

SÚHRNNÁ SPRÁVA

k previerke národného etalónu

Národný etalón: NE 006/97 Národný etalón tlaku

**Osoba zodpovedná
za národný etalón:** Ing. Miroslav Chytil

Správu vypracoval: Ing. Miroslav Chytil
Ing. Peter Farár

Bratislava, december 2010

Obsah

Obsah.....	2
1 Technicko ekonomické zdôvodnenie potreby a výberu NE tlaku.....	3
2 Podrobný popis NE a s ním spojených zariadení	4
3 Špecifikácia metrologických vlastností Národného etalónu tlaku	7
Konštrukcia	8
Základné metrologické parametre	9
Tlakový rozsah (0.2 až 3) MPa:	9
Tlakový rozsah (0.6 až 6) MPa	9
Tlakový rozsah (0.2 až 7) MPa	9
Tlakový rozsah (1 až 20) MPa	9
Tlakový rozsah (5 až 100) MPa	10
Sady závaží.....	10
Nosiče závaží.....	11
Stav a hodnoty tlakových mierok v roku 2010	12
Zostava etalónu evidovaná v inventúre v roku 2010:	13
Technický stav NE tlaku:	14
Výsledky medzinárodných porovnávacích meraní	14
5 Inštitúcie, útvary a osoby zodpovedné za NE tlaku	17
Umiestnenie NE tlaku:	17
Osoba zodpovedná za NE tlaku:	17
6 Zoznam publikácií o NE tlaku	18
Dokumentácia o NE tlaku	18
Publikácie o NE tlaku.....	18
Výsledky medzinárodných porovnávacích meraní	18
Publikácie súvisiace s NE	19
Doplňujúce informácie	19

Názov etalónu : Národný etalón tlaku NE 006/02

Forma a dátum vyhlásenia etalónu: Osvedčenie o národnom etalóne pod číslom 006/02 zo dňa 27.3.2002 vydané UNMS SR v Bratislave, certifikovaný Slovenským metrologickým ústavom (certifikát č. 006/02) v súlade s ustanovením §6 a §32 ods. 2 písm. d) zákona č. 142/2000 Z. z. o metrologii a o zmene a doplnení niektorých zákonov dňa 25.7.2002

Osoba zodpovedná za národný etalón : Ing. Miroslav Chytil

1 Technicko ekonomické zdôvodnenie potreby a výberu NE tlaku

Jednou zo základných úloh SMÚ definovaných Štatútom SMÚ je výskum, vývoj, realizácia a medzinárodné porovnávanie primárnych etalónov a stupníc národohospodársky významných fyzikálnych veličín . Ako výsledok tejto činnosti je odovzdanie týchto stupníc do praxe - teda nadviazanie etalónov nižších rádov na etalóny SMÚ

Etalón je založený na princípe pôsobenia známej sily na definovanú plochu, pričom sila je realizovaná tiažovou silou závaží a plocha je realizovaná efektívnou plochou piesta vo valci. Efektívna plocha piesta sa určuje z geometrických meraní piesta a vnútorného otvoru valca. Etalón zabezpečuje správnosť a jednotnosť merania pretlaku v Slovenskej republike.

Národný etalón tlaku vyvíjaný v deväťdesiatich rokoch [1], [2] bol vyhlásený v roku 1997. Jeho základná zostava, ktorú tvorí skupina tlakových mierok, ktorých hlavným metrologickým parametrom je efektívna plocha tlakovej mierky odvodená z merania geometrických rozmerov, je rovnaká ako v čase vyhlásenia [3]. V priebehu vývoja boli vyrobené ďalšie tlakové mierky ako sekundárne etalónové tlakomery spolu s pomocnými zariadeniami [6], [7], [8]., ktoré slúžia na prenos jednotky tlaku z NE na stupnicu v rozsahu 3 kPa až 100 MPa. Medzinárodná akceptácia NE je dokladovaná CMC tabuľkou BIPM [16].

Garantom NE je v zmysle zákona 142/2000 z.z. o metrologii v znení neskorších predpisov je Slovenský metrologický ústav, ktorý má v zmysle vyhlášky ÚNMS SR 210/2000 o meradlách a metrologickej kontrole vytvorený a dokumentovaný systém manažérstva kvality podľa ISO 9001:2000 certifikovaný certifikačnou spoločnosťou LGA InterCert, s.r.o., pod registračným číslom 1820614. Centrum 220 je oblasti tlaku akreditované SNAS č. certifikátu K 044 na kalibráciu piestových tlakomerov v rozsahu do 100 MPa a na výskum a vývoj metód kalibrácie a merania v tejto oblasti.

Na etalón je nadviazané veľké množstvo referenčných etalónov a zariadení. Každoročne sa Centre hmotnosti a tlaku SMU kalibruje okolo tristo tlakomerov, ktoré predstavujú ročný príjem okolo 1,5 mil. Sk. Mnohé z týchto tlakomerov slúžia ako referenčné etalóny a odovzdávajú jednotku tlaku ďalej na pracovné meradlá, ktorých počet je možné odhadovať na desiatky tisíc. Na NE tlaku sú napr. nadviazané referenčné etalóny tlaku SLM, ktoré podľa [22] prinášajú ročne príjem okolo 2,2 mil. Sk.

2 Podrobný popis NE a s ním spojených zariadení .

Slovenský národný etalón tlaku je realizovaný ako skupinový etalón založený na princípe piestového tlakomera, ktorý vychádza priamo z definície tlaku ako fyzikálnej veličiny, ako pomer sily F a plochy A na ktorú táto sila pôsobí: $p = F / A$

Sila F sa realizuje gravitačnou silou závaží a plocha A je realizovaná neuteseným piestom, ktorý sa pohybuje v puzdre. Kombinácia piest - puzdro tvorí tzv. tlakovú mierku, ktorá je základnou časťou piestového tlakomera. Veľkosť medzery medzi piestom a puzdrom je rádovo v μm . Meraný tlak prenášaný tlakovým médiom je vyvážený tiažou piesta a závažia. Okrem tiažovej sily závažia a tlaku tlakového média pôsobí na piest ešte sila, ktorá vzniká v dôsledku hydrodynamického trenia tlakového média pretekajúceho štrbinou medzi piestom a puzdrom.

