

REŽIM MĚŘENÍ DIFERENČNÍHO TLAKU PŘI VYSOKÉM STATICKÉM TLAKU POMOCÍ PÍSTOVÝCH TLAKOMĚŘŮ ŘADY PG7000 (platí pro PG7000 ver. 2.03 a vyšší)

Autoři: Michael Bair, Pierre Delajoud a Martin Girard, DH Instruments, Inc., 29. srpna 2000
Překlad: firma D-Ex Limited, s.r.o.

PŘEDMLUVA

Mezi často používaná měřidla patří tlakoměry určené k měření diferenčního tlaku při statickém tlaku značně vyšším než je atmosférický tlak. Tyto tlakoměry jsou často kalibrovány v přetlakovém (relativním) režimu tak, že se nízkotlaká strana ponechá otevřená do atmosféry a na vysokotlakou část se připojí známá hodnota relativního tlaku vztaženého k atmosféře. Avšak, velmi velký poměr mezi statickým tlakem, atmosférickým tlakem a diferenčním tlakem způsobuje významné rozdíly v odezvě přístroje na diferenční tlak, pokud je používán při atmosférickém tlaku a při normálním zvýšeném statickém tlaku. Velmi snadno se dá zjistit změna nuly způsobená změnou statického tlaku přivedením stejného tlaku současně na obě strany přístroje. Pro stanovení vlivu statického tlaku na rozpětí diferenčního tlaku je nutné mít k dispozici etalon tlaku, který je schopen definovat diferenční tlak při zvýšeném statickém tlaku. Aby mělo použití takového etalonu smysl, musí být jeho nejistota měření nižší než je cílová nejistota zkoušeného přístroje.

Základní problém při definování diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku je způsoben velmi velkým poměrem mezi statickým a diferenčním tlakem. Pokud je například statický tlak 8 MPa a diferenční tlak 20 kPa, poměr je 400:1. Získání diferenčního tlaku z rozdílu měření dvou vysokotlakých etalonů vede v tomto případě k velmi špatným výsledkům. V tomto daném příkladě je při použití dvou etalonů s měřicím rozsahem do 8 MPa, které mají dokonce velmi malou nejistotou ($\pm 0,005\%$), výsledná nejistota 4 % z 20 kPa diferenčního tlaku. Navíc, nastavení a stabilizace na takové úrovni, aby bylo možno provádět platné porovnávání etalonu a zkoušeného přístroje může být obtížné. Nejlepší automatické regulátory tlaku mají přesnost ± 10 ppm. Dva takové regulátory zabezpečí mezi sebou při rozsahu 8 MPa přesnost regulace $\pm 0,8\%$ z diferenčního tlaku 20 kPa.

Pístové tlakoměry s výjimečnou přesností a speciální metody měření mohou být použity pro definování diferenčního tlaku při zvýšeném statickém tlaku s nejistotou mnohem nižší než je kombinovaná nejistota dvou nezávislých hodnot vysokého tlaku.

Režim měření diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku pomocí pístových tlakoměrů řady PG7000 (PG7000 High Line Differential Mode) podporuje pro definování diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku použití dvou tandemově zapojených pístových tlakoměrů PG7102, s tlakovým médiem plyn. Výjimečná výkonnost, moderní vestavěná měření a možnost zpracování dat u tlakoměrů řady PG7000 společně umožňují vylepšení stanovení diferenčního tlaku při zvýšeném statickém tlaku pomocí pístových tlakoměrů a oproti předcházející technologii zjednodušují obsluhu.

Tento dokument vysvětluje princip režimu měření diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku, popisuje pracovní postup a poskytuje analýzu nejistoty pro definovaný diferenční tlak.

PRINCIP REŽIMU MĚŘENÍ DIFERENČNÍHO TLAKU PŘI VYSOKÉM STATICKÉM TLAKU

Režim měření „High Line Differential Mode“ definuje diferenční tlak jako rozdíl mezi dvěma tlakovými hodnotami danými dvěma pístovými tlakoměry. Postup hydrostatického vyvážení neboli „vytárování“ dvou pístových tlakoměrů je použit pro definici společného statického tlaku s přesností, která je podstatně vyšší než nejistota měření obou pístových tlakoměrů. Při použití této metody je vliv statického tlaku na nejistotu diferenčního tlaku tvořen pouze citlivostí a krátkodobou opakovatelností pístových tlakoměrů.

