazivost výrazně ovlivňuje činnost vstřikovacího systému, který je v současné době vzhledem k pracovním podmínkám velmi citlivý na veškeré odchylky v kvalitě motorové nafty.



Obr. 6: Zařízení HFRR pro stanovení mazivosti

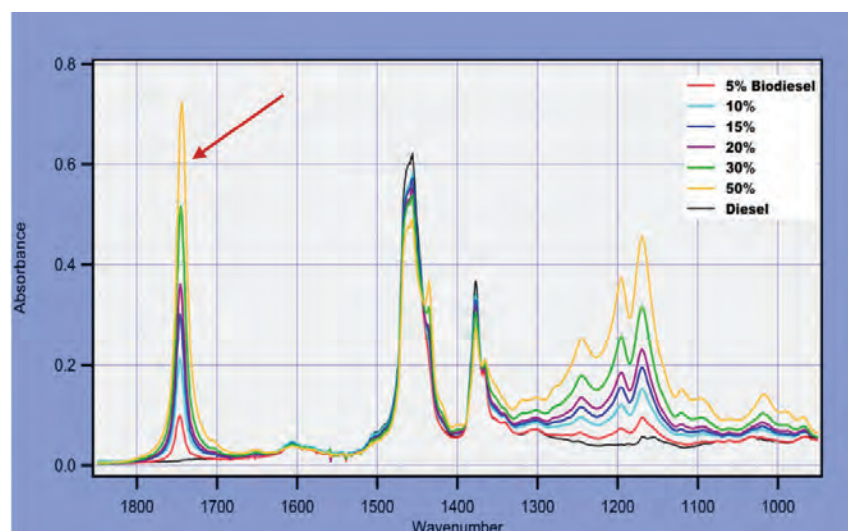
Legenda

- Test fluid (zkoušená kapalina)
- Upper specimen (zkušební kulička)
- Heater (topení)
- Lower specimen (Testovací destička)
- Load (zatížení)
- Stroke axis (Kmitavý pohyb)

Podobně souvisí s mazivostí kinematická viskozita motorové nafty, která se měří v kapilárním viskozimetru podle metody ČSN EN ISO 3104 při teplotě 40 °C. Kinematická viskozita se vypočte na základě doby průtoku kapaliny v kapiláře mezi vyznačenými ryskami skleněné kapiláry. Pro kinematickou viskozitu motorové nafty je stanoveno rozmezí (2 mm²/s – 4,5 mm²/s), obvyklé hodnoty pro motorovou naftu pro mírné klima se pohybují spíše v první polovině intervalu obvykle do 3 mm²/s. pro motorovou naftu pro arktické klima jsou povoleny hodnoty až do 1,5 mm²/s.

Obsah FAME

Motorová nafta může obsahovat až 7 % objemových FAME (z angličtiny fatty acid methyl esters-methylestery



Obr. 7: Záznam infračerveného spektra motorové nafty a stanovení obsahu FAME

Legenda

Absorbance

Wavenumber (vlnočty) (cm^{-1})

mastných kyselin), které se do motorové nafty přidávají jako biopalivo pro snížení emisí CO_2 při výrobě paliv. Uvedený limit je přijatý výrobcí automobilů jako maximum obsahu v motorové nafty pro použití ve vznětových motorech bez úprav. Vyšší obsahy FAME jsou v motorové naftě pouze v případech, kdy to schválí výrobce automobilu. Stanovení se provádí metodou infračervené spektrometrie v definovaném rozmezí vlnočtů. Pro stanovení se používá norma ČSN EN 14078. Záznam infračerveného spektra motorové nafty s různým obsahem FAME je znázorněn v obr. 7.

Obsah vázané vody a mechanických nečistot

Voda i mechanické nečistoty jsou nežádoucími kontaminanty pro motorovou naftu. Obsah vody se stanovuje titrací podle Karl Fischera coulometrickou metodou ČSN EN ISO 12937. Pro vázanou vodu je stanoven limit 200 mg/kg, produkce obvykle obsahuje vázanou vodu v množství do 100 mg/kg. Pro motorovou naftu je obsah vody nad 200 mg/kg rizikový, protože může dojít k oddělení kapek volné vody, která v palivovém systému může způsobit korozi. V distribučním řetězci je třeba bránit kontaminaci vodou a zejména skladovací nádrže pravidelně odkalovat. Je nutné si uvědomit, že přítomnost FAME, které je polární látkou riziko kontaminace vodou zvyšuje.

Mechanické nečistoty mohou poškodit vstřikovací systém a ucpávat palivový filtr. Proto je přítomnost mechanických nečistot v motorové naftě limitovaná na obsah 24 mg/kg. Mechanické nečistoty se stanovují metodou membránové filtrace podle ČSN EN 12662, velikost pórů filtru je 0,7 μm . Velikost pórů palivových filtrů se obvykle pohybuje v rozmezí 2 μm až 5 μm . V distribučním systému není s přítomností nečistot problém, při tankování ze stojanů čerpací stanice je obsah nečistot na úrovni cca do 10 mg/kg.

Nízkoteplotní vlastnosti

Nízkoteplotní vlastnosti motorové nafty se liší v závislosti na klimatu. Česká republika patří do mírného klimatického pásma. Pro mírné klimatické pásmo je stanoveno celkem šest tříd (A až F). Pro Českou republiku jsou stanoveny tři třídy v závislosti na klimatických podmínkách v průběhu roku. Pro období od 15. dubna do 30. září platí třída B s teplotou filtrovatelnosti 0°C , pro přechodná období od 1. 10. do 15. 11. a od 1. 3. do 14. 4. platí třída D s teplotou filtrovatelnosti -10°C . Pro zimní období od 16. 11. do konce února platí třída F s teplotou filtrovatelnosti -20°C . Kromě motorové nafty pro mírné klima se vyrábí i motorová nafta pro arktické klima (A), která má

pět tříd vybraných vlastností (hustota při 15°C , viskozita při 40°C , teplota filtrovatelnosti, teplota zákalu, cetanový index a cetanové číslo). V České republice se vyrábí pro speciální použití třída A2. Teplota filtrovatelnosti je -32°C a teplota zákalu je -22°C . Teplota filtrovatelnosti je zkouškou, která simuluje průchod paliva palivovým filtrem za studena. Vzorek je postupně ochlazován v lázni s předem stanovenou teplotou. Vzorek se nasává podtlakem a průchodem přes definovanou mřížku se musí naplnit stanovený objem skleněné nádoby během 60 s. Teplota, při které se v daném čase objem nenaplní, je teplotou filtrovatelnosti. Teplotu filtrovatelnosti ovlivňují krystaly parafinů, které při ochlazování krystalizují. Proto se motorová nafta pro mírné klima pro přechodná a zimní období odparafinuje na úroveň cca -6°C až -8°C , pro arktické klima je úroveň odparafinování vyjádřena teplotou zákalu, která je pro třídu A2 -22°C . Pro zlepšení teploty filtrovatelnosti motorové nafty se používají přísady, které zabraňují shlukování a usazování parafinů.

Teplota filtrovatelnosti i teplota zákalu se měří na automatických zařízeních. Do nádoby se naplní vzorek, vloží se do měřicího systému, který ohlídá všechny potřebné podmínky měření a při dosažení teploty filtrovatelnosti zaznamená výsledek zkoušky. Pro měření se používá postup ČSN EN 116.

Pro měření teploty zákalu se používá metoda podle normy ČSN EN 23015. Pro měření se používá také automatické zařízení, které provede i záznam výsledků a vyhodnocení zkoušky.

Závěr

Z uvedeného přehledu vyplývá, že kvalita automobilových paliv je podrobně stanovena produktovými i zkušebními normami na evropské úrovni a jsou vytvořeny velmi dobré předpoklady pro monitoring kvality paliv. Všechny používané metody mají stanoveny údaje o preciznosti a aktualizují se v souladu s rostoucími požadavky na kvalitu paliv. Veškeré záležitosti, které souvisejí s převzetím evropských norem, jak produktových, tak zkušebních, zajišťuje UNMZ, odbor normalizace s podporou technické normalizační komise 118.

OKRAJOVÉ PODMÍNKY A POUŽITÍ REFERENČNÍCH VZORKŮ PŘI ZKOUŠENÍ TEPELNÉHO VÝKONU OTOPNÝCH TĚLES

**Ing. Vojtěch Harok, Pavel Pouche,
Ing. Jiří Brož, Ph.D.**

HEATEST, s.r.o.

Při zkouškách sdílení tepla a při zkouškách proudění tekutin jsou důležitá nejen měřidla, ale také okrajové podmínky zkoušky. K zajištění opakovatelnosti a reprodukovatelnosti metody se tudíž kromě zajištění způsobilosti měřidel používají různé postupy verifikace a pravidelné testy, které jsou na případné nežádoucí změny okrajových podmínek citlivé. V laboratoři HEATEST se používají například referenční zkušební vzorky otopných těles. Co se týče použití referenčních zkušebních vzorků, použití hierarchického otevřeného či naopak kruhového slepého schématu testu může přinést zajímavé rozdíly dané nejen fyzikálně, ale také možným různým výkladem technické normy, lidským faktorem či odchylkami od ideálního konkurenčního prostředí.

Sdílení tepla otopnými tělesy, modelování, zkoušení

Otopná tělesa jsou zařízení k vytápění bez vnitřního zdroje tepla určená k vytápění místností v budovách, když teplotou látkou bývá z valné většiny voda. Pro zjednodušení se budeme zabývat otopnými tělesy nevybavených ventilátory a bez větrání (bez přívodu externího vzduchu). Příkladem mohou být otopná tělesa článková, desková či trubková koupelnová.

Takováto otopná tělesa sdílejí teplo v dnešní době typicky nucenou konvekcí (nuceným prouděním) na straně vody (primární teplosměnná plocha otopného tělesa), vedením tepla v materiálu tělesa a dále radiací a přirozenou konvekcí na straně vzduchu (sekundární teplosměnná plocha). Radiační složka je u všech otopných těles kromě konvektorů a leštěných provedení podstatná (až 50 %).

Uvnitř jednotlivých kanálů otopného tělesa (ve vodě) se utvoří třírozměrné skalární pole teploty a třírozměrné vektorové pole rychlosti proudění vzduchu. V materiálu otopného tělesa se vytvoří třírozměrné pole teploty, které je na zakřiveném primárním a sekundárním povrchu (2D) „obnaženo“. V místnosti se vytvoří třírozměrné skalární pole teploty, třírozměrné skalární pole hustoty, třírozměrné vektorové pole rychlosti a radiační pole. Na povrchu stěn místnosti se vytvoří dvourozměrné pole povrchové teploty a navazující třírozměrné pole teploty „prorůstá“ materiálem stěn místnosti...

Vztahy mezi jednotlivými veličinami jsou dané soustavou parciálních diferenciálních rovnic rovnice kontinuity, zachování energie, vedením tepla, sdílení tepla konvekcí, Archimedova zákona, vzájemného záření povrchů, reologie.

Aby měla úloha vůbec smysl, musejí být určeny její počáteční a okrajové podmínky, tj. podmínky

a) *geometrické*, tj. topologie a tvar otopného tělesa a případně rozložení materiálů v něm, uzavřenost či otevřenost („nekonečnost“) místnosti, tvar místnosti, umístění otopného tělesa v místnosti...

- b) *fyzikální*, například předpoklad rovnoměrné teploty stěn místnosti (ideálně chlazené stěny), emisivita povrchu stěn místnosti, předpoklad vstupu vody o rovnoměrném rozložení teploty v průtočném profilu, definování vztažné teploty vzduchu (tj. kde v místnosti měříme teplotu vzduchu, bez radiační složky či s ní)...
- c) *počáteční* (např. počáteční rozložení teplot, pro numerické modely) případně *předpoklad stacionárního děje* (pro zkoušky) či obojí (numerické modely, které zkonvergují po sérii časových iterací od počátečních podmínek ke stacionárnímu řešení).

Tento teoretický úvod uvádíme jednak proto, že nám přijde vhod, když budeme zabíhat do podrobností ustáleného stavu, nejistot měření a zkoušek opakovatelnosti, ale také proto, aby bylo zřejmější, kdy je s výhodou možno použít matematické modelování a kdy je naopak nezbytná praktická zkouška.

Je třeba znát mnoho vlastností vzduchu, povrchů, materiálů, včetně vlastností spojů těchto materiálů. Existuje i mnoho různých, případně na sebe nenavazujících fyzikálních modelů (např. pro pouhé proudění vody v trubce). Vzhledem k tomu, o jak výpočetně rozsáhlé úlohy se může jednat, je vhodné využít **matematické modelování** úlohy (typicky metodou konečných prvků) pro optimalizaci konstrukčního řešení výrobcem (srovnání jednotlivých variant), například pro zjednodušené okrajové podmínky.

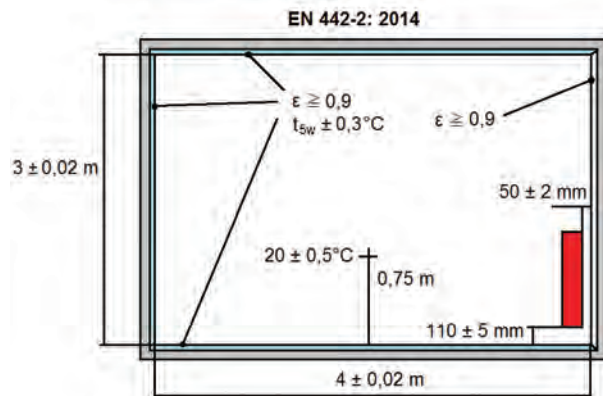
Naopak, pokud potřebujeme objektivně posoudit vlastnosti výrobků vzhledem k jejich charakteristikám (a zajistit tak např. možnost srovnání výrobků různých výrobců a splnění požadavků Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 – Construction Product Regulation (tzv. CPR), **zkouška** se jeví jako nezbytná.

Jmenovitý tepelný výkon otopných těles

Pro porovnání různých otopných těles anebo naopak srovnatelných otopných těles od různých výrobců se zavádí tzv. **jmenovitý tepelný výkon** ve watech (W), což je tepelný výkon, který je určen

- zkouškou (vzorku daného modelu) či na základě zkoušky (vzorku jiného modelu stejného typu přepočtem, např. přímou úměrou vzhledem k jednomu rozměru)
- často nepřímou, na základě měření průtoku a ochlazení vody při zkoušce
- při geometrických podmínkách daných tvarem zkušební komory (např. 4x4x3 m), předepsaným umístěním vzorku, místem měření vztažné teploty
- při daných fyzikálních podmínkách např. rovnoměrnost rozložení teploty stěn zkušební komory
- při podmínkách stacionárního děje
- s pomocí korekcí na přesné splnění jmenovitých podmínek
- při splnění dalších podmínek, určených zpravidla technickou normou, obecnými požadavky na měření, zákony, požadavky na akreditaci atd.

Pro otopná tělesa se používá nejčastěji teplota vstupní/výstupní vody 75/65 °C a vztažná teplota vzduchu 20 °C ve středu komory, ve výšce 0,75 m nad podlahou. Schéma zkoušky dle ČSN EN 442-2: 2015 je znázorněno na **obr. 1**.



Obr. 1: Schéma zkoušky tepelného výkonu otopného tělesa podle normy ČSN EN 442-2: 2015. Zadní stěna komory (stěna za zkušebním vzorkem otopného tělesa označeným červeně) je nechlazená, ostatních 5 stěn je chlazených.

Faktory ovlivňující tepelný výkon určený zkouškou

Hodnotu tepelného výkonu daného otopného tělesa jako výrobku určenou zkouškou ovlivní či mohou ovlivnit

- provedení a stav zkušební vzorku
- umístění, připevnění a připojení vzorku ve zkušební komoře
- provedení, vlastnosti a stav zkušební komory
- měřidla, jejich kalibrace a justování, vzorkování, statistické zpracování dat
- řízení zkoušky, regulace
- korekce
- nestability a „náhodné“ vlivy

Ad a) Provedení a stav zkušební vzorku

Odchylky rozměrů, rovinnosti či rovnoběžnosti v rámci výrobní tolerance; rozměry, které nejsou kótovány, skutečné provedení spojů (sváry, těsnění), stav vnitřního povrchu z výroby, provedení a stav laku.