Aby sa bolo možné vyhnúť priamej aplikácie hydrodynamickej trecej sily pri výpočte tlaku pod čelom piesta piestového tlakomera je vhodné v zaviesť pojem efektívnej plochy piesta. Efektívna plocha piesta je hlavným metrologickým parametrom piestového tlakomera. Efektívna plocha predstavuje plochu fiktívneho piesta, keď sily pôsobiace na piest v dôsledku hydrodynamického trenia vytekajúceho tlakového média v medzere medzi piestom a puzdrom nahradzame ekvivalentným prírastkom plochy piesta. Na zabezpečenie čisto hydrodynamického trenia sa piest počas merania otáča. Tlak p generovaný piestovým tlakomerom v jeho referenčnej úrovni je daný vzťahom

Kde

$$p = \frac{m \cdot g \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_z} \right) + \sigma 2\pi r}{A_{ef} \left[1 + (\alpha_p + \alpha_c) + (T - T_{ref}) \right] (1 + \lambda \cdot p_n)}$$

A_{ef} je efektívna plocha tlakovej mierky pri nulovom tlaku a referenčnej teplote

α_p teplotný súčiniteľ lineárnej rozťažnosti materiálu piesta

α_c teplotný súčiniteľ lineárnej rozťažnosti materiálu puzdra

T teplota tlakovej mierky

T_{ref} referenčná teplota, na ktorú je vzťahnutá A_{ef}

ρ_v hustota okolitého vzduchu

ρ_z hustota závaží

λ koeficient tlakovej deformácie efektívnej plochy

p_n nominálna hodnota generovaného tlaku.

σ povrchové napätie tlakovej kvapaliny

r polomer tlakovej mierky

g miestne tiažové zrýchlenie

Výraz $(1 - \rho_v / \rho_z)$ vyjadruje korekciu na vztlak závaží. Výraz $[1 + (\alpha_p + \alpha_c) \cdot (T - T_{ref})]$ je korekcia efektívnej plochy na teplotnú rozťažnosť materiálu tlakovej mierky. Výraz $(1 + \lambda \cdot p_n)$ reprezentuje zmenu efektívnej plochy s tlakom.

Základom etalónu sú dve skupiny tlakových mierok, ktoré boli vyhodnotené z geometrických meraní. Štyri tlakové mierky s nominálnou plochou 2 cm² označených ako 1,2,3,4¹ (Tab. 1) pracujú v rozsahu (0,2 až 3) MPa. Štyri tlakové mierky s nominálnou plochou 1 cm² označených ako 3,4,6,8 (Tab. 1) pracujú v rozsahu (0,6 až 6) MPa. Všetky tlakové mierky pracujú s kvapalným tlakovým médiom, pričom tlakové mierky s nominálnou plochou 2 cm² môžu pracovať aj v plynnom tlakovom médiu. Podrobný popis je uvedený v [3].

Tab. 1

Tlakový rozsah	Nominálna plocha (cm ²)	Označenie
(0,2 až 3) MPa	2	1
		2
		3
		4
(0,6 až 6) MPa	1	3
		4
		6
		8

Na tieto tlakové mierky sú ako sekundárne etalóny nadviazané ďalšie tlakové mierky (Tab. 2, Tab. 3. a Tab.4). Tlakové mierky v Tab. 2 pracujú s plynným tlakovým médiom.

Tab. 2.

Tlakový rozsah	Nominálna plocha (cm ²)	Označenie
(0,2 až 7) MPa	1	A01
		A04

Na prenos jednotky z nízkeho tlakového rozsahu do 6 MPa na rozsah tlakov do 20 MPa v kvapalnom tlakovom médiu bola použitá tlaková mierka s plochou 0,5 cm².

Tab. 3

Tlakový rozsah	Nominálna plocha (cm ²)	Označenie
(1 až 20) MPa	0,5	B01

Na tlakový rozsah do 100 MPa v kvapalnom tlakovom médiu sa používajú tlakové mierky s nominálnou plochou 0,1 cm² (Tab. 4).

Tab. 4

Tlakový rozsah	Nominálna plocha (cm ²)	Označenie
(5 až 100) MPa	0,1	C01
		C04

K etalónu patrí etalónové zariadenie do ktorého patria:

Súbor oceľových kotúčových závaží Ident. označenie 1xxx (Tab. 10)

Súbor oceľových kotúčových závaží Ident. označenie 2xxx (Tab. 10)

Súbor oceľových kotúčových závaží Ident. označenie Axx (Tab. 10)

Súbor oceľových kotúčových závaží Ident. označenie Bxx (Tab. 10)

¹ Pri výrobe boli tlakové mierky výrobcom označené poradovými číslami pre každú skupinu s rovnakou nominálnou efektívnou plochou zvlášť.

- | | |
|--|--------------------------------|
| - Nosič závaží | Ident. označenie podľa Tab. 11 |
| - Stoskop | Inv. číslo III - 363 |
| - Elektr. teplomer ALMEMO | Inv. číslo H03050604M |
| - Personálny počítač (súčasť stoskopu) | Inv. Číslo III – 6397 |

Detailný popis celého zariadenia je v [1], [2], [3], [4] [5] a [6].