Poznámka: 1 ppm = $1 \cdot 10^{-6}$

Ke každé straně (nízkotlaké a vysokotlaké) kalibrovaného diferenčního tlakoměru je připojen nezávislý pístový tlakoměr s tlakovým médiem plyn (viz obrázek č. 1). Nízkotlaká (low) část je ustanovena jako „tárovací“ strana. V průběhu měření diferenčního tlaku je jedinou funkcí tárovací strany udržování konstantního statického tlaku. Hmotnost tárovacího pístu je úmyslně nižší, takže při přivedení tlaku k oběma pístům se tento začne vznášet jako první. Vysokotlaká (high) strana je ustanovena jako „referenční - měřicí“ strana. Měřicí strana udržuje statický tlak, ke kterému se přidává diferenční tlak. Systém regulace tlaku zahrnuje zařízení pro nezávislé nastavení tlaku na obou stranách a propojovací ventil pro oddělení nebo vzájemné propojení nízkotlaké a vysokotlaké strany systému.

Při otevřeném propojovacím ventilu se na oba pístové tlakoměry naloží závaží odpovídající velikosti statického tlaku. Tyto tlakoměry se potom vzájemně hydrostaticky vyváží při daném statickém tlaku. Hydrostatické vyvážení spočívá v úpravě hmotnosti naložené na tárovací straně tak, aby se oba písty při stejném tlaku společně rovnovážně vznášely. U obou pístů je dosaženo rovnováhy, pokud pokles pístu odpovídá přirozené rychlosti poklesu. Je-li dosaženo perfektního vyrovnání, a pokud každý pístový tlakoměr definuje při uzavřeném propojovacím ventilu nezávislou hodnotu tlaku, je diferenční tlak, přivedený na zkoušený přístroj, nulový.

Jakmile je propojovací ventil uzavřen, naloží se na referenční píst závaží o hmotnosti odpovídající požadovanému diferenčnímu tlaku a píst se znovu uvede do pracovního stavu. Tárovací píst udržuje statický tlak a referenční píst definuje statický tlak plus diferenční tlak.

Nejistota diferenčního tlaku se skládá z náhodných nejistot vztahujících se k původní a aktuální hodnotě statického tlaku mezi oběma částmi a ze systematických nejistot vztahujících se k hmotnosti a efektivní ploše tlakové měrky použité k stanovení diferenčního tlaku. Není nutno znát přesnou hodnotu statického tlaku a při analýze nejistot není tato hodnota významná. V úvahu se bere pouze stabilita statického tlaku mezi oběma částmi.

FUNKCE DIFERENČNÍHO REŽIMU

Diferenční režim může být aktivován přímo výběrem v menu terminálu PG7000 stejným způsobem, jako režim měření přetlaku nebo absolutního tlaku. Vestavěný systém sběru dat a výpočetní funkce tlakoměru PG7000 jsou použity pro řízení funkce diferenčního režimu. Tárovací tlakoměr PG7102 je přímo propojen s referenčním tlakoměrem PG7102. Referenční tlakoměr PG7102 se stává řídicím

(„master“) přístrojem, který ovládá všechny funkce, a tárovací tlakoměr PG7102 je pomocným („slave“) přístrojem.

Manuální regulátor tlaku MPC1-D (P/N 401 646 nebo 401647) a sada propojek PG7000 High Line Differential Mode (P/N 401645) zabezpečují potřebná propojení, ventily a regulaci tlaku pro funkci režimu měření diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku.

Funkce diferenčního režimu je z praktického hlediska podobná funkci v přetlakovém režimu, ale navíc je nutno sledovat a udržovat tárovací píst v pracovní poloze. Dále je potřebné při každé změně statického tlaku provést hydrostatické vyvážení, aby se minimalizovala chyba nuly diferenčního tlaku způsobená statickým tlakem.