Dále, pokud je vzorek déle skladován nebo je prováděna opakovaná zkouška po určité době, nemluvě o nějaké době skutečného provozu, na vnitřním povrchu se mohou vyskytnout korozní jevy, zanášení (fouling). Toto může hrát podstatnou roli hlavně ve speciálních případech, v kombinaci s „náhodnými vlivy“. Mohou se také uvolnit vnitřní napětí, zanesená při výrobě (lisování, svařování) a otopné těleso tím může nejen nepatrně změnit tvar (rovinnost), ale také degradovat svůj tepelný výkon (u konvektoru s lamelovým výměníkem – výměník s nesprávně nalisovanými lamelami).

Na vnějším povrchu se s časem může měnit emisivita povrchu (znečištění, vytvoření či degradace vrstvy oxidů, změny povrchu laku).

Ad b) Umístění, připevnění a připojení vzorku ve zkušební komoře

Přesné umístění vzorku ve zkušební komoře hraje velkou roli především proto, že velikost mezery mezi zadní stranou otopného tělesa a zadní stěnou komory má velký vliv na

obtávání otopného tělesa vzduchem a tudíž na lokální koeficienty přestupu tepla na straně vzduchu. Nemusí se jednat o triviální úkol vzhledem k tomu, že zkušební vzorek ani zkušební komora mají většinou měřitelnou odchylku od rovinnosti. Zároveň nemusí být v určitých případech umístění vzorku v komoře jednoznačně či bezchybně popsáno v technické normě.

S předchozím odstavcem souvisí připevnění otopného tělesa k zadní stěně komory a příp. k podlaze komory, které by mělo být nejen dostatečně jednoduché a pevné (z hlediska provozního a z hlediska bezpečnosti), ale zároveň umožnit co nejpřesnější umístění vzorku a co nejméně ovlivnit zkoušku – každý fixační přípravek představuje určitý tepelný most, reflexní či absorpční plochu, a narušuje proudění vzduchu.

Zkušební vzorek – otopné těleso – musí být připojen ke zkušebnímu topnému okruhu a je potřeba měřit teplotu vstupní a výstupní vody do tělesa. Toto měření musí být prováděno co nejbližší tělesu, tj. nejlépe přímo na vstupu otopného tělesa; v každém případě, uvnitř v komoře. To znamená, že se v bezprostřední blízkosti tělesa vyskytují měřicí hlavy a hadice o nezanedbatelných rozměrech. Použité měřicí hlavy, izolace měřicích hlav a hadic i vedení hadic v komoře (mechanická překážka, překážka záření, naopak absorpční plocha, zdroj tepla) mohou ovlivnit měření.

S připojením vzorku souvisí nezbytné odvodušnění vzorku, které zajistí jednak plné využití vnitřní (primární) přestupní plochy tělesa, co nejlepší proudění vody v jednotlivých kanálech vzorku a stabilitu průtoku (absenci rušivých náhlých změn průtoku).

Ad c) Provedení, vlastnosti a stav zkušební komory

Provedení, vlastnosti a stav zkušební komory mají na výsledek zkoušky značný vliv. Pokud zůstaneme u komory 4x4x3 m s chlazenými stěnami podle normy EN 442-2 a abstrahujeme od dramaticky jiných uspořádání (kde naměřený tepelný výkon může být až o desítky procent odlišný), na naměřený tepelný výkon má vliv především:

- rovnoměrnost povrchové teploty mezi jednotlivými stěnami a v rámci stěn (absence tepelných mostů, samostatná konstrukce, chlazené dveře, dostatečný průtok chladicí kapaliny)
- konstrukce zadní stěny komory (která sice není naplněna vodou, ale musí být stejné konstrukce, jako ostatní, chlazené stěny)
- správné umístění a odstínění čidel teploty vzduchu
- emisivita stěn komory (zvolený lak, stav laku, čistota)
- vedení potrubí, hadic, kabelových svazků, sloupky, podpěry a ostatních překážky proudění a radiaci
- konstrukce a stav chladicích kanálů, odvodušnění stěn (souvisí s bodem a)
- skutečné rozměry, rovinnost stěn atd.
- hydraulický návrh, provedení a stav (údržba) topného okruhu a chladicího okruhu stěn (zvyšuje regulační rozptyl a tedy nejistotu měření typu A)

Ad d) Měřidla, jejich kalibrace a justování

Tepelný výkon se určuje v případě váhové metody jako součin ochlazení vody, hmotnostního průtoku vody a měrné

tepelné kapacity vody, pro daný rozdíl střední teploty vody a vztažné teploty vzduchu v komoře. Základními měřidly jsou proto

- čidla teploty vody (vstupní a výstupní teplota vody)
- čidla teploty vzduchu (vztažná teplota vzduchu)
- měřidla pro měření hmotnostního průtoku vody (váha a elektronické měření času)

Elektronické měření času i vážení je v dnešní době možné snadno provádět dostatečně správně a přesně, proto se soustředíme na měření teplot.

Měření teploty vody, jakož i určení teplotního rozdílu, musí mít podle normy ČSN EN 442-2: 2015 celkovou nejistotu nejvýše 0,1 K, což pro základní podmínky (teplotu vstupní/výstupní vody 75/65 °C, tj. ochlazení vody 10 K) představuje celkovou relativní nejistotu určení teplotního rozdílu nejvýše 1 %. Nejistota určení střední teploty vody (jako průměr měřené teploty vody vstupní a výstupní) musí být do 0,05 K. Nejistota měření teplotního rozdílu, rozdílu střední teploty vody a vztažné teploty vzduchu musí být do 0,1 K.

Z předchozího odstavce vyplývá, že požadavky na měření teploty (vody i vzduchu) jsou vysoké. Pouze s využitím nejlepší techniky a celého spektra postupů je možné požadavky splnit. Používají se:

- a) speciální měřicí jímky (na vodě) a radiační odstínění (na vzduchu)
- b) platinová čidla ve čtyřvodičovém zapojení, stejného typu a „stáří“, s kalibrační historií, kvalitní konektory
- c) špičková měřicí centrála vybavená multiplexorem, s jediným AD převodníkem pro všechna čidla (nikoliv „digitální“ čidla, kde každé čidlo má svůj měřicí můstek a AD převodník)
- d) redundance (více čidel v jednom měřicím bodě)
- e) vzorkování (řádově stovky bodů na jedno měření), elektronický záznam, statistické zpracování
- f) kalibrace celého měřicího řetězce, ve vhodné lázni podle rozsahu teplot na kvalitním zařízení v akreditované kalibrační laboratoři, s dostatečně nízkou nejistotou měření při kalibraci
- g) softwarové justování, při kterém se vhodně koriguje charakteristika čidla v celém měřicím rozsahu používaném při zkoušce (cca 40 °C až 90 °C pro vodu a okolí 20 °C pro vzduch)

Ad e) Řízení zkoušky (regulace)

Řízení zkoušky a regulace jednotlivých hydraulických okruhů (algoritmy, software a hardware) může ovlivnit výsledek zkoušky několika způsoby:

- určuje střední hodnotu veličin jako je průtok a teplota, blízkost udržení střední hodnoty požadovanému optimu
- do určité míry ovlivní rozptyl naměřených hodnot (nad rámec náhodných změn) a tudíž nejistotu měření typu A tím, jakým způsobem opakovaně mění nastavení frekvenčních měničů, škrticích ventilů, zapíná a vypíná topné tyče, zapíná, reguluje chlazení stěn (regulační algoritmus a jeho praktická realizace). V ideálním případě regulace vyrovnává „náhodné“ odchylky, které se vyskytují, ale nikdy není ideální, a naopak může generovat své vlastní odchylky.

- určuje, jaký trend jednotlivých veličin v průběhu měření je ještě přípustný, a tudíž, jak „blízko“ se nacházíme ve stavu stacionárního děje a jak velká chyba z toho může vzejít
- automaticky hlídá či může hlídat splnění některých požadavků technické normy, případně zpřísněných takovýchto požadavků, i dalších požadavků nad rámec normy.

Ad e) Korekce

Naměřená hodnota tepelného výkonu otopného tělesa závisí na atmosférickém tlaku při zkoušce – pro vyšší tlak je přestup tepla účinnější. V praxi tedy závisí naměřená hodnota tepelného výkonu na

- nadmořské výšce laboratoře
- aktuálním počasí (tlaku přepočteném na hladinu moře).

Aby byla zkouška reprodukovatelná, a tedy výsledky zkoušky z různých laboratoří (jmenovité tepelné výkony) si byly co nejbližší, zavádí se korekce na tlak. Výsledky se přepočítávají podle atmosférického tlaku naměřeného na normální podmínky (101,325 kPa) pomocí vztahů, koeficientů a exponentů daných technickou normou.

Korekce dosahuje typicky několika procent a je o to vyšší, o co leží laboratoř ve větší nadmořské výšce (například Univerzita Stuttgart leží cca 550 m.n.m. a laboratoř HEATEST pouhých 166 m.n.m.). Čím větší korekce, tím větší je obecně možnost chyby vyplývající z této korekce.

Ad f) Nestability a „náhodné“ vlivy

Z povahy parciálních diferenciálních rovnic popisujících systém *topná voda – vzorek otopného tělesa – vzduch – stěny komory* vyplývá, že

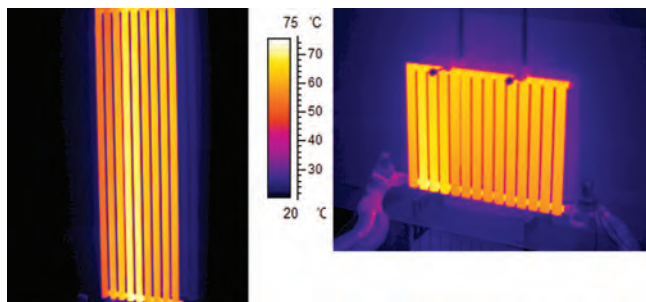
- úloha nemusí mít jednoznačné řešení, tj. pro stejné okrajové a počáteční podmínky může mít několik různých řešení (různých teplotních a rychlostních polí)
- nemusí existovat ustálený stav, ke kterému by se systém blížil, tj. stav, kdy teplotní a rychlostní pole budou v čase konstantní, a to i za předpokladu, že neexistují žádné „náhodné poruchy“
- řešení může být za určitých okolností periodické (neustálé cyklování teplot a rychlostí)
- ani pro ideálně symetrické geometrické a fyzikální okrajové podmínky a počáteční podmínky nemusí být řešení symetrické, tj. např. tepelná a rychlostní pole nemusejí být symetrická podle středové roviny komory
- některá řešení mohou být nestabilní, některá více či méně stabilní
- pokud předpokládáme existenci „náhodných“ poruch, systém může více či méně náhodně „přeskakovat“ mezi jednotlivými řešeními podle toho, jak jsou stabilní a jaké se vyskytují poruchy

Navíc se mohou měnit parametry diferenciálních rovnic či samotné rovnice (laminární – přechodové – turbulentní proudění na straně vody). Přitom samotné tyto rovnice jsou pouhým makroskopickým přiblížením reality (skutečné proudění a vytváření mezních vrstev například za jednotlivými kolínky lamelového výměníku), což přidává další prvek možné nestability.

Problémem také je, že je prakticky velmi obtížné až nemožné zjistit, co se skutečně (například uvnitř otopného tělesa) děje, neboť není možné prostorem nainstalovat tisíce čidel a někdy ani několik málo čidel, aby to neovlivnilo zkoumaný děj.

Každopádně z toho, co je možné pozorovat při běžných měřeních, případně navíc s použitím infrakamery, je možné vyvodit:

- Periodická řešení jsou pro některá otopná tělesa spíše pravidlem než výjimkou (pokud má otopné těleso malou celkovou tepelnou kapacitu a velký tepelný výkon, dochází k periodickým pulzacím vzduchu, které se přenášejí do teploty výstupní vody)
- Proudění vzduchu v komoře často místo toho, aby bylo rovinně symetrické, zahýbá do jednoho z předních rohů komory, zvolený roh se může měnit
- K nestabilitám v proudění vody dochází. Například pro otopná tělesa se svislými sloupky (trubková či článková, viz **obr. 2**), která jsou zapojena oboustranně zdola–dolů a mají prizmatický rozdělovač–sběrnici, si voda „vybírá“ sloupky, kterými bude proudit nahoru a sloupky, kterými bude proudit dolů. Z toho vyplývá nerovnoměrné rozložení povrchové teploty na sekundárním povrchu otopného tělesa a tudíž nižší celkový koeficient přestupu tepla. V průběhu zkoušky za jinak ustáleného stavu se vybrané sloupky mohou měnit (přechodový jev), může se měnit jejich počet atd., čímž se mění rozvržení povrchové teploty a v důsledku toho kolísá tepelný výkon.



Obr. 2: Nerovnoměrné rozložení povrchové teploty otopného tělesa pro otopná tělesa trubková se svislými sloupky zapojená oboustranně zdola–dolů. Na obrázku vpravo je možné spatřit reálné okrajové podmínky umístění vzorku (měřicí hlavy, fixační přípravky). Je také vidět, že emisivita laku zkušební komory je menší než 1, neboť je nezřetelně vidět odraz otopného tělesa v zadní stěně.

Pro úplnost je možné dodat, že pro nejběžnější konstrukce a zapojení otopných těles deskových, článkových a trubkových se příroda chová většinou „rozumně“ a k nestabilitám nedochází a případné pulzace bývají zanedbatelné.

Příklad ovlivnění výsledku zkoušky zpracováním dat a regulací

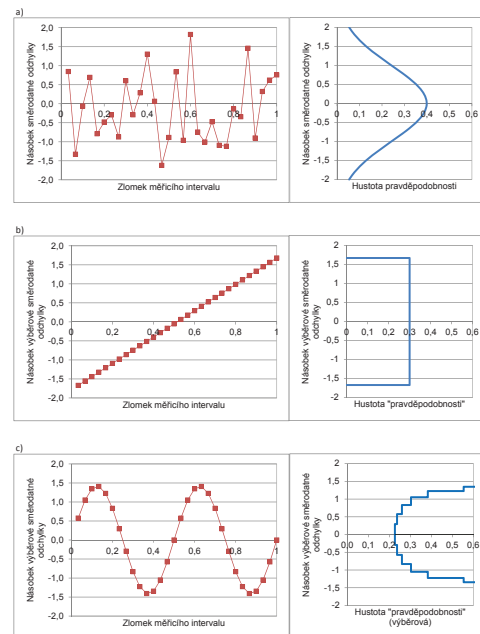
Zajímejme se nyní o to, jaký vliv na hodnotu tepelného výkonu vzorku otopného tělesa určenou zkouškou může mít to, jestli v komoře dosáhneme požadované vztažné teploty vzduchu zespu (tj. jejím postupným zvyšováním), nebo naopak shora, a dodržíme přitom kritéria ustáleného stavu podle technické normy.

Podle normy ČSN EN 442-2: 2015 je kritériem dosažení ustálené vztažné teploty hodnota směrodatné odchytky vztažné teploty vzduchu nejvýše 0,05 K pro měření trvající nejméně 30 minut. Dokážeme nyní, že pokud vezmeme jako odhad směrodatné odchytky **výběrovou směrodatnou odchytkou** (jak se to běžně dělá a jak je to asi myšleno tvůrcem technické normy), z toho vyplývající chyba měření může být až 5 W, což pro daný rozsah měřicí metody 200 W až 3500 W představuje relativní chybu ± 0,14 % až ± 2,5 % a tudíž jednotlivé výsledky měření lišící se od sebe až o 5 %.

Signál teplotního čidla se skládá typicky z

- trendu
- periodické složky
- náhodné či kvazináhodné složky.

Zanedbejme nyní periodickou a náhodnou složku a předpokládejme, že má signál lineární průběh o trendu 0,09 mK/s (viz **obr 3 b**). Výběrová směrodatná odchytka takového signálu (vypočítaná jako odmocnina ze součtu čtverců rozdílu od střední hodnoty vydělená odmocninou počtu měřících bodů zmenšeného o jedna) na intervalu 30 minut bude mít hodnotu 0,048 K, což je plně v rámci limitu 0,05 K daného technickou normou.