3 Špecifikácia metrologických vlastností Národného etalónu tlaku

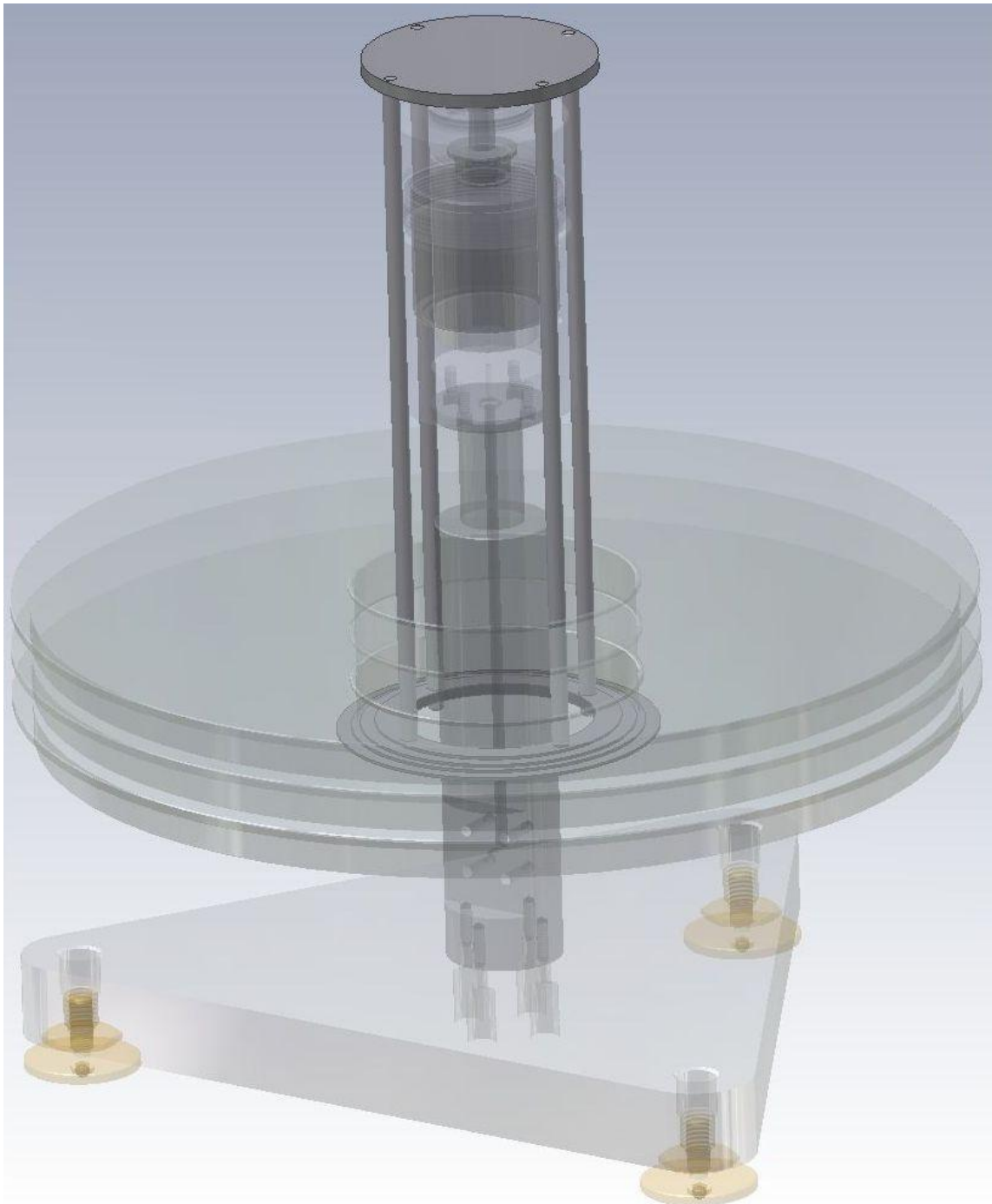
Národný etalón tlaku realizuje jednotku z fyzikálnej definície tlaku. Hlavným metrologickým parametrom je efektívna plocha tlakovej mierky, ktorá je jeho základnou súčasťou. Ostatné súčasti etalónu sú nahraditeľné a neovplyvňujú parametre etalónu. Jediným limitujúcim faktorom je tesnosť tlakového systému na prenos jednotky a realizáciu stupnice. Požiadavka na tesnosť systému (0,1% z hornej hranice meraného tlaku) však nie je mimoriadne kritická, pretože z princípu činnosti piestového tlakomera únik tlakového média je kompenzovaný poklesom piesta tlakovej mierky.

Pri prenose jednotky sa na rozdiel od iných etalónov neodovzdáva v drvivej väčšine prípadov priamo jednotka tlaku Pa ale, jednotka plochy. Národným etalónom sa kalibrujú opäť iba tlakomery založené na princípe piestového tlakomera, pričom sa pri kalibrácii určuje efektívna plocha tlakovej mierky. Proces kalibrácie je pritom založený na dosiahnutí tlakového ekvilibria v spoločnom tlakovom systéme dvoch piestových tlakomerov. Po dosiahnutí tohto stavu sa z pomeru hmotností a známej efektívnej plochy etalónového tlakomera určí efektívna plocha kalibrovaného tlakomera. Dosiahnutie ekvilibria sa monitoruje vizuálnym sledovaním pohybu tlakovej mierky alebo pomocou vhodného elektronického indikátora prípadne meraním tlakovej diferencie v systéme dvoch piestových tlakomerov. Proces kalibrácie je možné porovnať s procesom váženia na nerovnoramennej váhe, pričom pomer efektívnych plôch je ekvivalentný pomeru dĺžky vahadiel nerovnoramennej váhy. Je samozrejmosťou, že kombináciou vhodných závaží, ktoré svojou gravitačnou silou pôsobia na tlakovú mierku je možné realizovať v danom rozsahu požadovanú hodnotu tlaku generovanú piestovým tlakomerom. Na tento účel sa však piestové tlakomery vo funkcii národných etalónov tlaku nikde nepoužívajú.

Konštrukcia

Základom je univerzálny držiak tlakových mierok s nasledujúcimi vlastnosťami:

- Možnosť použiť puzdrá maximálnych rozmerov \varnothing 30 mm a dĺžky 80 mm.
- Možnosť použiť kvapalné aj plynné tlakové médium.
- Možnosť použiť ľubovoľné tlakové prípoje.
- Možnosť jednoduchého transportu celého prístroja.
- Maximálny pracovný tlak 120 MPa.



Základná konštrukcia NE tlaku

Základné metrologické parametre

Základné metrologické parametre NE sú uvedené v nasledovných tabuľkách, pričom materiálové konštanty a neistoty sú pre danú skupinu mierok rovnaké.