VÝPOČET DIFERENČNÍHO TLAKU

Viz obrázek č. 2.

SPECIFIKACE

Tyto specifikace předpokládají použití páru nominálně identických tlakových měrek ve dvou pístových tlakoměrech PG7102 a použití vestavěného režimu měření diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku. Tlakoměry PG7102 jsou při použití v režimu měření diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku neobyčejně citlivé na vlivy okolního prostředí. Pro dosažení níže uvedených specifikací je nutné, aby byly tlakoměry PG7102 instalovány na pracovní ploše, která v průběhu použití nemění svoji rovinnost (měřenou pomocí libely na tlakoměru) a která je bez rušivých vibrací. V místnosti by se nemělo vyskytovat proudění vzduchu, které by mělo vliv na sílu vytvořenou závažími uloženými na písty (toto se týká i difuzérů klimatizace, větráků a dokonce i pohybu osob v místnosti).

Dominantními nejistotami v režimu měření diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku pomocí PG7102 jsou nejistoty vztahující se k náhodným změnám statického tlaku. Tyto nejistoty mohou být redukovány a v některých případech eliminovány a) integrací výstupu zkoušeného přístroje po dobu 20 až 30 sekund; b) zaznamenáním rozdílu mezi výstupem zkoušeného přístroje při skutečné nulové hodnotě diferenčního tlaku (propojovací ventil otevřen) a při nule definované systémem PG7102 (propojovací ventil uzavřen). Tento rozdíl může být přímo použit jako korekce nuly pro všechny následné odečty diferenčního tlaku zkoušeného přístroje.

Rozsah statického tlaku:

- Tlakové měrky 200 kPa/kg:
400 až 11 000 kPa (60 až 1 600 psi)
- Tlakové měrky 50 kPa/kg:
100 až 2 750 kPa (15 až 400 psi)
- Tlakové měrky 10 kPa/kg:
20 až 550 kPa (3 až 80 psi)

Rozsah diferenčního tlaku:

- Diferenční tlak (DP) + Statický tlak (LP)
< Maximální statický tlak

Nejistota měření:

- Tlakové měrky 200 kPa/kg:
 $\pm(2 \text{ Pa} + 1,3 \text{ ppm LP} + 30 \text{ ppm DP})$
- Tlakové měrky 50 kPa/kg:
 $\pm(0,5 \text{ Pa} + 1,3 \text{ ppm LP} + 25 \text{ ppm DP})$
- Tlakové měrky 10 kPa/kg:
 $\pm(0,1 \text{ Pa} + 1,3 \text{ ppm LP} + 20 \text{ ppm DP})$

ANALÝZA NEJISTOTY

Tato analýza nejistoty předpokládá použití páru nominálně identických tlakových měrek ve dvou pístových tlakoměrech PG7102 a použití vestavěného režimu měření diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku.

Nejistota tlakoměru PG7102 v režimu měření přetlaku je analyzována v Technické zprávě firmy DHI č. 7920TN01A, „Uncertainty Analysis for Pressure Defined by A PG7201, PG7601 or PG7302 Piston Gauge.” Specifikace standardní přesnosti pro koeficient pokrytí $k = 2$ je následující:

- Tlaková měrka 200 kPa/kg:
 $\pm(2 \text{ Pa} + 30 \text{ ppm})$
- Tlaková měrka 50 kPa/kg:
 $\pm(0,5 \text{ Pa} + 25 \text{ ppm})$
- Tlaková měrka 10 kPa/kg:
 $\pm(0,2 \text{ Pa} + 20 \text{ ppm})$

Nejistota v režimu měření diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku (HLD - High Line Differential mode) je odlišná od nejistoty v režimu měření přetlaku především kvůli dodatečným složkám standardních nejistot, které musí být vyjádřeny vzhledem ke statickému tlaku. Tímto se zavádí třetí termín do výše uvedené specifikace standardní přesnosti. Některé nejistoty uváděné v režimu měření přetlaku jsou také v režimu HLD eliminovány díky postupu hydrostatického vyvážení tlakových měrek při statickém tlaku.