Obr. 3: Tři signály se shodnou „směrodatnou odchytkou“ s určenou pomocí součtu čtverců rozdílu od výběrové střední hodnoty. Vlevo je časový průběh signálu a vpravo odpovídající statistické rozdělení hodnot, např. teploty. a) náhodný proces s čistě Gaussovým rozdělením, b) prostý trend, c) čistě periodický proces s harmonickým průběhem

Znamená to ale také, že se vzduch v komoře ohřívá a za dobu 30 minut se ohřeje o $30 \times 60 \times 0,00009 = 0,16$ K. Zkušební komora o vnitřních rozměrech 4 x 4 x 3 m, tj. o objemu 48 m³, tj. o hmotnosti vzduchu cca 58 kg má tepelnou kapacitu přibližně 58 kJ/K. Tedy, pokud se vzduch v komoře ohřeje o 0,16 K, spotřebuje se na to teplo asi 9 kJ, a to za 30 minut, tedy 1800 s. Odpovídající tepelný výkon je tedy asi 5 W. Těchto až 5 W je dodáno topnou vodou (je počítáno v naměřeném tepelném výkonu), ale nemělo by být, protože se jedná o přechodový jev.

Testy opakovatelnosti, reprodukovatelnosti, kruhový test

Základní prostředkem verifikace metody dle ČSN EN 442-2: 2015 jsou zkoušky opakovatelnosti a reprodukovatelnosti na referenčních vzorcích otopných těles.

Vzhledem k výše uvedeným vlivům by tyto referenční vzorky měly mít konstrukci a předepsané zapojení, které zajistí stabilitu proudění vody v kanálech tělesa, nekorodující provedení, lak, mít různé procento sdílení tepla zářím, jmenovitý tepelný výkon různý, ale ne příliš blízko hraničním měřicího intervalu.

Existuje tzv. **primární sada referenčních vzorků** a okruh tzv. **referenčních zkušebních laboratoří**, když byl na počátku, na základě mnoha měření v různých referenčních laboratořích určen konvenčně správný jmenovitý tepelný výkon těchto vzorků. Dále tato primární sada putuje mezi jednotlivými referenčními laboratořemi, když odchylka naměřeného jmenovitého tepelného výkonu od konvenční hodnoty musí být do $\pm 1\%$.

Každá referenční zkušební laboratoř či „schválené zkušební místo“ (viz další kapitola) musí pravidelně provádět zkoušky opakovatelnosti a reprodukovatelnosti v časových intervalech daných technickou normou. Zkušební sestava se tedy povinně skládá ze zkušebního místa (zkušební komory s infrastrukturou a vyškolenými pracovníky) a 3 referenčních vzorků zkušebních těles (tzv. sekundární sady otopných těles, viz **obr. 4**).



Obr. 4: Referenční (sekundární) sada vzorků otopných těles podle normy ČSN EN 442-2: 2015.

Při zkoušce opakovatelnosti musejí naměřené hodnoty tepelného výkonu vlastní sekundární sady referenčních vzorků ležet vždy v rozmezí $\pm 1\%$ od původní hodnoty určené samotnou laboratoří na počátku na základě většího počtu měření.

Při zkoušce opakovatelnosti laboratoř posílá svou sekundární sadu referenčních vzorků ke zkušenkám do referenční zkušební laboratoře a výsledný jmenovitý tepelný výkon musí ležet v rozmezí $\pm 1\%$ od původní hodnoty určené touto referenční zkušební laboratoří. Existuje tedy určitá „návnosť“ na jednu z referenčních zkušebních laboratoří.

Norma EN 442-2: 2014, jejíž české vydání je ČSN EN 442-2: 2015, zavádí ještě další zkoušku: slepý kruhový test (tzv. Round Robin Test – RRT), kdy má být 2 týdny dopředu ohlášen příjezd „neznámého“ zkušebního vzorku, který bude laboratoř muset vyzkoušet; výsledky zkoušky budou muset být v rozmezí $\pm 1\%$ od hodnoty určené při přípravě tohoto testu..

Schválená zkušební místa

Vzhledem k tomu, jakou roli hrají okrajové podmínky, vlastnosti komory, regulace a měřidla a že je požadována správnost měření v řádu jednoho procenta, musejí být všechna zkušební místa podle normy ČSN EN 442-2: 2015 schválena odborníky z referenčního zkušebního místa.

Při schvalování se posuzuje konstrukce komory, emisivita stěn, rovnoměrnost rozložení tepla na stěnách, verifikuje měření průtoku, kontrolují se metody kalibrace a justování a důraz se klade na zkoušky opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. Příklad dokumentu potvrzujícího schválení zkušebního místa je ukázán na **obr. 5**.



Obr. 5: Potvrzení o schválení laboratoře jako „schváleného zkušebního místa“

Diskuse k verifikačním testům v praxi

Z metodického hlediska je možné diskutovat požadavek, aby výsledky testů opakovatelnosti „vždy“ ležely v rozmezí $\pm 1\%$ vzhledem k tomu, že

- to neodpovídá současnému pojetí měření jako náhodného procesu, kdy s daným počtem provedených zkoušek bude každá mez jednou překročena (dalo by se to ovšem snadno nahradit jiným kritériem na výběrovou statistiku)
- je to hodnota srovnatelná s celkovou nejistotou měření (bez rozšíření).

Na druhou stranu, za použití nejlepší techniky, mnoha různých metod a velmi pečlivé práce je to pro referenční vzorky a „podobná“ otopná tělesa možné. V praxi je potřeba, aby zkušební laboratoř ještě zúžila přípustné intervaly (nejistoty měření, vlastnosti komory) oproti explicitním požadavkům normy.

Vážnějšími otázkami EN 442-2: 2014 jsou otázky „schvalování“ měřicích komor, „připuštění“ ke kruhovému testu, zaručení tajemství v případě slepého testu atp., kde může za podmínky omezeného množství odborníků a hráčů na trhu docházet ke střetům zájmů, protože také referenční a schválená zkušební místa si navzájem tvrdě konkurují. Obecně je možné pouze doporučit, aby se české subjekty aktivněji podílely na technické normalizaci na evropské úrovni.

ZKUŠEBNÍ ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ TEPELNÉHO ODPORU MPT-01

Ing. Jan Tripes

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.

1. Úvod

Součástí zkvalitnění služeb Technického a zkušebnímu ústavu stavebního Praha, s. p., je také kontinuální obnova a modernizace zkušebního zařízení. V souladu s tímto záměrem bylo pro pobočku v Českých Budějovicích pořízeno zcela nové zkušební zařízení pro měření tepelného odporu R [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$] stavebních prvků a konstrukcí. Jedná se o zařízení pracující na principu kalibrované chráněné teplé skříně v souladu s normou ČSN EN ISO 8990. [1]

2. Popis zkušebního zařízení

Zařízení sestává ze dvou samostatných částí (skříní) – topné a chladicí, resp. teplé a studené, které jsou vždy kontaktně upevňovány k bočním stranám zkoušeného vzorku o rozměrech cca 180 x 180 cm. Možný rozsah tloušťky zkoušených prvků se pohybuje přibližně v rozmezí 5 – 60 cm. V každé části zařízení je následně udržována přednastavená teplota pro dosažení tepelného toku skrze měřený vzorek. Rovnoměrné rozložení teploty vzduchu uvnitř jednotlivých skříní zajišťují pomalu rotující mísící lopatky. Studená strana obsahuje kompresorový chladicí okruh se vzduchem chlazeným kondenzátorem a je možno ji programovat v rozsahu cca 0°C ÷ -15°C. Teplá strana sestává z měrné a kompenzační části, přičemž v průběhu měření je v obou částech s vysokou přesností udržována konstantní teplota pro minimalizaci bočních tepelných toků vzorkem a tepelných ztrát stěnami měrné skříně. Regulace teplé strany probíhá v rozsahu cca 10°C ÷ 40°C. Měrná část teplé strany má rozměry přibližně 102 x 102 cm a splňuje tak i požadavek normy na měření vzorků s tloušťkou nad 33 cm.



Součástí obou skříní je také svazek vždy 9 platinových teplotních čidel (PT100) pro snímání povrchových teplot vzorku. Kvalitní tepelnou izolaci obou částí přístroje zajišťují sendvičové PUR panely o tloušťce 100 mm.



Teplá strana



Měřené hodnoty jsou zobrazovány na polohovatelném externím displeji, přičemž zařízení umožňuje také dálkový přístup v rámci interní počítačové sítě, popř. je možné jej osadit bezdrátovým modulem. Z naměřených hodnot teploty a el. příkonu potřebného pro dosažení ustáleného tepelného toku procházejícího vzorkem je následně vypočten výsledný tepelný odpor konstrukce.

3. Závěr

Hlavními přednostmi zařízení jsou vysoká přesnost měření, plynulá regulace potřebného el. příkonu, promyšlená eliminace nežádoucích zdrojů tepla a v neposlední řadě autonomní provoz, kdy po prvotním nastavení probíhá ukládání naměřených dat do integrované paměti přístroje bez nutnosti komunikace s řídicím PC.

Použitá literatura:

[1] ČSN EN ISO 8990:1998 - Tepelná izolace - Stanovení vlastností prostupu tepla v ustáleném stavu - Kalibrovaná a chráněná teplá skříně

LEHKÁ DYNAMICKÁ DESKA JAKO NÁSTROJ PRO URČENÍ MODULU PŘETVÁRNOSTI ZEMNÍ PLÁŇ VOZOVEK POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D.
Ing. Petr Zedník
doc. Ing. Zdeněk Hřebíček, CSc.
Ing. Jindřich Frič, Ph.D.

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Abstrakt

Jediným uznávaným způsobem určení modulu přetvárnosti zemní pláň v České republice je statická zatěžovací zkouška probíhající ve dvou zatěžovacích cyklech. Pro určení modulu pružnosti konstrukčních vrstev vozovek se používá také rázové zařízení skupiny A podle ČSN 73 6192. Přetvárné charakteristiky zemní pláň se však často orientačně ověřují též rázovým zařízením skupiny C podle citované normy. Toto zařízení norma též označuje jako lehká dynamická deska (LDD). Zařízení samo i manipulace s ním jsou poměrně jednoduché, avšak srovnatelnost výsledků měření se statickou zkouškou není jednoznačná. Tento článek se zabývá zařízením lehké dynamické desky z hlediska kalibrace a z hlediska nastínění problémů při srovnání výsledků této zkoušky se zkouškou statickou.

Úvod do problematiky

Problematika zatěžovacích zkoušek je zevrubně rozebrána v předchozím čísle tohoto časopisu, v článku nazvaném „Přetvárné charakteristiky zemní pláň dopravních liniových staveb“ [1]. Tam jsou popsány způsoby určení statických modulů pružnosti a přetvárnosti tak, jak je stanovují různé normy platné v České republice. Je tam též zmíněno měření rázového modulu deformace (přetvárnosti) rázovým zařízením skupiny C, tzv. lehkou dynamickou deskou (LDD).

Princip funkce rázového zařízení LDD je poměrně jednoduchý: závaží vedené vodící tyčí z určité výšky dopadne přes tlumič na zatěžovací desku, která se impulzem síly, jenž dopad závaží vytvoří, krátkodobě zatlačí do zkoumané zeminy. Velikost tohoto zatlačení (průhybu měřené zeminy) se přitom zaznamená.

I když podle normy ČSN 73 6192 [2], kap. 5.4, k rázovým zkouškám podloží a sypanin zemního tělesa jsou vhodné pouze hrubozrnné zeminy skupiny G, S, G-F, S-F, GF a SF podle čl. 59 ČSN 72 1001: 1989 [3] (dnes již neplatná norma), je v praxi snaha požívat lehkou dynamickou desku i pro zeminy jemnozrnné, soudržné. Z další textace normy [2] je zřejmé, že sám normotvůrce neměl příliš mnoho důvěry v měření modulů užitím lehké dynamické desky, když v normě uvádí: „Pro rázové zkoušky podloží a sypanin zemního tělesa se používá rázové zařízení skupiny B a skupiny C. Pro zkoušky, jejichž účelem je stanovit rázový modul pružnosti E_{rz} nebo rázový modul deformace M_{rz} , se používá zařízení skupiny B (tzn. jiné zařízení než LDD), vyvozující

standardní rázový pulz o amplitudě přibližně 8 kN při délce jeho působení přibližně 100 ms. Rázové zařízení skupiny C (tedy LDD) se používá především pro kontrolu míry zhutnění mimo aktivní hloubku (tzn. nikoli především pro určení modulů).“ – Do citací normy jsou v závorkách vloženy komentáře autorů článku.

Norma [2] určení rázového modulu deformace užitím LDD připouští, avšak stanoví (čl. 4.4), že pro zjišťování míry zhutnění zemin lehkou dynamickou deskou zvláště při velkých objemech zemních prací, kde je předepsán zhutňovací pokus, je nutné předem stanovit korelační vztahy mezi rázovým modulem deformace M_{vd} a modulem přetvárnosti E_{def} získaným statickou zatěžovací zkouškou prováděnou podle ČSN 72 1006 [4] nebo mezi rázovým modulem deformace M_{vd} a objemovou hmotností podle zkoušky Proctor-standard [5, 1], není-li v projektové dokumentaci stavby, technických podmínkách pro kontrolu a přejímání prací nebo v jiném, pro stavbu závazném dokumentu, stanoveno jinak.

1. Parametry lehké dynamické desky a výpočet rázového modulu deformace

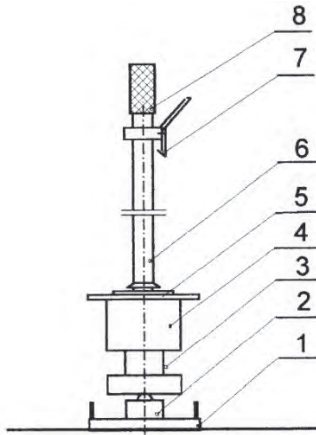
Parametry rázového zařízení LDD i průběh zkoušky jsou popsány v již citované ČSN 73 6192. Podle této normy (čl. 5.4.9.1) se zatěžovací deska zajistí proti odskočení přišlápnutím, viz **obr. 1**, a dotlačí se k povrchu třemi příravnými úderu. Po třetím úderu se zapojí měřící zařízení a provedou se tři rázové zkoušky, při kterých se zaznamená zatlačení desky (průhyb zeminy). Tím je zkouška ukončena. Do výpočtu rázového modulu deformace pak vstupuje hodnota aritmetického průměru tří hodnot zatlačení desky.



Obř. 1: Detail lehké dynamické desky, význam odkazů, viz popis níže; kabel jdoucí od pouzdra (2) s absolutním snímačem vede k elektronické vyhodnocovací jednotce

Parametry lehké dynamické desky stanoví norma ve svém článku 3.1.3. Tam se uvádí, že rázové zařízení skupiny C, lehká dynamická deska, viz **obr. 1 a 2**, se skládá z těchto základních součástí:

- 1) kruhové zatěžovací desky o průměru 300 mm, jejíž tuhost odpovídá ČSN 73 6190 [6],
- 2) pouzdra se středícím kloubem a vestavěným absolutním snímačem; snímač včetně elektronických obvodů umožňuje měření svislého průhybu zkoušeného prostředí v rozmezí 0,2 mm až 10,0 mm s přesností měření ±0,01 mm,
- 3) tlumicího systému, umožňujícího dosáhnout délky rázového pulzu 18 ms,
- 4) závaží o hmotnosti 10 kg,
- 5) kruhové rukojeti,
- 6) vodící tyče závaží,
- 7) západky pro aretaci závaží,
- 8) rukojeti.



Obr. 2: Schéma rázového zařízení skupiny C – lehká dynamická deska podle ČSN 73 6192, vysvětlivky v textu nad obrázkem

Norma [2] na rozdíl od rázových zařízení skupin A a B nestanoví amplitudu síly pulzu nebo maximální velikost napětí, které se rázem do zeminy vnáší. Stanovuje jen délku pulzu (18 ms) a hmotnost závaží (10 kg), jehož pád pulzu vyvolá. Přitom vztah pro výpočet rázového modulu deformace M_{vd} (1.1) informaci o maximálním napětí vyžaduje.

$$M_{vd} = \frac{\pi}{2} (1 - \mu^2) \cdot \frac{r \cdot \sigma}{y_c}, \tag{1.1}$$

kde
 π je Ludolfovo číslo,
 μ Poissonovo číslo měřené zeminy,
 r poloměr zatěžovací desky,
 σ kontaktní napětí,
 y_c deformace pod středem desky.