Rozsah stupnice realizovaný NE: (0.2 až 6) MPa

Tlakový rozsah (0.2 až 3) MPa:

Tlakové médium – kvapalina

Tab.5

č. mierky	$A_{ef} (cm^2)$	$\alpha (°C^{-1}) \cdot 10^{-5}$	$\lambda (MPa^{-1}) \cdot 10^{-6}$	$u_A \cdot 10^{-6}$	$u_B \cdot 10^{-6}$
1	1,999510	2,1	3,4	1,6	10,2
2	1,999651				
3	1,999493				
4	1,999653				

Tlakový rozsah (0.6 až 6) MPa

Tlakové médium – kvapalina

Tab. 6

Č. mierky	$A_{ef} (cm^2)$	$\alpha (°C^{-1}) \cdot 10^{-5}$	$\lambda (MPa^{-1}) \cdot 10^{-6}$	$u_A \cdot 10^{-6}$	$u_B \cdot 10^{-6}$
3	0,999880	2,1	3,8	1,6	15,6
4	1,000109				
6	1,000163				
8	0,999768				

Na NE sa nadväzujú referenčné etalóny tlaku, ktoré realizujú jednotlivé rozsahy tlakovej stupnice

Tlakový rozsah (0.2 až 7) MPa

Tlakové médium – plyn

Tab. 7

Č. mierky	$A_{ef} (cm^2)$	$\alpha (°C^{-1}) \cdot 10^{-5}$	$\lambda (MPa^{-1}) \cdot 10^{-6}$	$u_A \cdot 10^{-6}$	$u_B \cdot 10^{-6}$
A01	—	1,05	1	3,8	13,6
A04					

Tlakový rozsah (1 až 20) MPa

Tlakové médium – kvapalina

Tab. 8

Č. mierky	$A_{ef} (cm^2)$	$\alpha (°C^{-1}) \cdot 10^{-5}$	$\lambda (MPa^{-1}) \cdot 10^{-6}$	$u_A \cdot 10^{-6}$	$u_B \cdot 10^{-6}$
B01	0,490576	1,05	1,0	8,3	18,7

Tlakový rozsah (5 až 100) MPa

Tlakové médium – kvapalina

Tab. 9

Č. mierky	A_{ef} (cm ²)	α (°C ⁻¹) . . 10 ⁻⁵	λ (MPa ⁻¹) . 10 ⁻⁶	u_A . 10 ⁻⁶	u_B . 10 ⁻⁶
C02	0,0981960	1,05	1,2	6,5	21,6
C05	0,0983321				

Sady závaží

Tab. 10

označenie	nom. hmotnosť (g)	označenie	nom. hmotnosť (g)
101	1020	202	1020
112	2040	212	2039
122	2040	222	2040
133	3060	233	3059
145	5100	245	5100
1510	10200	2 5 10	10200
1610	10200	2 6 10	10200
1710	10200	2 7 10	10200
1810	10200	2 8 10	10198
1910	10197	2 9 10	10200
A01	1000	B01	1000
A02	2000	B02	2000
A03		B03	2000
A04	5000	B04	5000
A05	10000	B05	10000
A06	10000	B06	10000
A07	10000	B07	10000
A08	10000	B08	10000
A09	10000	B09	10000
A10	10000	B10	10000
A11	10000	B11	10000
A12	10000	B12	10000
A13	10000	B13	10000
A14	10000	B14	10000

Parametre relatívna kombinovaná neistota určenia hmotnosti $5 \cdot 10^{-7}$

Závažia sú nahraditeľné závažiami podobného tvaru pri dodržaní hore uvedených parametrov.

Rekalibračný interval 2 roky.

Nosiče závaží

Tab. 11

označenie	nom. hmotnosť (g)
0	1800
1	1800
MPZ-Z-01	800
MPZ-Z-02	800
962-Z	220
963-Z	220

Parametre kombinovaná neistota určenia hmotnosti zostavy 1.0 mg. Rekalibračný interval 2 roky

Zariadenie na sledovanie polohy piesta tlakovej mierky

Parametre merací rozsah 50 mm, kombinovaná neistota merania 0,1 mm, rozlíšiteľnosť 0,01

Teplomer ALMEMO

Parametre merací rozsah (0 – 30) °C, kombinovaná neistota merania 0,1 °C, rozlíšiteľnosť 0,01°C.

Stav a hodnoty tlakových mierok v roku 2010

číslo	A_{ef} / m^2	$uA_{ef} / \%$	$\alpha / ^\circ C^{-1}$	$u\alpha / \%$	λ / Pa^{-1}	$u\lambda / \%$	plyn / MPa	olej / MPa
201	199.95100E-6	0.0012	21.2E-6	10	3.38E-12	30	3	15
202	199.96510E-6	0.0012	21.2E-6	10	3.38E-12	30	3	15
203	199.94930E-6	0.0012	21.2E-6	10	3.38E-12	30	3	15
103	99.98800E-6	0.0014	21.0E-6	10	3.00E-12	30		30
104	100.01090E-6	0.0014	21.0E-6	10	3.80E-12	30		30
106	100.01630E-6	0.0014	21.0E-6	10	3.80E-12	30		30
108	99.97680E-6	0.0014	21.0E-6	10	3.80E-12	30		30
MPZ5P v.č.A01	98.11320E-6	0.0014	10.0E-6	10	1.00E-12	30	7	30
A03	98.00899E-6	0.0014	10.0E-6	10	1.00E-12	30	20	30
A04	98.10000E-6	0.0014	10.0E-6	10	1.00E-12	30	10	30
B01	49.05752E-6	0.0016	10.0E-6	10	1.10E-12	30		40
1326-02cm(5mm)	19.99950E-6	0.0014	10.0E-6	10	8.00E-13	30	7	40
MPZ100K v.č.C01	9.81960E-6	0.0014	10.0E-6	10	1.40E-12	20		200
C03	9.80457E-6	0.0014	10.0E-6	10	1.35E-12	20		200
C04	9.81758E-6	0.0014	10.0E-6	10	1.20E-12	20		200
cC02pC01	9.81740E-6	0.0014	10.0E-6	10	1.40E-12	20		200
6763-0.05cm(10mm)	4.90234E-6	0.0014	9.0E-6	10	7.50E-13	15		300
E01(15mm)	1.96160E-6	0.0014	9.0E-6	10	7.00E-13	10		500

Zostava etalónu evidovaná v inventúre v roku 2010:

<i>Tlakové mierky s nominálnou efektívnou plochou 2 cm² s označením 1, 2, 3, 4</i>	
<i>Tlakové mierky s nominálnou efektívnou plochou 1 cm² s označením 3, 4, 6, 8</i>	
<i>Zariadenie na meranie polohy piestov</i>	<i>Inv. č. 10/6497</i>
<i>Držiak tlakových mierok</i>	<i>Inv. č. 10/6673</i>
<i>Zariadenie etal. tlaku s plynným a olejovým médiom</i>	<i>Inv. č. 10/6676</i>
<i>Zariadenie na meranie polohy piestov</i>	<i>Inv. č. 10/7021</i>
<i>Tlaková mierka 10 cm Wk</i>	<i>Inv. č. 10/7028</i>
<i>Tlaková mierka 1 cm Wk</i>	<i>Inv. č. 10/7029</i>
<i>Tlaková mierka 0,5 cm Wk</i>	<i>Inv. č. 10/7031</i>
<i>Tlaková mierka 0,5 cm Wk</i>	<i>Inv. č. 10/7032</i>
<i>Tlaková mierka 0,1 cm Wk</i>	<i>Inv. č. 10/7033</i>
<i>Tlaková mierka 0,1 cm Wk</i>	<i>Inv. č. 10/7034</i>
<i>Kotúčové závažia do 100 kg</i>	<i>Inv. č. 10/7035</i>
<i>Držiak tlakových mierok</i>	<i>Inv. č. 10/7036</i>
<i>Držiak tlakových mierok priemer 35</i>	<i>Inv. č. 10/7037</i>
<i>Etalónové váhy C 10 000</i>	<i>Inv. č. 10/7217</i>
<i>Etalónový mikromanometer</i>	<i>Inv. č. 10/7245</i>
<i>Normál tlakový CEC</i>	<i>Inv. č. 3/2243</i>
<i>Pristroj nivelačný OPTON</i>	<i>Inv. č. 3/2425</i>
<i>Etalón tlaku skupinový</i>	<i>Inv. č. 3/3643</i>
<i>Váha E 5500 S</i>	<i>Inv. č. 3/5651</i>
<i>Teplomer odporovy 5187 L</i>	<i>Inv. č. 3/6006</i>
<i>Most odporový F 26 B</i>	<i>Inv. č. 3/6105</i>
<i>Indikátor tlaku referenčný DHI</i>	<i>Inv. č. 3/6395</i>
<i>Objemový regulátor tlaku</i>	<i>Inv. č. 3/7232</i>
<i>Prenosná vyhodnocovacia a riadiaca jednotka</i>	<i>Inv. č. 3/7355</i>
<i>Súprava kotúčových závaží</i>	<i>Inv. č. 3/7360</i>
<i>Súprava kotúčových závaží</i>	<i>Inv. č. 3/7373</i>
<i>Merací prístroj ALMEMO 2290-4 s prísl.</i>	<i>Inv. č. 3/7408</i>
<i>Kabinet z platní Lexan</i>	<i>Inv. č. 3/7462</i>
<i>Granitová doska + stól</i>	<i>Inv. č. 3/7464</i>
<i>Monitorovací systém na sledovanie analógových veličín</i>	<i>Inv. č. 3/7493</i>
<i>Elektrický mikromanometer</i>	<i>Inv. č. 3/7500</i>
<i>Analytické váhy Sartorius</i>	<i>Inv. č. 3/7511</i>
<i>Monitor stav. parametrov NE tlaku</i>	<i>Inv. č. 3/7535</i>
<i>Tlaková mierka GO 005</i>	<i>Inv. č. 3/7536</i>
<i>Kompaktná mierka BA PBR 260</i>	<i>Inv. č. 3/7554</i>
<i>Teleso piestového tlakomera</i>	<i>Inv. č. 3/7588</i>
<i>Optoelektronický bezdotykový senzor ILD1401-20</i>	<i>Inv. č. 3/7598</i>
<i>Tlaková mierka PC 5H SS 50B</i>	<i>Inv. č. 3/7660</i>

4 Prehľad výsledkov výskumu a vývoja a medzinárodných porovnaní.

Technický stav NE tlaku:

Vyhodnocovanie etalónu vrátane medzinárodných porovnávaní bolo ukončené v roku 1985. V tomto roku bol etalón vyhlásený ako Československý štátny etalón v rozsahu (0,2 - 3) MPa [1]. Vyhodnocovanie etalónu v rozsahu do 6 MPa vrátane medzinárodného porovnávaní bolo ukončené v roku 1990. V tomto roku bol etalón vyhlásený ako Československý štátny etalón v rozsahu (0,3 - 6) MPa [2]. Etalón pracuje v podobe, v akej bol vyhlásený za Československý štátny etalón.

V roku 1997 bol etalón vyhlásený za NE tlaku s osvedčením č. 6/97 [3].

V r roku 1998 boli vyrobené nové univerzálne držiaky tlakových mierok, ktoré umožňujú uchytenie tlakových mierok rôznej konštrukcie.

V r. 1999 bol vyvinutý a vyhotovený oddeľovací ventil do 100 MPa, pri ktorom zmena objemu pri prevádzke je menšia ako $0,5 \text{ mm}^3$, ktorým sa nahradil dovtedy používaný oddeľovací ventil a prvé tlakové mierky s plochou $0,1 \text{ a } 1 \text{ cm}^2$. [6]

V roku 2000 bola vyrobená tlaková mierka s plochou $0,5 \text{ cm}^2$ [7]

V roku 2001 bolo zakúpené sledovanie na meranie pohybu piestov tlakových mierok a boli vyrobené prvé tlakové mierky s plochou 10 cm^2 [8].