Norma pro měření lehkou dynamickou deskou vztah (1.1) zjednodušuje tak, že zavádí jednotné Poissonovo a Ludolfovo číslo přitom zaokrouhlí. Tím výraz před zlomkem ve vztahu (1.1) nahradí konstantou 1,5 a získá vztah (1.2), ve kterém mají jednotlivé veličiny stejný význam jako u vztahu (1.1).

$$M_{vd} = 1,5 \cdot \frac{r \cdot \sigma}{y_c}, \tag{1.2}$$

Kdybychom chtěli vyjádřit rázový modul deformace jako veličinu závislou nikoli na maximálním kontaktním napětí, ale na amplitudě síly, která je vnášena při rázu, můžeme vztah (1.1) upravit na vztah (1.3) takto:

$$M_{vd} = \frac{\pi}{2} (1 - \mu^2) \cdot \frac{r \cdot \sigma}{y_c} = \frac{\pi}{2} (1 - \mu^2) \cdot \frac{r \cdot F}{S \cdot y_c} = \frac{\pi}{2} (1 - \mu^2) \cdot \frac{r \cdot F}{\pi \cdot r^2 \cdot y_c} = \frac{1}{2} (1 - \mu^2) \cdot \frac{F}{r \cdot y_c}, \tag{1.3}$$

kde
 F je amplituda síly impulzu,
 S plocha zatěžovací desky.
 Ostatní veličiny mají stejný význam jako u vztahu (1.1).

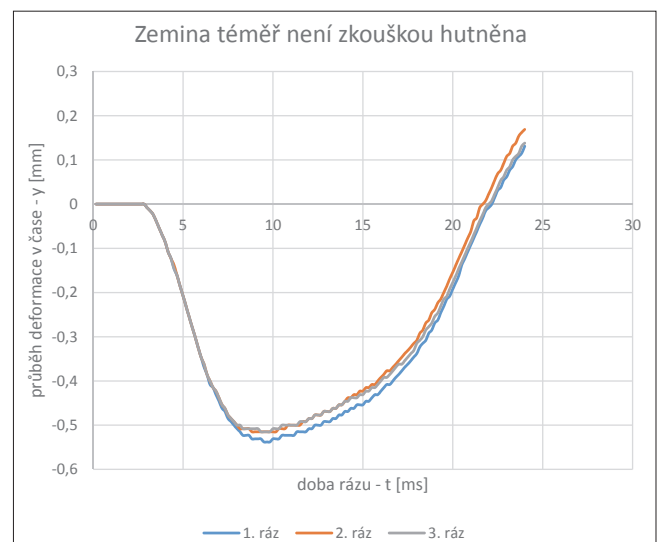
Pro praktický výpočet lze při dosazení konstanty za Poissonovo číslo $\mu = 0,2$, podobně jako v normovém vztahu (1.2), vztah (1.3) přepsat do tvaru (1.4):

$$M_{vd} = 0,48 \cdot \frac{F}{r \cdot y_c}, \tag{1.4}$$

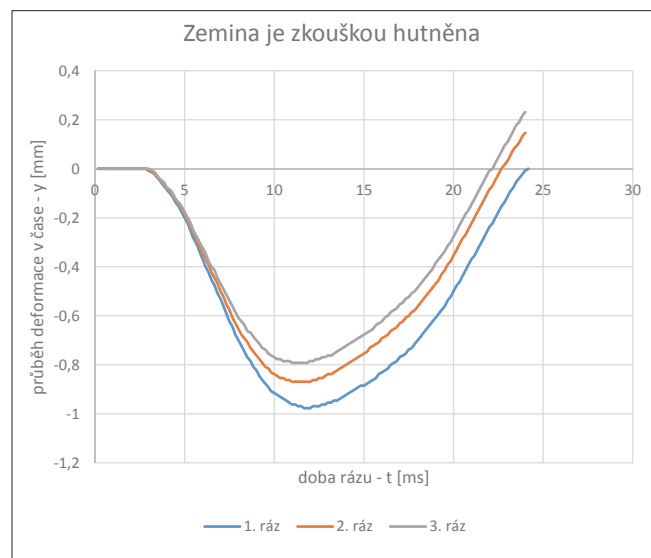
Pro výpočet rázového modulu deformace je tedy nezbytné znát:

1. maximální sílu, kterou ráz dosahuje, tj. amplitudu rázu síly; tato síla je výrobcí uvažována zpravidla 7 kN,
2. poloměr zatěžovací desky – norma stanoví průměr desky na 300 mm, poloměr je tedy 150 mm,
3. deformaci, kterou ráz způsobí – je měřena zařízením LDD při každé zkoušce; jak je uvedeno v úvodu této kapitoly, při zkoušce se provádějí tři rázy a do vztahu (1.2) nebo (1.4) se dosazuje aritmetický průměr tří hodnot změřených deformací.

Ze záznamu průběhu rázů i z celkové deformace je možno též dovodit, zda je zemina zhutněna alespoň tak, aby nedocházelo samotnou rázovou zkouškou k jejímu dohutňování. Na obr. 3a je zobrazen průběh rázu na zemině, která se zkouškou téměř nezhutňuje. Na obr. 3b je vidět výsledek zkoušky na nedostatečně zhutněné zemině.



Obr. 3a: Průběh deformace v čase pulzu při rázové zkoušce; zemina není téměř zkouškou hutněna



Obr. 3b: Průběh deformace v čase pulzu při rázové zkoušce; zemina je zkouškou hutněna

2. Lze kalibrovat lehkou dynamickou desku jako celek?

Odpověď na nadepsanou otázku může být ano i ne. Pokud bychom kalibraci celého zařízení rozuměli jeho srovnání se vzorovým zařízením na předem připravených zeminách či umělých podložkách, bylo by to v zásadě možné. Potíž je však v tom, že by tím nebyla zaručena správná funkčnost na jiných zeminách. Kalibrujeme-li totiž např. váhy, velmi zjednodušeně řečeno postupujeme tak, že na ně položíme postupně kalibrovaná závaží a pokud váhy s přijatelnou přesností ukáží jejich hmotnost, můžeme si být jisti, že se stejně přijatelnou přesností zváží cukr, mouku, ovoce či cokoli, co je v rozsahu vážitelnosti těchto vah. U lehké dynamické desky tomu tak není. I kdybychom měli totiž nějakou kalibrovanou zeminu nebo umělou podložku a zařízení LDD na ní určilo rázový modul deformace s přijatelnou přesností, nemáme jistotu, jak je uvedeno výše, že jej stejně dobře změří na zemině, která má jiné vlastnosti. Je to pro to, že modul přetvárnosti stanovovaný postupem podle norem nelze chápat jako inherentní veličinu, kterou bychom mohli měřit různými zařízeními více či méně přesně, nýbrž je to veličina pevně spjatá se způsobem měření, vlastnostmi měřicího zařízení a bohužel i vlastnostmi měřené zeminy (navíc, jak je ukázáno na obr. 3b, některé zeminy při provádění zkoušky mění své přetvárné vlastnosti, neboť se samotnou zkouškou hutní).

V kontextu uvedeného nelze využít možnost srovnání s jinou zkouškou, která zjišťuje také modul přetvárnosti, neboť pod pojem „modul přetvárnosti“ (deformace) zahrnujeme celou řadu veličin, které spolu mají více či méně společného, ale nikdy nejsou totožné. Již v [1] bylo ukázáno, že statické moduly určované podle různých postupů (norem) vykazují zcela rozdílné hodnoty. O rozdílnosti statických a rázových modulů předchozí konstatování platí ještě silněji, což, jak ukazuje následující podkapitola 2.1, je všeobecně známo. I přesto se ve stavební praxi stále objevuje snaha využít lehkou dynamickou desku k určování modulu přetvárnosti a snížit tak počet a tím

i náklady statických zatěžovacích zkoušek, které jsou časově náročnější, vyžadují přítomnost vhodné protizátěže, např. naloženého nákladního automobilu. Z tohoto důvodu se objevují různé vztahy mezi oběma moduly.

V podkapitolách 2.2 a 2.3 je poukázáno na dva, podle našeho názoru, stěžejní důvody rozdílnosti vztahů mezi rázovým a statickým modulem u různých druhů zemin a za různých podmínek.

2.1 Velká rozmanitost a tím nespolehlivost korelací

V odborné literatuře se tématu korelace mezi rázovým a statickým modulem věnují desítky publikací. Slovenští kolegové [7] publikovali např. u šterkopísku a šterkodrtě regresní lineární funkce vyjadřující vztah mezi oběma moduly. Na vybraných zeminách také určili prostý poměr mezi oběma moduly, viz **tabulka 1**, kde jsou dány do kontextu s poměry publikovanými jinými autory.

Tabulka 1: Poměr mezi statickým a rázovým modulem deformace u různých typů zemin [7, 8]

| Poměr $E_{def,2} / M_{vd}$ | Zemina | Země |
|-----------------------------|-----------|--------------------|
| jílovité a hlinité zeminy | 0,6 – 1,0 | Česko |
| | 1,3 – 1,5 | Německo, Slovensko |
| písky a zahliněné šterky | 1,0 – 1,7 | Česko |
| | 1,8 – 2,0 | Německo |
| | 1,8 – 3,0 | Slovensko |
| šterky a písky dobře zrněné | nad 1,7 | Česko |
| | 2,1 – 2,3 | Německo |
| | 3,0 – 4,0 | Slovensko |

Tabulka 1 ukazuje, že vztahy mezi rázovým a statickým modulem jsou velmi různé, jak podle zemin, tak podle autorů, kteří je vyzkoumali.

Do **tabulky 2** ilustrativně vyberme též měření, které do výše uvedené tabulky 1 vůbec nezapadá, a přitom bylo provedeno za akreditovaných podmínek. To dokumentuje silnou variabilitu vztahů mezi statickými a rázovými moduly.

Tabulka 2: Příklad výsledků srovnávacího testu statické a rázové zkoušky; zdroj: CDV

| Zemina / sypanina | Statická zkouška | | Rázová zkouška |
|----------------------------------|---|---|--|
| | Modul | | |
| | statický z prvního zatěžovacího cyklu $E_{def,1}$ | statický z druhého zatěžovacího cyklu $E_{def,2}$ | rázový M_{vd} (průměrná hodnota, viz tab. 4) |
| | MPa | | |
| Šterkodrt' ŠD 0/63 | 66,1 | 140,9 | 122,9 |
| Mechanicky zpevněné kamenivo MZK | 132,9 | 257,3 | 160,9 |
| Písčitý jíl | 13,1 | 31,5 | 12,7 |

V **tabulce 3** jsou ukázány hodnoty deformací získané při rázových zkouškách, jejichž výsledky jsou v podobě průměrných rázových modulů sumarizovány v **tabulce 2**.

Tabulka 3: Průběh rázových zkoušek sumarizovaných v tabulce 2, zdroj: CDV

| Zemina / sypanina | Zkouška | Rázy | | | | Rázový modul M_{vd} |
|----------------------------------|---------|--------------|-------|-------|--------|-----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | Průměr | |
| | číslo | Deformace mm | | | | MPa |
| Štěrkodrt' ŠD 0/63 | I | 0,209 | 0,199 | 0,199 | 0,202 | 112,0 |
| | II | 0,180 | 0,172 | 0,179 | 0,177 | 127,8 |
| | III | 0,152 | 0,153 | 0,168 | 0,158 | 143,2 |
| | IV | 0,214 | 0,203 | 0,207 | 0,208 | 108,7 |
| | Průměr | | | | | 122,9 |
| Mechanicky zpevněné kamenivo MZK | I | 0,237 | 0,214 | 0,233 | 0,225 | 100,5 |
| | II | 0,125 | 0,123 | 0,123 | 0,124 | 182,4 |
| | III | 0,131 | 0,125 | 0,115 | 0,124 | 182,4 |
| | IV | 0,119 | 0,163 | 0,167 | 0,150 | 150,8 |
| | V | 0,123 | 0,118 | 0,119 | 0,120 | 188,5 |
| Průměr | | | | | 160,9 | |
| Písčitéj jíł | I | 1,477 | 1,462 | 1,482 | 1,474 | 14,0 |
| | II | 1,740 | 1,646 | 1,718 | 1,701 | 12,2 |
| | III | 1,712 | 1,677 | 1,681 | 1,690 | 12,2 |
| | IV | 1,672 | 1,693 | 1,603 | 1,656 | 12,6 |
| | Průměr | | | | | 12,7 |

Z tabulky 3 je patrné, že při rázové zkoušce nedocházelo k významnému dohutňování zkoušených zemin a sypanin, neboť hodnoty deformací získané při jednotlivých rázech více méně oscilují kolem průměrné hodnoty deformace. Naproti tomu rozdíly ve statických modulech z prvního a druhého zatěžovacího cyklu dokumentované v tabulce 2 výrazně zhuťnějí měřené zeminy jasně dokumentují. To dokazuje, mj., silný vliv oboru vnášeného napětí na výsledek zkoušek, viz též následující podkapitola.

2.2 Rozdílný obor napětí

Při statické zatěžovací zkoušce se na zeminu působí zatížením, které vyvolává kontaktní napětí mezi zatěžovací deskou a zeminou o velikosti max. 0,5 MPa v případě silničních staveb, resp. 0,2 MPa u železničních staveb, viz ČSN 72 1006, příloha A, resp. B nebo [4, 1]. U zkoušky lehkou dynamickou deskou se zatěžuje maximálním napětím 0,1 MPa [2] – to vyplývá ze síly 7 070 N působící na desku o průměru 0,3 m.

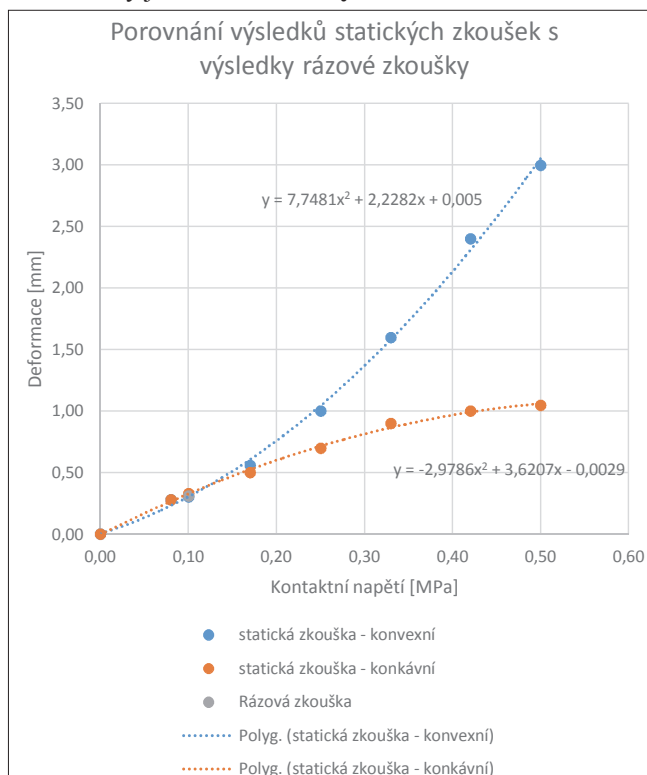
Vezmeme-li v úvahu, že zeminy nejsou dokonale pružné a že modul přetvárnosti se ve své podstatě určuje jako sečný modul, je zřejmé, že při konkávním průběhu křivky zatížení / zatlačení bude rázový modul zjišťovaný v nižším oboru napětí principiálně větší než modul statický zjišťovaný v delším oboru napětí. U konvexního průběhu křivky tomu bude principálně naopak. V tabulce 4 jsou uvedena hypotetická, avšak zcela realistická data ze dvou různých statických zkoušek. Jedna zkouška má průběh křivky konvexní a druhá konkávní. Pro kontaktní napětí 0,1 MPa, které odpovídá rázové zkoušce, však obě statické zkoušky vykazují přibližně stejné deformace, vyčíslené moduly v tabulce 4 jsou však zcela odlišné.