V roku 2002 boli vyhodnotené tlakové mierky C02, C05 [9]

Výsledky medzinárodných porovnávacích meraní

Výsledky medzinárodných porovnávaní, ktoré prebehli do r. 1997 keď bol NE vyhlásený sú zachytené v [3]. Koeficient F_n (normalizovaná odchýlka) sa pohyboval v rozsahu 0,06 – 0,63.

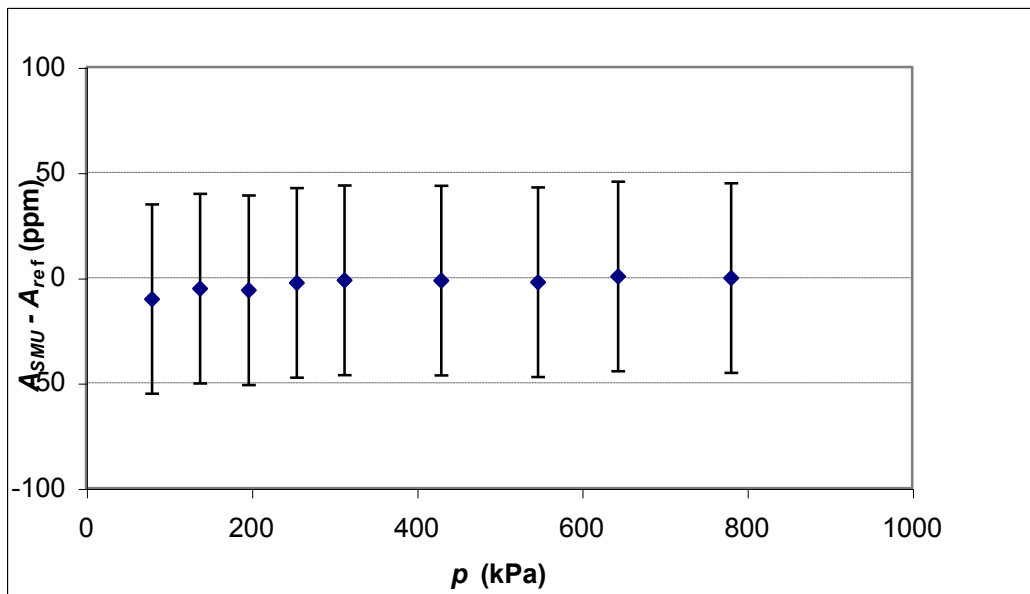
V roku 1998 sa uskutočnilo medzinárodné porovnanie COOMET národných etalónov tlaku Nemecka, RF a SR. Vďaka účasti PTB sú výsledky porovnávaní nadviazané na kľúčové porovnávanie v tejto oblasti. Výsledky sú v rámci deklarovaných neistôt porovnávaných etalónov. Výsledky ukázali na veľmi dobrú zhodu s etalónom PTB. Rozdiely oproti VNIIM sú veľmi blízke rozdielom nameraným v r. 1986, čo indikuje, že etalón je časovo veľmi stabilný. Výsledky porovnania (Tab 12) sú publikované v [12]. Podrobný popis porovnávaní bol prijatý na publikovanie vo zvláštnom čísle časopisu METROLOGIA [13]. Rozdiely medzi zúčastnenými laboratóriami sú v rámci deklarovaných neistôt etalónov.

Tab. 12

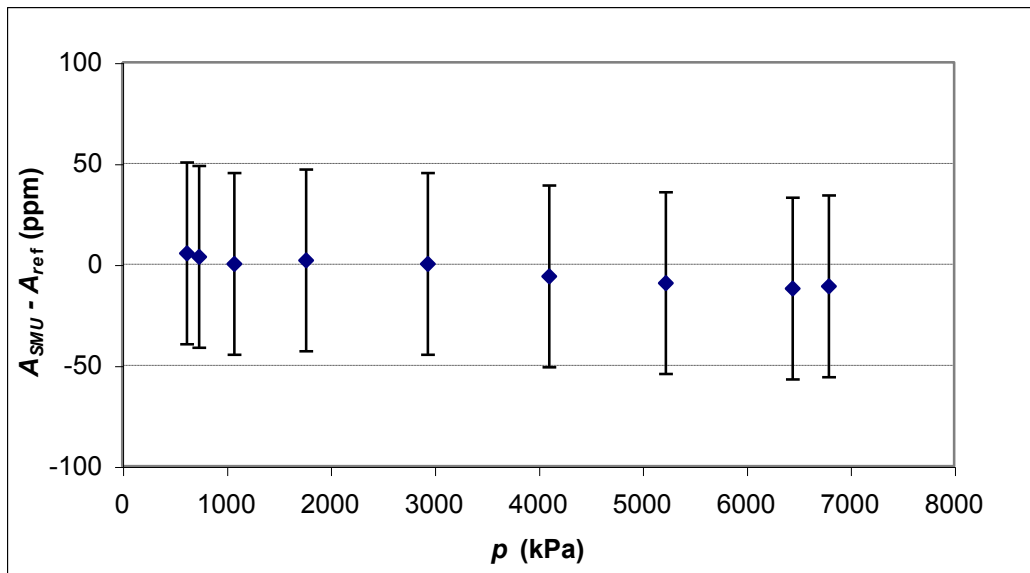
	PTB – VNIIM		SMU – VNIIM		PTB - SMU	
	$(A_1 - A_2)/A_0$	$2 \cdot (U_1^2 + U_2^2)^{1/2}$	$(A_1 - A_2)/A_0$	$2 \cdot (U_1^2 + U_2^2)^{1/2}$	$(A_1 - A_2)/A_0$	$2 \cdot (U_1^2 + U_2^2)^{1/2}$
8	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$-0,7 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$
33	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$-1,0 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$

V r. 2001 sa uskutočnilo sa porovnávanie v EUROMET v plynnom tlakovom médiu do 7 MPa (EUROMET projekt č. 439 v ktorom je pilotným laboratóriom NPL). Ako porovnávací etalón bol použitý komerčne dostupný dvojpiestový tlakomer fy. RUSKA Instr Mod. 2465. Prostredníctvom dvoch laboratórií (IMGC a PTB) bolo porovnávanie prepojené na kľúčové porovnávanie CCM.P-K1c. Údaje namerané jednotlivými laboratóriami boli prepočítané na zodpovedajúcu odchýlku od referenčnej hodnoty porovnávaní CCM.P-K1c. Obr. 1 reprezentuje odchýlku NE od referenčnej hodnoty CCM v rozsahu meraných tlakov (80 - 800) kPa.