Tabulka 4: Srovnání statických modulů přetvárnosti s konvexní a konkávní zatěžovací křivkou s rázovým modulem deformace (hypotetický, ale realistický příklad)

| Kontaktní napětí | Naměřená deformace | | |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------|
| | Statická zatěžovací zkouška | | Rázová zkouška |
| | konvexní průběh | konkávní průběh | |
| MPa | mm | mm | mm |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 0,08 | 0,28 | 0,28 | |
| 0,10 (*) | 0,31 | 0,33 | 0,31 |
| 0,17 | 0,56 | 0,50 | |
| 0,25 | 1,00 | 0,70 | |
| 0,33 | 1,60 | 0,90 | |
| 0,42 | 2,40 | 1,00 | |
| 0,50 | 3,00 | 1,05 | |
| Výpočet modulu v MPa (**) | 36,87 | 105,56 | 72,98 |

(* U statických zkoušek jsou hodnoty deformace vypočteny z regresních funkcí uvedených v obr. 2.
(** Statický modul přetvárnosti je spočten podle vztahu:
$$E_{def} = \frac{1,5 \cdot r}{a_1 + a_2 \cdot p_{max}}$$
 podle ČSN 72 1006 [4], kde konstanty a_1, a_2 jsou konstanty regresních funkcí uvedených v obr. 2 a p_{max} je maximální kontaktní napětí, tzn. 0,5 MPa, rázový modul deformace je spočítán ze vztahu (1.2) pro napětí $\sigma = 0,1$ MPa.

Graficky jsou data z tabulky 4 zobrazena na obr. 4.

**Obr. 4:** Srovnání výsledků statických zkoušek s konvexním a konkávním průběhem s výsledky zkoušky rázové (ta je reprezentována jedním bodem v průsečíku konvexní a konkávní funkce popisující průběh statické zkoušky)

Z **tabulky 4 a obr. 4** je zřejmé, že určování statického modulu přetvárnosti z rázového modulu deformace je vždy velmi odvážnou extrapolací, neboť z hodnoty naměřené na jedné jednotce je odhadována hodnota na pětinasobku této jednotky. Z praxe známo, že určité zeminy se při optimální vlhkosti a maximálním zhutnění [5, 1] chovají spíše konvexně a jiné spíše konkávně. Nesoudržné zeminy se při vhodných podmínkách blíží zpravidla z konvexní strany lineárnímu průběhu, takže korelace obou modulů může být u těchto zemin silnější.

2.3 Rozdílná doba působení zatížení

U statické zatěžovací zkoušky, jak je uvedeno např. v [1], se zatížení vnáší ve dvou zatěžovacích cyklech mezi kterými se zemina zcela odlehčí. Každý zatěžovací cyklus se skládá z postupně gradujících zatěžovacích stupňů jdoucích až do maximálního zatížení, viz např. **obr. 4**. Na každém zatěžovacím stupni se posečká, a to u silničních staveb po dobu 120 sekund, u železničních dokonce do ustálení deformace [4]. Lze tedy předpokládat, že zemina při provádění statické zatěžovací zkoušky konsoliduje.

U lehké dynamické zkoušky je zatížení vnášeno třemi po sobě jdoucími rázy, při nichž maximální síla, se kterou se pro vyčíslení rázového modulu počítá, působí deformačně na zeminu méně než jednu milisekundu. Celý zatěžovací a odlehčovací cyklus (ráz) má přitom trvat osmnáct milisekund. Vzhledem k reologickým vlastnostem zemin lze mít za to, že síla působící zlomek sekundy bude mít poněkud jiné deformační účinky než síla působící řádově minuty či dokonce desítky minut.

3. Kalibrovat po částech?

Norma ČSN 73 6192 [2] v sobě pro výpočet modulu a kalibraci zařízení LDD neobsahuje mnoho opor. Výpočet se má dít podle vztahu (1.2). Z něho je zřejmé, že k výpočtu rázového modulu je třeba znát, krom poloměru zatěžovací desky, zejména velikost kontaktního napětí a velikost deformace způsobenou rázem. Velikost kontaktního napětí přitom při provádění zkoušky není možno zjistit, neboť zařízení LDD není vybaveno jejím snímačem, srov. **obr. 2**.

Z rozboru měření lze dospět k názoru, že velikost rázu a jeho efekt je ovlivněn jednak neměnnými, vestavěnými parametry zařízení LDD a také parametry, které se při používání mohou měnit.

Neproměnnými parametry zařízení jsou zejména:

- 1) hmotnost závaží;
 - o ve výpočtu nevystupuje, avšak ovlivňuje účinek pádu závaží,
 - o je dána normou na 10 kg,
- 2) výška, ze které závaží dopadá na tlumicí systém;
 - o ve výpočtu nevystupuje, avšak ovlivňuje dynamický účinek pádu závaží,
 - o není dána normou,
 - o u zařízení používaných v ČR je obvykle 0,752 m,
- 3) průměr zatěžovací desky;
 - o vstupuje do výpočtu,
 - o je určen normou na 300 mm.

Neproměnné parametry není nutno periodicky kalibrovat, neboť jsou dány výrobku při jeho výrobě a je možno je považovat za trvalé.

Proměnlivými parametry jsou zejména:

- 1) časová délka rázu:
 - o podle normy má být 18 milisekund – norma neuvádí toleranci,
 - o ve výpočtu nevystupuje, avšak ovlivňuje dynamický účinek pádu závaží,
 - o podléhá změnám, které například souvisejí se stárnutím komponent tlumicího systému,
- 2) kontaktní napětí nebo maximální síla rázu:
 - o v normě není explicitně uvedeno,
 - o vstupuje do výpočtu,
 - o u zařízení používaných v ČR je to obvykle 0,1 MPa, což vychází z maximální síly 7 kN, která působí na plochu zatěžovací desky,
- 3) velikost deformace:
 - o vstupuje do výpočtu,
 - o měří se při každé zkoušce.

Z výše uvedeného je zřejmé, že pro soulad s normou a pro objektivitu měření je třeba kalibrovat zařízení LDD na zjišťování výše uvedených **proměnlivých parametrů**.

4. Kalibrace zařízení LDD

V souladu s výše uvedenými argumenty se zařízení LDD kalibruje tzv. po částech, a to na základě ověření proměnlivých parametrů. Ty lze rozdělit na účinky zařízení na měřený objekt a na schopnost zařízení měřit, co účinky způsobily. Účinky zařízení se projevují maximální vnášenou silou a délkou rázu (pulzu) a schopnost měřit je u zařízení LDD omezena na schopnost zaznamenat průběh deformace způsobené pulzem.

Účinky kalibrovaného zařízení se zjišťují použitím nezávislých měřidel, kterými se měří časová délka pulzu a maximální velikost síly při alespoň třech po sobě jdoucích rázech. Při zjištěné odchylce kalibrovaného zařízení, např. v hodnotě maximální síly, je v zásadě možné buď upravit vyhodnocovací software, který bude uvažovat pro výpočet rázového modulu s jinou maximální silou, nebo vyměnit komponentu zařízení LDD, která odchylky způsobuje (zpravidla tlumicí systém, který stárne). Při větší odchylce je na místě vždy doporučit výměnu příslušné komponenty, neboť změnou síly se fakticky mění obor napětí, ve kterém je rázový modul zjišťován.

Schopnost přesného měření průběhu deformace, se ověřuje na alespoň dvou podložkách s definovanými různými tuhostmi. Na každé z podložek se provedou zařízení LDD alespoň tři rázy, které způsobí deformaci, jejíž velikost je zaznamenána jednak kalibrovaným zařízením LDD a také nezávislým měřidlem. Porovnáním hodnot získaných kalibrovaným zařízením a nezávislým měřidlem je potvrzena správná funkce vyhodnocovací jednotky nebo indikována nutnost úpravy software zařízení nebo opět výměny relevantní komponenty. Účelnost

úpravy software či výměny komponenty je nutno ověřit znovu stejným způsobem.

Při ověření účinků zařízení, tzn. maximální síly a časové délky rázu, a při ověření přesnosti měření deformace se zpravidla pracuje s rozšířenou nejistotou, která je součinem nejistoty měření a koeficientu rozšíření rovnému dvěma, což při normálním (Gaussově) rozdělení odpovídá přibližně 95% pravděpodobnosti.

5. Diskuse a závěr

Při posuzování přetvárných charakteristik zemin a sypanin se bere v úvahu zpravidla statický modul přetvárnosti z druhého zatěžovacího cyklu $E_{def,2}$. Předcházejícím, prvním zatěžovacím cyklem se však zemina často výrazně zhutní a voda se vytlačí z jejích pórů. Tento efekt lze dokumentovat výraznou rozdílností hodnot statických modulů z prvního a druhého zatěžovacího cyklu, viz **tabulka 2**. Naproti tomu rázový modul zjišťovaný lehkou dynamickou deskou se ve srovnání s modulem statickým určuje při zhruba pětinovém napětí, které navíc působí jen zlomek sekundy. I když v některých případech, jak je ukázáno na **obr. 3b**, také u rázové zkoušky prokazatelně dochází k hutnění zemin, není tomu tak masivně jako u statické zkoušky. Jednoduchou úvahou lze přijít k závěru, že při statické a rázové zkoušce se vlastně zjišťují charakteristiky jinak zhutněných zemin, s různým obsahem vody v pórech, a tedy zemin, které krom granulometrického složení spolu nemají mnoho společného. To vztah mezi statickým a rázovým modulem problematizuje.

Z hlediska kalibrace lze dospět naopak k závěru, že pro vlastní použití zařízení LDD není vlastně udržení jeho parametrů v jakékoli relaci k jiným modulům či dokonce k normovým či jinak stanoveným hodnotám vůbec nutné. Důležité z pohledu měření je, aby zařízení LDD měřilo vždy konzistentně, tzn. vždy relativně, nikoli absolutně stejně přesně. Podle našeho názoru by proto z pohledu využitelnosti zařízení LDD jejich kalibrační metodiky mohly sledovat pouze uvedený účel, tzn. zajistit konzistentnost měření u daného zařízení bez vazby na konkrétní hodnoty, neboť význam těmto hodnotám dává až jejich vztah ke statickému modulu, který se musí zjišťovat při každém použití zařízení LDD.

Z pohledu praktického by však přístup nastíněný v předchozím odstavci znamenal, že bychom u nás měli poměrně značné množství zařízení, která by mohla dávat zcela rozdílné výsledky měření. To by způsobilo, že by nemohla vznikat v odborné veřejnosti sdílená zkušenost, což je v jakémkoli oboru nepřijatelné.

V předchozím textu je ukázáno, že rázový modul deformace zjišťovaný lehkou dynamickou deskou je zcela

svébytnou veličinou, kterou nelze spolehlivě a za všech okolností jedním vztahem s čímkoli korelovat. Normy platné v České republice pohlíží na měření zařízením LDD spíše jako na měření doplňková, orientační nebo předběžná. K použití zařízení LDD se vyžaduje srovnání jím zjišťovaných hodnot s hodnotami zjištěnými jinými, uznávanými metodami, a to při každém použití, na každém typu zeminy, na každém homogenním úseku stavby. To znamená, že měření zařízením LDD či korelace výsledků jeho měření nejsou obecně přenositelné na jiné úseky či stavby. Metodiku vydanou CDV [8] je třeba chápat v tomto kontextu a brát ji tak, jak je v ní uvedeno, jako odhad očekávaných hodnot, nikoli jako pevně daný poměr mezi statickým a rázovým modulem pro různé druhy zemin.

Poděkování

Článek byl vytvořen za podpory projektu MŠMT Dopravní VaV Centrum LO1610 za použití výzkumné infrastruktury podpořené projektem CZ.1.05/2.1.00/03.0064 OP VaVpI a konzultací uskutečněných v rámci projektu INGO LG15037 s názvem Účast zástupců z České republiky ve výbořech TRB (Transportation Research Board).

Literatura

- [1] Pospíšil, K. & Frič, J. (2017) Přetvárné charakteristiky zemní pláně dopravních liniových staveb. *Metrologie*. 26(3) 6-13
- [2] ČSN 73 6192: 1996 Rázové zatěžovací zkoušky vozovek a podloží
- [3] ČSN 72 1001: 1989 Pomenovanie a opis hornín v inžinierskej geológii (neplatná, datum zrušení 11/2004)
- [4] ČSN 72 1006: 2015 Kontrola zhutnění zemin a sypanin
- [5] ČSN EN 13286-2: 2011. Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivky - Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti - Proctorova zkouška
- [6] ČSN 73 6190: 1980 Statická zatěžovací zkouška podloží a podkladních vrstev vozovek
- [7] Drusa, M., Decký, M., Marschalko, M., Zgútová, K., Vangel, J., Trojanová, M., Kubík, B., Starší, B. Navrhovanie a kontrola zemných konštrukcií dopravných stavieb. EDIS, Žilina 2013
- [8] Zedník, P., Pospíšil, K., Matula, R. Korelace – Doporučení pro používání lehkých zatěžovacích zkoušek – statické zatěžovací zkoušky a zkoušky lehkou dynamickou deskou a jejich korelace při výstavbě pozemních komunikací. Metodika schválená Ministerstvem dopravy. CDV. Brno. 2012



ZÓNY TÍHOVÉHO ZRYCHLENÍ PRO NAWI

Ing. Zbyněk Veselák

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

1. Úvod

Dne 18. 8. 2017 byl v částce 90 Sbírky zákonů ČR zveřejněn zákon č. 265/2017 Sb., kterým se mění zákon č. 90/2016 Sb., o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh, a zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon nabyl účinnosti dne 1. 9. 2017. Jedním z ustanovení zákona č. 265/2017 Sb. je změna, která se dotýká konkrétně vah s neautomatickou činností. Podle oddílu 8, § 48b, dostalo ministerstvo průmyslu a obchodu zmocnění ke stanovení zón tíhového zrychlení na území České republiky **pro účely posuzování shody vah s neautomatickou činností** formou vyhlášky.

2. Právní úprava

2.1 Uvádění na trh

Váhy s neautomatickou činností (v odborné veřejnosti je používán termín NAWI, z anglického non-automatic weighing instruments) jsou stanoveným výrobkem určeným k posuzování shody podle zákona č. 90/2016 Sb., o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh. Technické požadavky, které tyto výrobky musí splňovat při uvedení na trh, a postupy s tím související, upravuje nařízení vlády č. 121/2016 Sb., o posuzování shody vah s neautomatickou činností při jejich dodávání na trh, vydané k provedení zákona č. 90/2016 Sb. Nařízení vlády je transpozicí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/31/EU o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se dodávání vah s neautomatickou činností na trh (dále „směrnice NAWID“).

Protože činnost vah závisí na působení tíhového zrychlení na těleso, mohou být některé váhy na změny tíhového zrychlení citlivé. V takovém případě je vyžadováno, aby část posouzení shody (příslušné zkoušky) byla provedena v místě, kde má být váha používána. Směrnice NAWID však dává členskému státu možnost určit na svém území **zóny tíhového zrychlení**, které pak **mají význam „místa používání“**. Jedná se o postup, který umožňuje bod 7.2 přílohy II této směrnice, respektive bod 7.2 přílohy č. 2 k nařízení vlády č. 121/2016 Sb. Díky tomu může být příslušný proces (druhý stupeň zkoušek) proveden kdekoliv v rámci zóny s hodnotou tíhového zrychlení odpovídající místu používání, ne pouze v místě samém.

2.2 Provozování

Požadavek, jehož splnění je prověřováno před uvedením vah na trh v rámci posuzování shody, tzn. požadavek na nepřekročení největší dovolené chyby, je také jedním ze základních metrologických požadavků, jehož splnění se prověřuje během provozování vah. Splnění tohoto požadavku může být problematické u vah, které jsou citlivé na změny hodnoty tíhového zrychlení a přitom **nevybavených automatickou korekcí** (vnitřním zařízením pro kompenzaci

změny tíhového zrychlení) při jejich eventuálním přemístění uživatelem měřidla v době platnosti ověření. Pokud jsou váhy s neautomatickou činností následně ověřovány, podléhají požadavkům na zkoušení při ověřování stanovených měřidel, které jsou stanoveny opatřením obecné povahy. Požadavky v opatření obecné povahy jsou tedy určující pro místo používání stanoveného měřidla (v závislosti na třídě přesnosti a počtu ověřovacích dílků). K místu používání vah se dále vztahuje platnost ověření, viz § 7 odst. 2 vyhlášky č. 262/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Platnost ověření zaniká, pokud bylo změněno místo používání stanoveného měřidla, které stanoví opatření obecné povahy.