Obr. 1 EUROMET projekt č. 439 – odchýlka NE od referenčnej hodnoty CCM

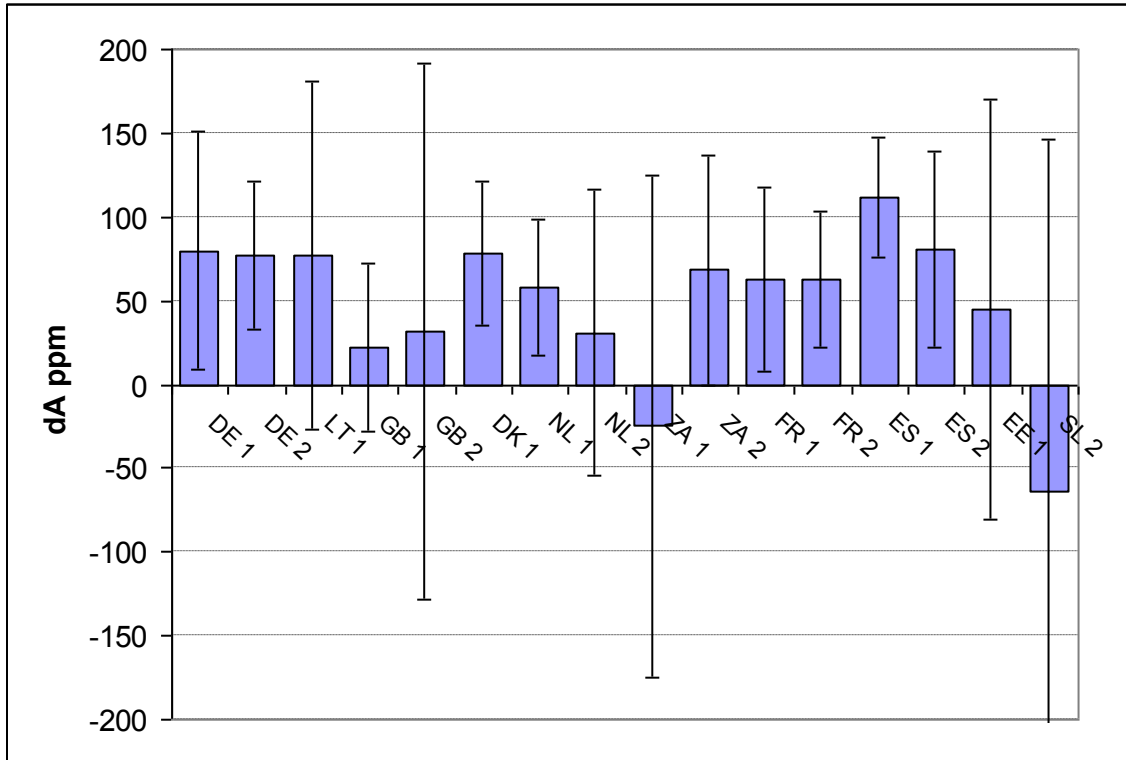


Obr. 2. EUROMET projekt č. 439 – odchýlka NE od referenčnej hodnoty CCM



Obr. 1 reprezentuje odchýlku NE od referenčnej hodnoty CCM v rozsahu meraných tlakov (80 až 800) kPa. Obr. 2 reprezentuje odchýlku NE od referenčnej hodnoty CCM v rozsahu meraných tlakov (800 až 8000) kPa. Odchýlky od referenčnej hodnoty CCM sú v rozsahu deklarovaných neistôt Podrobnosti porovnávania vrátane tabuliek vzájomnej ekvivalencie sú v [14]

V r. 2002 – 2003 sa uskutočnilo medzinárodné medzilaboratórne porovnanie EA Projekt PR 7. Porovnávaná sa zúčastnilo 16 akreditovaných kalibračných laboratórií vrátane laboratórií národných metrologických ústavov. Ako porovnávací etalón bol použitý pre tento účel v SMU vyvinutý a realizovaný tlakomer MPZ 2P s tlakovou mierkou s nominálnou plochou 1cm^2 . Ako referenčná hodnota plochy bola deklarovaná plocha určená z NE tlaku SMU. To umožňuje pomocou výsledkov uvedených v [14] zistiť vzájomnú ekvivalenciu medzi jednotlivými laboratóriami. Výsledky porovnávaní sú na obr.3. Podrobnosti porovnávaní sú v [15]



Obr. 3 Medzinárodné porovnanie EA PR 7

5 Inštitúcie, útvary a osoby zodpovedné za NE tlaku

Umiestnenie NE tlaku:

Slovenský metrologický ústav, Bratislava, odbor 220, laboratórium, objekt H, lab. č. 250, 239,

Osoba zodpovedná za NE tlaku:

Ing. Miroslav Chytil: - zodpovedá za technický stav a správnosť funkcie NE tlaku,, zabezpečuje a realizuje rozvoj prístrojového vybavenia, zodpovedá za realizáciu stupnice v plynnom tlakovom médiu, vykonáva nadviazanie referenčných a pracovných etalónov,, vykonáva justáž a úpravy etalonážneho zariadenia, spolupracuje pri medzinárodných porovnávaniach, kontroluje metrologické parametre jednotlivých meradiel, spracúva a vyhodnocuje výsledky meraní

Ing. Peter Farár: - zodpovedá za medzinárodnú akceptáciu SNE, spracúva a vyhodnocuje výsledky meraní

Ing. Adam Kopkáš: - zodpovedá za realizáciu stupnice v kvapalnom tlakovom médiu, vykonáva nadviazanie referenčných a pracovných etalónov, spolupracuje pri medzinárodných porovnávaniach, kontroluje metrologické parametre jednotlivých meradiel, spracúva a vyhodnocuje výsledky meraní.