3. Technické řešení stanovení zón tíhového zrychlení pro NAWI

V případě uvádění vah na společný evropský trh se jedná o harmonizovanou oblast, proto se touto problematikou zabývá pracovní skupina WELMEC WG 2 a informace z členských států WELMEC jsou uváděny na internetu (<http://www.welmec.org/welmec/gravity-information/>). Jednotný přístup WELMEC pak obsahuje návodový dokument WELMEC Guide 2 (<http://www.welmec.org/latest/guides/2/>). Dokument WELMEC Guide 2 „Aplikace směrnice 2009/23/EC“ (platný i pro NAWID) popisuje v části 3.3 obecný, řekněme univerzální a harmonizovaný koncept pro výrobce vah s neautomatickou činností a pro notifikované osoby, který umožňuje definování zón tíhového zrychlení a způsob označování těchto zón přímo na vahách nebo v dokumentech vydávaných při ES ověřování. Tento koncept spočívá v určení (fiktivní) referenční hodnoty tíhového zrychlení ve středu specifikované zóny, která zahrnuje zamýšlené místo aplikace váhy. Zóna je pak definována hraničními hodnotami zeměpisné šířky φ a nadmořské výšky a . Jedním z řešení určení pravidel pro váhy citlivé na změny hodnoty tíhového zrychlení, které je alternativou konceptu WELMEC, je stanovení zón tíhového zrychlení na území státu založené na detailnější znalosti a rozboru místních tíhových zrychlení.

Úkol navrhnout alternativu konceptu WELMEC pro území České republiky a stanovit pravidla pro váhy s neautomatickou činností různých tříd přesnosti při jejich ověřování (prvotním i následném) a při přemístování, respektive stanovit hranice jejich možného pohybu při současném dodržení požadavku na nepřekročení největších dovolených chyb, byl řešen v rámci programu rozvoje metrologie financovaném Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (dále „ÚNMZ“). Řešitelem úkolu byl Český metrologický institut (dále „ČMI“). Zpráva z řešení úkolu [1],[2] obsahovala rešerše o způsobu zavedení zón tíhových zrychlení v jednotlivých členských státech WELMEC a analyzovala určení mezních hodnot počtů ověřovacích dílků vah ve vztahu k dodržení největších dovolených chyb při ověření v závislosti na hodnotě změny tíhového zrychlení při jejich přemístění, které by mohlo následovat po provedení ověření.

Rešerše pravidel pro váhy citlivé na změny hodnoty tíhového zrychlení a informací o způsobu zavedení zón tíhových zrychlení v jednotlivých členských státech WELMEC ukázala rozdílné přístupy, které lze shrnout takto: 1. Zóny tíhového zrychlení jsou oficiálně stanoveny právním předpisem a platí v závislosti na třídě přesnosti vah a počtu ověřovacích dílků (např. Rakousko, Belgie, Německo, Švédsko); 2. Jsou uvedeny informace o hodnotách tíhového zrychlení pro určité zeměpisné body/města (např. Dánsko, Lotyšsko, Norsko, Litva, Španělsko) nebo pro celé území státu (např. Lucembursko, Estonsko); 3. Je akceptován přístup WELMEC (např. Francie, Nizozemsko, Polsko); 4. Zóny tíhového zrychlení jsou oficiálně stanoveny právním předpisem, přiřazení k zóně je stanoveno pro jednotlivé konkrétní místo používání vah (Švýcarsko).

Při řešení úkolu se pro posouzení požadavku nepřekročení největší dovolené chyby při ověření (mpe) při přemístění váhy použil předpoklad, že při přemístění váhy nesmí rozdíl hodnoty tíhového zrychlení v místě nového použití a hodnoty tíhového zrychlení v původním místě (místě ověření respektive provedení zkoušek pro ověření respektive v místě justáže) způsobit v absolutní hodnotě změnu indikace váhy o více než $1/3 mpe$ (největší dovolené chyby při ověření). Tento předpoklad je totožný i pro případy posouzení shody podle nařízení vlády (v době řešení úkolu se jednalo o nařízení vlády č. 326/2002 Sb. transponující směrnici 2009/23/EC pro NAWI, která předcházela nové směrnici NAWID).

Stanovení vlivu změny tíhového zrychlení bylo posuzováno u vah s neautomatickou činností podle tříd přesnosti vah (rozdělení podle ČSN EN 45501) viz **tab. 1** a počtu ověřovacích dílků. Ověřovací dílek, počet ověřovacích dílků a dolní mez váživosti ve vztahu k třídě přesnosti vah jsou uvedeny v **tab. 2**.

Tabulka 1: Třídy přesnosti vah a jejich symboly

| | |
|--------------------|---|
| speciální přesnost | Ⓘ |
| vysoká přesnost | Ⓜ |
| střední přesnost | Ⓜ |
| běžná přesnost | Ⓜ |

Tabulka 2: Klasifikace vah

| Třída přesnosti | Ověřovací dílek e | Počet ověřovacích dílků $n = \text{Max}/e$ | | Dolní mez váživosti Min (dolní mez) |
|-----------------|--|---|--------------------|-------------------------------------|
| | | minimální hodnota | maximální hodnota | |
| Speciální Ⓘ | $0,001 \text{ g} \leq e$ (*) | 50 000 (**) | – | 100 e |
| Vysoká Ⓜ | $0,001 \text{ g} \leq e \leq 0,05 \text{ g}$ $0,1 \text{ g} \leq e$ | 100 5 000 | 100 000 100 000 | 20 e 50 e |
| Střední Ⓜ | $0,1 \text{ g} \leq e \leq 2 \text{ g}$ $5 \text{ g} \leq e$ | 100 500 | 10 000 10 000 | 20 e 20 e |
| Běžná Ⓜ | $5 \text{ g} \leq e$ | 100 | 1 000 | 10 e |

* Zkoušení a ověřování vah při $e < 1 \text{ mg}$ není zpravidla proveditelné vzhledem k nejistotě zkušebního zatížení.

** U vah třídy I, u nichž je $d < 0,1 \text{ mg}$, může být n menší než 50 000, d je (skutečný) dílek stupnice.

Výsledek rozboru v teoretické části byl doplněn a ověřen experimentem, který spočíval v provedení zkoušek pro ověření na vzorku vah třídy přesnosti II a jejich přemístění do předem stanoveného místa s odlišnou hodnotou tíhového zrychlení a následném stanovení skutečných chyb indikací. Další analýzou bylo prokázáno, že dotčenými skupinami vah, pro které budou stanoveny zóny tíhového zrychlení, budou váhy druhé třídy přesnosti (vysoká přesnost) a váhy třetí třídy přesnosti (střední přesnost). Koncept stanovení zón pak byl, s uvážením přístupů jiných evropských států, zjednodušen následovně:

- pro váhy první třídy přesnosti se nebudou stanovovat zóny tíhového zrychlení, váhy se musí vždy justovat a ověřovat v místě použití
- pro váhy druhé třídy přesnosti
 - s počtem ověřovacích dílků $n > 7000$ se nebudou stanovovat zóny tíhového zrychlení, váhy se budou justovat a ověřovat v místě použití,
 - s počtem ověřovacích dílků $n \leq 7000$ budou stanoveny tři zóny
- pro váhy třetí třídy přesnosti
 - s počtem ověřovacích dílků $n > 5000$ se nebudou stanovovat zóny tíhového zrychlení, váhy se budou justovat a ověřovat v místě použití,
 - s počtem ověřovacích dílků $2500 < n \leq 5000$ budou stanoveny dvě zóny,
 - s počtem ověřovacích dílků $n \leq 2500$ se bude uvažovat s jednou zónou v rámci celé ČR, pro kterou bude stanovena referenční hodnota tíhového zrychlení, váhy se mohou volně přemísťovat
- pro váhy čtvrté třídy přesnosti
 - se zóny tíhového zrychlení nestanovují, není ani stanovena referenční hodnota tíhového zrychlení, váhy se mohou volně přemísťovat.

Poté, co byla stanovena kritéria pro zóny, tj. rozsahy hodnot tíhového zrychlení, které v rámci jedné zóny zaručí nepřekročení největší dovolené chyby, byl do technického řešení zapojen Zeměměřický úřad. Po posouzení internetové aplikace GIS (Gravity Information Service) od autorů Dr. Romana Schwartze a Dr. Olivera Macka z německého PTB bylo navrženo vytvořit modifikovaný model map tíhového zrychlení, který by vycházel z reálných hodnot naměřených na

území České republiky. Toto řešení umožnil velký objem dat gravimetrického mapování (místních hodnot tíhového zrychlení), které má Zeměměřický úřad nashromážděné.

S cílem snížit rozsah hodnot tíhových zrychlení, který na území České republiky definuje hodnota $\Delta g_{\text{ČR}} = 467 \text{ mGal}$ (Pozn.: Gal je starší jednotka zrychlení, která se tradičně používá v gravimetrii), a tím i výsledný počet zón, byl výpočet omezen pro nadmořskou výšku $H_{\text{max}} = 1\,000 \text{ m}$, čímž se dosáhlo znatelně nižší hodnoty rozsahu tíhových zrych-

lení 397 mGal, která se stala výchozí pro následné výpočty. Výsledkem práce bylo grafické zobrazení zón (oblastí), ve kterých příslušný typ vah může měřit bez ztráty požadované přesnosti a pro jednotlivé zóny byly vypočteny referenční (reprezentativní) hodnoty tíhového zrychlení [3].

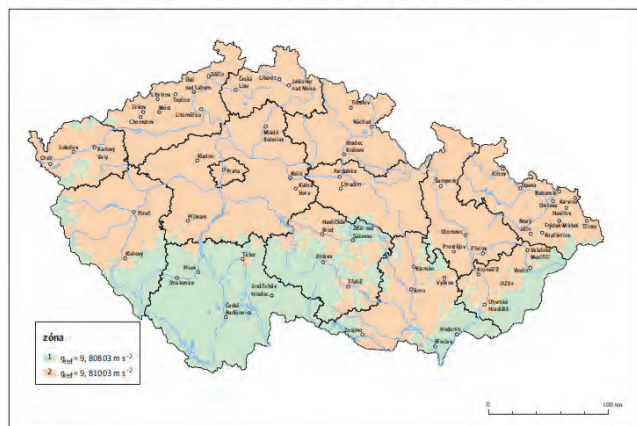
Samotné grafické zobrazení by ovšem bylo v praxi těžko využitelné, mj. kvůli tomu, že by nebylo možné stanovit přesnou hranici mezi zónami. Bylo tedy nutné přemýšlet, jakým exaktnějším způsobem přiřadit pravděpodobná místa používání vah jednotlivým zónám. Řešením bylo „namapovat“ gravimetrická data na data geografická, která představovala cca 6250 obcí České republiky. Tohoto úkolu se ujal odborník na geomatiku z ČVUT Praha. Každé obci tedy byla přiřazena „dominantní“ hodnota tíhového zrychlení (z dat gravimetrického mapování) a obec byla přiřazena k jednotlivým zónám (pro váhy třídy přesnosti II a pro váhy třídy přesnosti III) se shodnou referenční hodnotou tíhového zrychlení. Tak byl dosažen výsledek použitelný pro právní předpis. Protože zóny tíhového zrychlení byly stanoveny pro referenční hodnotu tíhového zrychlení s omezením na nadmořskou výšku 1000 m, byl stanoven i požadavek na provádění zkoušek v případě místa provozování vah v nadmořské výšce nad 1000 m (provozování dotčených vah na místech v těchto nadmořských výškách je však marginální).

Kvůli rozsáhlosti datového souboru s přiřazením obcí České republiky k jednotlivým zónám (bude přílohou vyhlášky ministerstva) připravil ÚNMZ na svých internetových stránkách aplikaci, která umožní rychlé vyhledání přiřazení konkrétní obce k příslušné zóně tíhového zrychlení a poskytne orientační grafické zobrazení zón (s barevným rozlišením) pro skupinu vah třídy přesnosti II a III, viz **obr. 1 a 2**.

4. Využití v praxi

Zavedení zón tíhového zrychlení pro účely posuzování shody vah s neautomatickou činností bude představovat úsporu nákladů pro výrobce a dovozce vah a dále pro osoby provádějící úkony posuzování shody, tzn. notifikované osoby. Jedná se především o náklady spojené s přepravou a montáží výrobků při jejich posuzování, které nadále nebude nutné provádět v přesném místě jejich používání, ale kdekoli v rámci odpovídající zóny tíhového zrychlení.

Zóny tíhového zrychlení pro váhy citlivé na změny tíhového zrychlení - 2 zóny, platí pro váhy TP III s $2500 < n \leq 5000$



Obr. 1: Grafické zobrazení zón tíhového zrychlení pro skupinu vah třídy přesnosti III

Tento postup lze použít i v případech následného ověření, respektive ověření po opravě, kdy k ověření může dojít u subjektu provádějícího ověření a následně jsou váhy zaslány na místo používání.

Uživatelům umožní zavedení zón tíhového zrychlení používání předmětných vah na různých místech (v rámci zóny). Kontrolní orgány (např. Puncovní úřad) budou moci při kontrolách využívat pravidla a požadavky zavedené vyhláškou.

Některá konstrukční řešení vah zmíněných tříd přesnosti zahrnují zařízení, které nezávisle na obsluze provede automaticky vnitřní kalibraci váhy a podle jejích výsledků váhu najestuje. Těch se tento problém netýká.

5. Závěr

Ministerstvo průmyslu a obchodu připravilo, na základě zmocnění uvedeného v úvodu tohoto článku, vyhlášku stanovující pro účely posuzování shody vah s neautomatickou činností zóny tíhového zrychlení na území České republiky, která by měla mít účinnost prvním dnem druhého kalendářního měsíce následujícího po jejím vyhlášení. S ohledem na to, že vyhláška podléhá oznámení v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/1535 ze dne 9. září 2015 o postupu při poskytování informací v oblasti technických předpisů a předpisů pro služby informační společnosti, předpokládaný termín nabytí účinnosti je v prvním čtvrtletí roku 2018.

Na tomto místě bych rád poděkoval za dobrou spolupráci Ing. Ivanu Křížovi z ČMI, Ing. Martinu Ledererovi, Ph.D. a Ing. Otakaru Nesvatbovi, Ph.D. ze Zeměměřického úřadu a Doc. Ing. Jiřímu Cajthamlovi, Ph.D. z ČVUT.

Literatura:

- [1] Kříž, I.: Závěrečná zpráva č. 6012 -TR- Z0001 - 12 o plnění úkolu TR, Stanovení pravidel pro ověřování a přemísťování vah citlivých na změny tíhového zrychlení [úkol PRM č.VII/6/12], Brno 2012
- [2] Kříž, I.: Závěrečná zpráva č. 6012 -TR- Z003 - 14 (verze 2) o plnění úkolu TR, Limitní hodnoty tíhového zrychlení [úkol PRM č.VII/14/14], Brno 2015
- [3] Lederer, M., Nesvatba, O.: Technická zpráva, Stanovení gravitačních zón pro váhy citlivé na změny tíhového zrychlení – revidovaný text, Praha 2015

Zóny tíhového zrychlení pro váhy citlivé na změny tíhového zrychlení - 3 zóny, platí pro váhy TP II s $n \leq 7000$



Obr. 2: Grafické zobrazení zón tíhového zrychlení pro skupinu vah třídy přesnosti II

METROLOGICKÉ ZABEZPEČENÍ STANIC TECHNICKÝCH KONTROL

Michal Jarůšek

DEKRA CZ a.s.

Úvodem

Stanice technické kontroly (dále jen STK) jsou specializovaná pracoviště zabývající se hodnocením technického stavu silničních motorových vozidel. Systém výstavby a dozorů nad těmito stanicemi včetně těch metrologických, ale i uplatňované postupy pro zjišťování technického stavu vozidel jsou součástí právně závazných předpisů, kterými jsou především Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích č. 56/2001 Sb. v platném znění a dále prováděcí vyhlášky k tomuto zákonu č. 302/2001 Sb. a č. 341/2014 Sb. v platném znění.

Vyhláška č. 302/2001 Sb. řeší problematiku technických prohlídek a měření emisí vozidel, vyhláška č. 341/2014 Sb. pak schvalování technické způsobilosti a technické podmínky provozu vozidel na pozemních komunikacích. Tyto právní předpisy jsou vydávány Ministerstvem dopravy, do jehož kompetence provozovaný systém stanic technických kontrol a měření emisí spadá. Žádosti o povolení výstavby a rozhodnutí o zahájení či ukončení činnosti STK jsou v pravomoci krajských úřadů, u emisních stanic pak obce s rozšířenou působností.

K metrologickým činnostem přímo souvisejících se zabezpečením sítí stanic technických kontrol a měření emisí pověřuje Ministerstvo dopravy subjekty s odpovídajícími znalostmi a oprávněními v daném oboru (např. akreditace dle ČSN EN ISO/IEC 17 025).

V současné době je v ČR provozováno přibližně 370 stanic technických kontrol.

Metrologický řád STK

Ke kontrolám technického stavu vozidel neodmyslitelně patří vybavení měřicími přístroji a zařízeními. Z výsledků těchto měření jsou následně vyvozovány závěry o způsobilosti vozidel k dalšímu provozu. Z těchto důvodů je nutné zajistit u takto používaných měřidel a zařízení jejich metrologickou návaznost a to proto, aby nesprávným měřením nemohly být poškozeny oprávněné zájmy vlastníků vozidel. Metrologickou návazností rozumíme v tomto případě kalibrace nebo ověřování jednotlivých měřidel a zařízení v příslušných stanovených lhůtách.

Metrologický řád stanic technických kontrol uveřejněný ve vyhlášce č. 302/2001 Sb. se důsledně řídí Zákonem o metrologii č. 505/90 Sb. v platném znění a je popisem činností k zajištění metrologické návaznosti používaných měřicích zařízení. Detailně rozpracovává jednotlivé specifické požadavky na měřidla a postupy používané ve stanicích technických kontrol.

Používaná měřicí zařízení musí být před uvedením do provozu v STK přezkoušena nezávislým pověřeným subjektem, zdali splňují požadavky jak metodických postupů pro kontrolu technického stavu vozidel, tak i požadavků metrologických.

Počátek metrologického zabezpečení měřidel stanic technických kontrol se datuje rokem 1980, kdy bylo nutné po zahájení činnosti prvních STK zajistit jednotnost a přesnost používaných měřidel a prováděných měření. Na půdě tehdejšího Ústavu silniční a městské dopravy bylo zřízeno zvláštní pracoviště, které dostalo za úkol najít, vyzkoušet a zdokumentovat postupy měření ve vztahu k tehdy používané měřicí technice v nově se rozvíjejícím systému kontroly technického stavu vozidel. O té době se buduje, ve spolupráci s Ministerstvem dopravy a dalšími subjekty působícími zejména v oblasti metrologie (ÚNMZ, Český metrologický institut, Česká metrologická společnost, Český institut pro akreditaci), systém metrologické návaznosti měřidel STK.

A jak se vlastně taková metrologická kontrola měřidel stanic technické kontroly provádí?

Přímo v místě příslušné STK etalonovými zařízeními, dopravovanými na místo ve speciálně upraveném měřicím vozidle. Měřicí zařízení jsou navazována na etalony Českého metrologického institutu nebo jiné akreditované kalibrační laboratoře. Kalibraci provádějí vždy pracovníci s certifikáty a osvědčeními o způsobilosti v jednotlivých oborech měření. Po provedené kalibraci resp. ověření jsou vystaveny protokoly s naměřenými hodnotami a provedeno vyhodnocení způsobilosti měřidla k dalšímu použití. Vyhovující zařízení je označeno kalibrační nebo úřední značkou, naopak zařízení nezpůsobilé dalšího provozu je označeno štítkem „Měřidlo nesprávné, zákaz používání“. Rekalibrační intervaly jednotlivých měřidel uvádí příslušná resortní vyhláška ve svém Metrologickém řádu STK a lhůty ověření vyhláška č. 345/2002 Sb. v platném znění.

Základní měřicí vybavení STK

Níže uvedená měřicí zařízení patří dle Metrologického řádu STK ke standardnímu vybavení stanice technické kontroly v ČR.

Válcová zkušebna brzd



Měřicí zařízení určené pro měření brzdných a ovládacích sil vozidla.

Brzdné síly jsou kalibrovány pomocí kalibračního přípravku (ramena) o definované délce a odpovídajícími etalonovými závažími.

Měřidlo geometrie kol náprav



Mechanické úhlové měřidlo určené pro zjišťování geometrie kol řídicích náprav vozidel (sbíhavost ve vodorovné rovině, odklon od svislé roviny, rozdíl rejďů), k zajištění přesnosti tohoto měření je nutné dodržet rovinnost plochy stání v příčném směru.

Kalibrace sbíhavosti ve vodorovné rovině a odklonu od svislé roviny se provádí pomocí úhломěrných a délkových měřidel, rovinnost plochy stání vozidla nivelačním přístrojem.

Regloskop



Úhlové měřidlo pracuje na optickém principu, umožňuje kontrolu nastavení podélné i svislé osy světlometů vozidel, kompletní pracoviště se skládá z plochy stání vozidla a kolejnicového pojezdu regloskopu.

Kalibrace regloskopu a plochy stání vozidla se provádí pomocí nivelačního přístroje, kterým zjišťujeme indikované hodnoty sklonu světla, stranového posunutí od podélné roviny a natočení čáry rozhraní na matnici přístroje.



Měřidlo na kontrolu tlaku v pneumatikách



Měřidlo umožňuje měřit rozdíl tlaků v pneumatice vozidla a okolní atmosférou s možností nahuštění nebo odpuštění tlaku v pneumatice.

Ověření měřidla se provádí pomocí etalonového tlakoměru odpovídající třídy přesnosti, regulátoru a tlakového zdroje (např. kompresor, pneumatická ruční pumpa).

Decelerometr



Měřidlo umožňuje měřit brzdné zpomalení vozidla v závislosti na čase při současném měření ovládací síly na pedál vozidla.

Kalibrace brzdného zpomalení se provádí pomocí úhlového kalibračního stolku statickým způsobem naklápěním do definované polohy a porovnáním s indikovanými hodnotami tíhového zrychlení.

Zařízení na kontrolu vůle náprav



Zařízení umožňující vykonávat podélný a příčný pohyb dotykových desek za účelem zjištění stavu (vůlí) kontrolované nápravy vozidla.

Kalibrace se neprovádí, funkce a stav se prověří vizuálně.

Závěrem

Měřicí zařízení používaná v STK mají zaručenou metrologickou návaznost na hlavní etalony, navíc v legislativně stanovených periodách tak, aby nemohlo dojít ke zpochybnění celkového výsledku hodnocení stavu vozidla.



DOKUMENTACE K ZADÁVÁNÍ KALIBRACE

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

Diskuse k části z požadavků uvedených v kapitole 7.1 normy ISO/IEC FDIS 17025:2017(E)

Organizace práce kalibračních a zkušebních laboratoří, národních metrologických institutů, pověřených organizací v oblasti měření a řady dalších se má v celém světě řídit jednotnými zásadami, bez ohledu na oblast měření. Systém se vyvíjí od počátků formulových v roce 1941 do systému pověřených organizací v Austrálii, přes zásady formulované v ISO Guide 25 do normy 17025. Předchůdcem byla evropská norma EN 45001, která byla stažena po zveřejnění a přijetí normy ISO/IEC 17025 jako normy EN ISO/IEC 17025. Ve většině zemí je ISO/IEC 17025 normou, pro kterou musí většina laboratoří držet akreditaci, aby mohla být považována za technicky kompetentní. V mnoha případech dodavatelé a regulační orgány nepřijmou výsledky testů nebo kalibrace z laboratoře, která není akreditována. Tato norma prochází zásadní formální revizí. Bylo rozhodnuto, že návrh revize normy ISO/IEC 17025 bude z důvodu zapracování většího množství připomínek technického charakteru (1800 připomínek ke stadiu DIS) uveřejněn ve stadiu FDIS (Final Draft International Standard). Nadále je publikace této mezinárodní normy plánována na prosinec 2017.

Normou se řídí ve světě cca 60 000 akreditovaných a další stovky tisíc neakreditovaných laboratoří. Proto výklad některých použitých částí textu se může místně lišit a z toho důvodu považujeme za vhodné k některým částem připojit komentář, ukazující některé možné pohledy, který ale není oficiálním výkladem k požadavkům textu normy.

Požadavky normy

Revidovaná norma ISO/IEC FDIS 17025:2017(E) definuje v kapitole 7 „požadavky na proces“ zahrnující v bodě 7.1 – Přezkoumání žádostí, nabídek a smluv, kde se žádá:

Laboratoř musí mít postup pro přezkoumání žádostí, nabídek a smluv. Tento postup podle normy musí zajistit, že:

- požadavky jsou dostatečně definovány, zdokumentovány a pochopeny;
- laboratoř má schopnost a zdroje pro splnění těchto požadavků,

c) jsou vybrány příslušné metody nebo postupy a v laboratoři jsou schopni splnit požadavky zákazníků.

Laboratoř informuje zákazníka, pokud je metoda, kterou požaduje zákazník, považována za nevhodnou nebo zastaralou.

Pokud zákazník požaduje prohlášení o shodě se specifikací při kalibraci, musí být specifikace nebo norma a rozhodovací pravidlo jasně definovány. Není-li obsaženo v požadované specifikaci nebo normě, musí být zákazníkovi sděleno zvolené pravidlo pro rozhodnutí. Jakékoli rozdíly mezi žádostí nebo nabídkou a smlouvou musí být vyřešeny před začátkem laboratorních činností. Každá smlouva musí být přijatelná jak pro laboratoř, tak pro zákazníka. Odchyly požadované odběratelem nesmějí mít vliv na výsledky. Zákazník musí být informován o odchylce od smlouvy. Pokud je smlouva pozměněna po zahájení prací, přezkoumání smlouvy se opakuje a veškeré změny se sdělí všem zúčastněným osobám. Laboratoř spolupracuje se zákazníky nebo jejich zástupci při objasňování požadavku zákazníka a při sledování práce laboratoře ve vztahu k vykonávané práci.

Tento zestručněný výtah z požadavků ISO/IEC FDIS 17025:2017(E) ukazuje, že norma věnuje velmi velkou pozornost komunikaci se zákazníkem a že předpokládá, že zákazník je znalý a ví co a proč to požaduje.

Přezkoumání smlouvy – pohled kalibrující laboratoře

Velký problém akreditovaných kalibračních laboratoří je, že se předpokládá, že uživatel kalibrace měřidla (zákazník), ví nejlépe, co potřebuje a má metrologické vzdělání. Ono to ani obecně není jinak udělat možné. O potřebách by měl vždy vědět nejvíce uživatel měřidla. Není to ale často pravda.

Tam je ale skryté dilema, protože kalibrační laboratoře a zákazníci musí projít společným posouzením požadovaného měření při domluvě o poskytování kalibrační služby. Zákazník, který si chce nechat provést kalibraci, ale často není zákazník, který by věděl přesně co potřebuje z metrologického hlediska. Často zákazníci nechápou, nebo se možná ani nezajímají o kvalitu kalibrace. Velká část z nich nepracuje a ani neumí pracovat s výsledky, uvedenými v kalibračním listu. Jaká je povinnost kalibrační laboratoře?

Musí vzdělávat zákazníka, aby splnila požadavky normy ISO/IEC FDIS 17025:2017(E) ? Mnoho zákazníků jen chce kalibrační štítek. Jsou i zákazníci, kteří vyžadují, aby laboratoř byla akreditována podle normy ISO17025, ale nechtějí platit další náklady na dražší akreditovanou kalibraci.

Kalibrační laboratoř jako dodavatel služby

Jedná se o celý systém, v němž kalibrační laboratoř pracuje. Kalibrační laboratoř může být reprezentována vedoucím laboratoře, technickým vedoucím, signátorem, pracovníkem, který odpovídá na telefonní dotazy nebo dokonce osobou, která je přímo zřízena pro telefonické konzultace. Všechno výše uvedené jsou možnosti považované za dodavatele kalibrace.

Dodavatelé mohou být seskupeni do několika kategorií, stejně jako uživatelé kalibrace (zákazníci).

Mezi dodavateli kalibrace by neměla být kategorie, kterou lze označit názvem „**nás použití nezajímá**“. Dodavatel, který se o použití výsledků kalibrace nestará, je neetický. Tento dodavatel (kalibrační laboratoř) neinformuje uživatele kalibrace (zákazníka), že byla provedena neúplná kalibrace, například, že byla měřena pouze část z potřebných kalibračních bodů.

Ukažme některé z důvodů, proč se zdá, že je nedokonalé posouzení a vztah mezi uživatelem kalibrace (zákazníkem) a dodavatelem kalibrace. Nejprve se podívejme na hlavní normativní dokument pro kalibrační laboratoře akreditované podle ISO/IEC DIS 17025: 2016 (E), ale i s porovnáním jiného dokumentu, v USA zažitého použití normy ANSI/Z540.1

V ANSI/Z540.1 musí dodavatel (kalibrační laboratoř) informovat uživatele kalibrace (zákazníka) zda je zařízení dobré (v toleranci) nebo ne.

V ISO/IEC FDIS 17025:2017(E) teoreticky říká uživatel kalibrace (zákazník) dodavateli, jak přesné měření musí odpovídat potřebám uživatele kalibrace (zákazníka). V ISO/IEC FDIS 17025:2017(E) (E) není nezbytné uvádět, zda měření splňuje jakoukoli toleranci nebo ne (je to možné, pokud se zákazník a laboratoř dohodnou, ale není to povinné. Je nutná pouze naměřená hodnota a nejistota. Pomocí těchto informací si může uživatel kalibrace (zákazník) sám potvrdit, že zařízení vyhovuje jejich potřebám (pokud to umí).

Toto ale způsobuje velké omezení vztahu mezi uživatelem kalibrace (zákazníkem) a dodavatelem kalibrace. Zákazník obvykle není zvyklý zkoumat kalibrační listy, požaduje, aby dodavatel (kalibrační laboratoř) byla znalá a měla by testovat přístroj plně a konstatovat, že je v pořádku.

Diskuse zákazníka s dodavatelem kalibrace umožňuje upřesnit, které parametry a rozsahy musí být kalibrovány, takže dodavatel (kalibrační laboratoř) i uživatel kalibrace (zákazník) jsou nyní „znalí“. Uživatel kalibrace (zákazník) by měl informovat dodavatele, co musí být testováno a jak přesné musí být měření. Tam by nyní nemělo být dosud dost často se vyskytující překvapení, když uživatel kalibrace (zákazník) obdrží kalibrační list.

Dosavadní praxe

Tímto chceme upozornit na tento problém v praxi, který může být zkoumán ze dvou hledisek:

- Jsem kalibrační laboratoř, tedy **dodavatel**, když kalibruji zařízení pro zákazníka.
- Jsem **uživatel kalibrace (zákazník)**, když posílám jeden z vlastních přístrojů (etalonů) ke kalibraci.

Manažer kalibrační laboratoře, může vidět tyto věci podle obou těchto dvou pohledů.

Ukázky dosavadních přístupů, jak byly dosud vžité

Dodavatel kalibrací (kalibrační laboratoř), která pracuje pro armádu

Jedna zajímavá varianta přístupů ke kalibraci je kalibrace pro armádu. Armáda má obvykle nejlépe financovaný a nejpropracovanější systém, proto je zajímavé porovnat i přístupy armád (v rozsahu, ve kterém jsou veřejně známé).

Častý problém armád je ale, že v mnoha armádách nebývala spolupráce mezi různými druhy vojsk optimální a metrologie nebyla mezi vojsky často dostatečně koordinovaná (míněno je tím pozemní vojsko, letectvo a námořnictvo).

USA

US Armáda používala pro metrologii i vlastní speciální normu, Mil STD 45662-A, stručnou a velmi přehlednou a řadu dalších dokumentů. Pro kalibrace pro americkou armádu i další zájemce o kalibraci, kteří se zajímají kalibračními postupy byly postupy uvedeny jako technické bulletiny (TB) a věnovala se jim i organizace Gidep. Byly zřízeny kalibrační laboratoře ve dvou skupinách, v těch s možností vysokofrekvenční kalibrace a těch, které nemají schopnosti vysokofrekvenční kalibrace. Etalonové vybavení bylo stejné mezi všemi laboratořemi, pro nízkofrekvenční kalibrace bylo jiné než vysokofrekvenční kalibrace, nebyly tam ale žádné variace. Technické bulletiny (kalibrační postupy) obsahovaly etalony, které měly mít všechny laboratoře. Kdyby v některé laboratoři neměli příslušné etalony, poslalo by se zařízení kalibrovat do další laboratoře, která měla potřebné etalony. Omezená kalibrace se vyskytla jen, když zkoušená jednotka byla mimo toleranci a nemohla se v laboratoři opravit [1].