6 Zoznam publikácií o NE tlaku

Dokumentácia o NE tlaku

Keprt A., Farár P., Škrovánek T., Baláž J., Československý štátny etalón tlaku (pretlak) v rozsahu (0,2 až 3) MPa, *Správa č. 3066*, ČSMÚ, Bratislava, 1985, 26 str

Farár P., Keprt A., Škrovánek T., Československý štátny etalón tlaku (pretlak) v rozsahu (0,3 až 6) MPa, *Správa č. 3083/90*, ČSMÚ, Bratislava, 1990, 54 str.

Farár P., Slovenský národný etalón tlaku (pretlak), Súhrnná správa o etalóne, Bratislava 1997

Chytil M, Slovenský národný etalón tlaku, rozsah 20 kPa až 3000 kPa s plynným médiom (MPZ 5P) a rozsah 10 MPa až 100 MPa s kvapalným médiom (MPZ 100K). Súhrnná správa o etalóne SMÚ, Bratislava 1999, 16 str.

Publikácie o NE tlaku

Synáč. J., Návrh a realizácia nového piestového etalónu tlaku v rozsahu (0,2 až 6) MPa, *Čs. standardizace*, číslo 6, 1981, str. 351 - 355

CHYTYL, M.: Konštrukcia nového piestového tlakomera do 500 MPa. In: *Metrológia a skúšobníctvo*, roč. 15, 2010, č. 3, s. 29-31.

Technický stav, úpravy a práce s etalónom sú zachytené v správach:

Farár P., Uchovávanie etalónov tlaku. Správa pre záverečnú oponentúru úlohy č. 200 010, December 1997

Farár P., Uchovávanie a rozvoj národného etalónu tlaku. Správa pre záverečnú oponentúru úlohy úlohy č. 200 100, Január 2000

Farár P., Uchovávanie a rozvoj národného etalónu tlaku. Správa pre záverečnú oponentúru úlohy úlohy č. 200 101, Január 2001

Farár P., Uchovávanie a rozvoj národného etalónu tlaku. Správa pre záverečnú oponentúru úlohy úlohy č. 200 101, Január 2002

Chytil M, Primárna a sekundárna etalonáž tlaku, Správa pre záverečnú oponentúru úlohy úlohy č. 200 025, 2004-2008

Chytil M, Primárna a sekundárna etalonáž tlaku, Správa pre záverečnú oponentúru úlohy úlohy č. 200 25, 2009

Výsledky medzinárodných porovnávacích meraní

Cvelik V. A., Erjuchin A. V., Sličeniye etalonov jedinici davlenija stran členov SEV v diapazone (0,5 - 3) MPa, *Izmeriteľ'naja tehnika*, 4, 1988, str. 59 - 61

Farár P., Škrovánek T., Faltus Z., Chytil M., The SMU Primary Mercury Manometer and its Comparison with Three Manometers of Different Design, *Metrologia*, 1993/94, 30, str. 751-755

Faltus Z., Jäger J., Porovnávanie piestových tlakomerov medzi PTB Braunschweig a SMÚ Bratislava, *Správa o porovnávaní*, SMÚ Bratislava, 1994, 8 str.

Gorobei W, Kiselev J., Jäger J, Sabuga W, Farár P., Faltus Z. Comparison of the national standards of Russian Federation (VNIIM), Germany (PTB) and Slovakia (SMU) in the pressure range 1 MPa to 3 MPa, *Metrologia*, Volume 36, Number 6, str.651 – 655, 2000

Gorobei W, Kiselev J., Jäger J, Sabuga W, Farár P., Faltus Z. Comparison of the national standards of Russian Federation (VNIIM), Germany (PTB) and Slovakia (SMU) in the pressure range 1 MPa to 3 MPa (fluid media, gauge mode), COOMET project No.

115/RU/95, 3rd CCM International Conference :Pressure Metrology from Ultra High Vacuum to Very High Pressures, May 1999.

Severn I, NPL, Teddington UK, Draft report: EUROMET PROJECT 439

Farar P, Draft report: EA Comparison PR 7

BIPM CMC Tables,

Publikácie súvisiace s NE

G. Molinar, M. Bergoglio, W. Sabuga, P. Otal, G. Ayyildiz, J. Verbeek, P. Farar, Calculation of effective area A_0 for six piston-cylinder assemblies of pressure balances. Results of the EUROMET Project 740, The 4th CCM International Conference on Pressure Metrology from Ultra-High Vacuum to Very High Pressures (10^{-9} Pa to 10^9 Pa), Abstrakt prijatý na uverejnenie,

P. Farár, Effective area model accounting for mode of operation and gas species effect, Abstrakt prijatý na uverejnenie Ref. CCM-59

P. Farár, C. R. Tilford, Low pressure Effective area of gas operated variable piston gauge, The 4th CCM International Conference on Pressure Metrology from Ultra-High Vacuum to Very High Pressures (10^{-9} Pa to 10^9 Pa), Abstrakt prijatý na uverejnenie Ref. CCM-61

Farár, M. Chytil, Pressure balance with rotating cylinder and compensated weight carrier, The 4th CCM International Conference on Pressure Metrology from Ultra-High Vacuum to Very High Pressures (10^{-9} Pa to 10^9 Pa), , abstrakt prijatý na uverejnenie Ref. CCM-60

P. Farár, K. Richter, Interlaboratory comparison of accredited calibration laboratories in the pressure range (200 - 2000) kPa in gaseous media, The 4th CCM International Conference on Pressure Metrology from Ultra-High Vacuum to Very High Pressures (10^{-9} Pa to 10^9 Pa), Abstrakt prijatý na uverejnenie Ref. CCM 62

Doplňujúce informácie

Výročná správa SLM, SLM Banská Bystrica , Marec 2003