Jediné údaje, které zákazníkovi oznámili, byly jen seznam, kdy je potřeba zařízení rekalibrovat. Zákazník neobdržel žádné údaje s jakoukoli kalibrací, kterou mu v laboratoři poskytli. Dokonce zákazníkovi ani neřekli, kdyby zjistili údaje mimo toleranci [1].

Jediná hodnota měření, kterou zaznamenávali, byla naměřená hodnota při použití momentového klíče, pokud byla použita v jednotce, která měla jaderné zbraně [1].

Armáda SSSR

Každé zařízení mělo dokumentaci, jejíž součástí byla i metodika kalibrace. Každé zařízení mělo i deník, ve kterém se zaznamenával stav při kontrole a naměřené výsled-

ky při kalibraci. Ostatní opatření byla přísně tajná. Vědělo se obecněji jen že civilní metrologický institut SNIIM se podílel na dlouhodobém programu rozvoje laserů s perspektivou vývoje laserové zbraně. Klíčové metrologické oblasti byly zdvojeny, například státní etalon času a frekvence byl v uzavřené oblasti v Mendělejev u Moskvy (zajímavost je, že vědecký ochránce etalonu byl právník spisovatele Puškina) a etalon kopie byl schován hluboko na Sibiři u Novosibirska.

British Navy

Výsledek námořní bitvy závisel dříve hlavně na dostřelu a přesnosti zamíření lodních děl.

Proto Britové už před 100 lety používali k zaměření cíle optickými zaměřovači na bitevní lodi tři samostatné optické zaměřovače s příslušným cvičenými vojáky a brali jako výsledek průměr a z jejich měření.

Civilní zákazníci

Uživatel kalibrace (zákazník) je uživatel kalibrace přístroje, který má být kalibrován. Může to být skutečný uživatel kalibrace (zákazník), který zná něco o kalibrovaném zařízení, nebo to může být nákupčí, který neví nic o kalibrovaném položce. Ví pouze to, že správce nákupu našel poskytovatele služeb, který zaúčtuje nejmenší částku, a je určen, aby se o to postaral.

Uživatelé kalibrace (zákazníci) mohou být tedy kategorizováni podle přístupu a znalostí. Je zde také několik možností.

Interní zákazník

Kalibrační laboratoř kalibruje přístroje pro vlastní organizaci. Sem spadá i případ, kdy kalibrační laboratoř kalibruje své vlastní pracovní etalony. V tomto případě je situace nejjednodušší, protože vazba mezi kalibrační laboratoří a zákazníkem je nejkratší, kalibrační laboratoř může v rámci dokumentace organizace (nejčastěji metrologický řád) dohodnout a stanovit rozsah kalibrace podle skutečných potřeb a stanovit, verifikovat a optimalizovat rekalibrační dobu.

Externí zákazník

Zákazník má znalosti – to jsou zákazníci, kteří vědí, pro co je zařízení používáno a jak přesné to musí být. Jen velmi malé procento zákazníků spadá do této kategorie. Jako správce kalibrace, který odešle některé své vybavení pro kalibraci, cítím, že jsem od poskytovatele kalibrace informován o tom, co potřebuji. Jsem v pohodlné situaci, když se zdá, že laboratoř je kompetentní (většinou akreditované laboratoře a výrobci měřidel), ale dostanu se do nepohodlné pozice, když mi poskytovatel řekne, že ví o způsobu kalibrace víc nebo něco jiného než já.

Zákazník chce dělat správnou věc, ale neví, co přesně chce – těmto zákazníkům vstávají hrůzou vlasy když se objeví slovo kalibrace. Cítí, že je to asi důležité, ale nemají zkušenosti nebo mnoho znalostí v této oblasti. Jejich výrobní manažer říká, že všechny etalony, které používají, jsou správné a vše je v pořádku.

Zákazníkovi je to jedno, potřebuje jen něco, co říká, že je zařízení kalibrováno, protože jeho oddělení kvality říká, že musí mít něco, co ukazuje, že zařízení je kalibrováno (kalibrační štítek, jako dokument proti námitkám jakýchkoliv posuzovatelů).

Outsourcing. Zákazník přesune starosti na jinou organizaci. V tom případě je důležité, jaká je spolupráce a důvěra mezi oběma partnery. Outsourcing doprovází nebezpečí, že ve vlastní organizaci bude chybět pracovník s přehledem o metrologické situaci, o skutečných potřebách a možnostech řešení.

Priority uživatele kalibrace (zákazníka)

Pohled zákazníka při zadávání kalibrace, použití ochranných pásem a použití poměru nejistot při zadávání kalibrací bude probráno v samostatném příspěvku.

Závěrem

Dny, kdy uživatel kalibrace (zákazník), požadoval jen zadání kalibrace do akreditované laboratoře za dostatečné, skončily. Dodavatel (kalibrační laboratoř) musí vzdělávat uživatele kalibrace (zákazníky), kterým je to ale často jedno. Vzdělání může být stejně jednoduché, jako když uživatel kalibrace (zákazník) přijme citát, který uvádí, co dodavatel (kalibrační laboratoř) provede při kalibraci zařízení zákazníka. Tato komunikace musí zahrnovat všechny požadavky ISO/IEC FDIS 17025:2017(E) uvedené v čl. 7 kontrola smlouvy. Předpokládá se, že uživatel kalibrace (zákazník) má mít znalosti o svých potřebách. Uživatelé kalibrace (zákazníci) by již měli sdělovat své požadavky v přezkumu smlouvy. Norma ISO/IEC FDIS 17025:2017(E) je napsána z pohledu na profesionální metrologii a na ostatní normy hodnocení shody. Jediným cílem tohoto dokumentu je optimalizovat kvalitu kalibrace. Nákladově efektivní implementace je v kompetenci poskytovatele kalibračních služeb a není uvažována v normě.

Akreditace dnes pro komplexní složitě multifunkční a multirozsahové elektronické měřicí vybavení nefunguje dobře. Je příliš nákladná a omezující pro většinu zkušebních zařízení uživatele. Někteří zákazníci používají nízkonákladové přístupy a vybírají kalibrační laboratoře, které jsou akreditovány jen pro část potřebného rozsahu, ale pak často nenakupují akreditované kalibrace pro komplexní multifunkční a multirozsahové přístroje v celém potřebném rozsahu. Kromě toho, často konkrétní laboratoř nemusí a někdy ani nemůže mít rozsah akreditace dost rozsáhlý na pokrytí nákladů na kalibrace.

Literatura:

- [1] ISO/IEC FDIS 17025:2017(E) General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- [2] Balancing Cost Savings and ISO/IEC 17025: Gary Bennett, National Instruments, NCSL International Workshop & Symposium | Precision & Performance with Measurement Science, August 13 – 17, 2017 National Harbor, MD, USA

KRÁTKÉ OHLÉDNUTÍ ZA VELETRHEM TOOLEX 2017

Ing. František Hnízdil

Česká metrologická společnost, z.s. Praha

O výstavišti

Česká metrologická společnost, z.s. se mimo jiné věnuje také sledování prezentace aktuálních novinek, trendů vývoje a zastoupení metrologie na veletrzích pořádaných v České republice i v zahraničí. Na základě toho jsme se zúčastnili veletrhu TOOLEX, konaném v polském městě Sosnowiec na tamním třetím největším výstavišti v Polsku - Expo Silesia.

Vlastní výstaviště Expo Silesia, které bylo zřízeno v roce 2007 na místě zkrachovalé firmy Silma kdysi vyrábějící například motory k pračkám Frania či vysavačům Zelmer. Výstaviště zde otevřena společnost Kolporter Expo (Koploter Group), která je již od prvního roku existence výstaviště velmi aktivní a z dvaceti akcí pořádaných v prvním roce zvýšila svoji aktivitu až na dnešních 40 veletrhů za rok, kdy počet vystavovatelů dosahuje téměř 30 000 a jejich nabídky shlédnou stovky tisíc návštěvníků. V mezinárodním měřítku se hlavně stává spojnicí mezi Malopolskou a Slezskou oblastí Polska a Moravy.

Přesto, že se zde prezentují věhlasné nadnárodní společnosti zastoupené v Polsku, je pro nás zajímavé právě to, že značná část vystavovatelů jsou vlastní polští producenti.

Expo Silesia v současné době nabízí svým vystavovatelům 13,5 tis. m² výstavního prostoru v klimatizovaných pavilonech, 20 tis. m² venkovních výstavních ploch, parkoviště pro 1500 automobilů a konferenční centrum pro 400 hostů, které lze rozdělit na menší moduly. Plánovaná nabídka výstavních prostor po dokončení druhé fáze rozvoje bude 43,5 tis. m² krytých prostorů a 30 tis. m² venkovní plochy.

Veletrh TOOLEX

Veletrh TOOLEX, jehož desátý ročník naznačuje, že je součástí nabídky akcí od samého počátku existence výstaviště, je zaměřen na obráběcí stroje, nástroje a technologie zpracování. Ten letošní probíhal 3. až 5. října 2017 na ploše dvou výstavních hal. Součástí bylo i deset přednášek a konzultací v rámci souběžně probíhajícího semináře. Vedle polských výrobců se představilo 418 vystavovatelů z asi 18 zemí uvedených ve výstavním katalogu, prezentujících více jak 600 značek.

Prestíž veletrhu zajišťoval čestný patronát polského Ministerstva rozvoje, řada patronů oborových institucí, univerzit a médií.

Semináře a prezentace

Ze zajímavých souběžných akcí lze připomenout semináře a konzultace různých témat, z nichž nás pochopitelně zvláště zaujala průběžná konzultace o pravidlech pro kalibraci měřicích přístrojů organizovaná firmou Zakłady Badań i Atestacji „Zetom“ im. Prof. F. Stauba Katowice, Sp. z o. o. Toto téma je blízké i snaze ÚNMZ a ČMS o vytvoření návodů pro dílenské prostředí v oblasti správného a jednotného provozního měření (Metodiky provozního měření – dostupné ke stažení zdarma na webu

ČMS, které vznikají průběžně v rámci Programu rozvoje metrologie ÚNMZ).

Prezentované novinky

Více jak 70 novinek na polském trhu prezentovalo na třicet firem. Mnohé z nich využívají softwarové měřicí vybavení zajišťující přesnost a kvalitu produkce. Valná většina těchto novinek pochopitelně směřovala do oblasti strojírenství, nástrojů, speciálních obráběcích center a separace olejů a netýkala se přímo metrologie.

Měřicí technika

Jak už bylo výše zmíněno, měřicí technika se na tomto veletrhu představovala převážně jako integrovaná součást výrobních a kontrolních zařízení velmi často spojená se softwarovým vybavením zajišťující automatickou kontrolu výrobku a vyhodnocení procesů. Samostatná měřidla zde byla zastoupena jen výjimečně. Jako příklad mohou posloužit délková měřidla britské firmy Starrett zastoupené na veletrhu autorizovaným zastoupením pro Polsko firmou Baxar, nebo u nás dobře známá firma Mahr. I zde lze říci, že měřidla jsou vybavena softwarem umožňující samostatné vyhodnocení měření, nebo komunikaci s rozsáhlejšími výrobními a kontrolními celky. Prezentovány byly vedle základní posuvek a mikrometrů také výškoměry, indikátory, žulové průměrné desky, přesné webberovy měřicí bloky, laserová měřidla, optické profil projektory, trhačí stroje apod. V tomto krátkém sdělení nelze podat rozsáhlejší informace.

Také trend současné nabídky servisních služeb včetně kalibrací instalované měřicí techniky je již běžnou praxí. Nabídka kalibračních služeb je důležitá hlavně z toho důvodu, že pro běžná kalibrační pracoviště je mnohdy velmi obtížné takovéto kalibrace realizovat.

Závěr

Závěrem lze říci, že veletrh TOOLEX potvrdil světové trendy v oblasti kontroly kvality a její dokumentaci s vysokým využitím měřicích prvků, které zároveň umožňují automatické vyhodnocování naměřených dat. Nabídky kalibračních služeb přímo výrobcí jsou běžnou součástí servisu a pozitivní je, že tyto kalibrace mají velmi často oporu v akreditovaných

kalibračních postupech.

Veletrh pořádaný v blízkosti česko – polských hranic je také velkou příležitostí pro naše firmy navázat kontakty s polskými výrobci a využít jejich příznivých nabídek.



Obr. 1: Pohled na výstavní plochy v hale A Expo Silesia

NABÍDKA AKCÍ ČMS NA I. POLOLETÍ ROKU 2018



Česká metrologická společnost, z. s.
Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1
tel./fax: 221 082 254
e-mail: cms-zk@csvts.cz
www.csvts.cz/cms

| | | |
|---|-----------|---|
| 8. 2. 2018 ČSVTS Praha, učebna č. 220 | S 535 -18 | Měření a kontrola parametrů umělého osvětlení v interiérech |
| 14. 2. 2018 ČSVTS Praha, učebna č. 315 | K 536-18 | Základy lícování a toleranční soustava |
| 6. 3. – 7. 3. 2018 Hotel PRIMAVERA, Plzeň | Ko 537-18 | 27. mezinárodní konference MĚŘICÍ TECHNIKA PRO KONTROLU JAKOSTI |

| | | |
|---|----------|---|
| 21. 3. 2018 ČSVTS Praha, učebna č. 318 | K 538-18 | Řízení metrologie v organizaci |
| 11. 4. 2018 ČSVTS Praha, učebna č. 318 | K 539-18 | Měření momentu síly |
| 23. 4. – 26. 4. 2018 ČSVTS Praha, učebna č. 501 | K 540-18 | 48. základní kurz metrologie |
| 6. 6. 2018 ČSVTS Praha, učebna č. 318 | K 541-18 | Nejistoty měření ve strojírenství – způsobilost měřidel |

Výhled nabídky akcí ČMS na I. pololetí 2018 bude průběžně aktualizován v průběhu II. pololetí 2017 a I. pololetí 2018 na www.csvts.cz/spolky/cms v menu „Odborné akce / Kalendář akcí“.

Další podrobnosti o připravovaných akcích včetně přihlášek ke stažení budou uvedeny na webových stránkách ČMS www.csvts.cz/spolky/cms v menu Odborné akce/Kalendář akcí ČMS.



Česká metrologická společnost, z. s.
Vás zve
na 27. mezinárodní konferenci



MĚŘICÍ TECHNIKA PRO KONTROLU JAKOSTI

s výstavkou měřicí, zkušební a kontrolní techniky

Datum konání konference: 6. 3. – 7. 3. 2018, Hotel PRIMAVERA, Plzeň

Pro zájemce budou také připraveny na odpoledne druhého dne čtyři exkurze dle výběru

Podrobnosti najdete na webové stránce ČMS: www.csvts.cz/cms.

Redakční rada:

Ing. Jan Tichý (předseda), Ing. František Jelínek, CSc. (místopředseda), Ing. Emil Grajciar, Doc. RNDr. Jiří Tesař, Ph.D., Ing. Josef Vojtíšek, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. Milan Badal, Prof. Ing. Jaroslav Boháček, DrSc., Ing. Jan Klíma, Ing. Jiří Kazda, Mgr. Václava Holušová, RNDr. Klára Popadičová, Ing. Jaroslav Rajlich, Ing. Petr Pánek, CSc., Jitka Hrušková, PhDr. Bořivoj Kleník – šéfredaktor.

Časopis vychází 4 x ročně. Cena výtisku 80,- Kč, roční předplatné 320,- Kč + poštovné a balné + 10 % DPH. Vydavatel: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) ve spolupráci s Českým metrologickým institutem, Českou metrologickou společností a Českým kalibračním sdružením. Sídlo vydavatele: ÚNMZ, Biskupský dvůr 1148/5, 110 00 Praha 1. IČO: 48135267. Povolení tisku: registrace MK ČR 6111, MIČ 46 676, ISSN 1210-3543.

Místo vydávání: Praha. Datum vydání: listopad 2017. Nakladatelský servis, předplatné a inzerce: PhDr. Bořivoj Kleník, Bezdědice 19, 294 25 Katusice, tel./fax: +420 326 394 888, mobil: 603 846 527, e-mail: klenik@q-art.cz. Nevyžádané materiály se nevracejí. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

Foto na obálce:

Automatické meteorologické stanice v závěru experimentu projektu MeteoMet2

Photo on the front page:

Automatic weather stations in the end of the experiment of the MeteoMet2 project