Nejistota definice diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku je oproti nejistotě v režimu měření přetlaku upravena následovně:

- **Eliminací nejistoty hmotnosti pístu a hmotnosti unášecího zvonu (viz část B1a a B1b technické zprávy č. 7920TN01A):** V režimu HLD je nutné znát hodnotu statického tlaku s přesností pouze $\pm 1 \%$. Vzhledem k tomu, že hodnota statického tlaku je ve skutečnosti známa s přesností odpovídající specifikaci standardní přesnosti v režimu měření přetlaku, příspěvek nejistoty hmotnost zátěže definující statický tlak se stává zanedbatelným. Poznámka: Toto se týká i závaží naloženého na tárovací píst v průběhu postupu hydrostatického vyvážení.
- **Přidáním nejistot vztahujícím se k hmotnosti zátěže vytvořené malými (trimovacími) závažími:** Malá závaží (s hmotností 50 g a nižší) mají větší nejistotu ($\pm 1 \text{ mg}$ na jedno závaží; $k=2$) než ostatní závaží používaná s pístovými tlakoměry PG7000. V režimu měření přetlaku je minimální hmotnost zátěže 1 kg, takže nejistota hmotnosti malých závaží je vzhledem k hmotnosti celé zátěže malá. V režimu HLD je hmotnost zátěže podstatně nižší než 1 kg a pro definici diferenčního tlaku se často používá kombinace malých závaží. Relativní nejistota malých závaží se v tomto případě stává významnou. Vzhledem k tomu, že nelze předpovědět, kolik malých závaží bude při určité zkoušce použito, tato analýza nejistot bere v úvahu použití konzervativního počtu devíti malých závaží. Hmotnosti malých závaží jsou vzhledem k metodě jejich kalibrace považovány za korelované. Při stanovení standardní nejistoty je uvažován korelační koeficient 0,5. V níže uvedené tabulce jsou uvedeny velikosti tlakových měrek, citlivost tlaku, standardní nejistota hmotnosti a standardní nejistota tlaku.

Velikost tlakové měrky	Citlivost [Pa/mg]	Std. nejistota [mg]	Std. nejistota [Pa]
10 kPa/kg	0,010	5,4	0,054
50 kPa/kg	0,050	5,4	0,268
200 kPa/kg	0,200	5,4	1,07

Je užitečné zmínit, že tato standardní nejistota může být snadno redukována. Jednou možností je kalibrace malých závaží s menší nejistotou. Další praktičtější možností je použití nominálních hmotností zátěže pro snížení počtu použitých malých závaží.

Typ nejistoty	Absolutní, typ B
Citlivost	Viz tabulka
Rozdělení:	Uvažováno normální
Standardní nejistota	Viz tabulka

- **Změna v určení nejistoty způsobená citlivostí (viz část B13 technické zprávy č. 7920TN01A):** V režimu měření HLD je tato nejistota uváděna jako funkce statického tlaku, která se přičítá k relativní nejistotě diferenčního tlaku. Tato nejistota je identická s nejistotou uvedenou v tabulce v části B13, ale relativní podíl této nejistoty je vynásoben hodnotou statického tlaku. Standardní nejistota pro citlivost zahrnuje jak tárovací, tak i měřicí tlakovou měrku.
- **Přidání nejistoty korekce změny teploty tlakových měrek v době od hydrostatického vyrovnání po provedení měření difference:** Při provádění měření v režimu HLD se tárují (nulují) měřicí a tárovací pístové tlakoměry PG7000 pomocí hydrostatického vyrovnání při statickém tlaku. Pokud následně dojde k různé změně teploty tárovací a referenční tlakové měrky, způsobí tato změna diferenční změnu statického tlaku, což má přímý vliv i na změnu hodnoty diferenčního tlaku. Vnitřní program tlakoměrů PG7000 pro měření v režimu HLD koriguje tyto diferenční teplotní změny v reálném čase, ale k této korekci se vztahuje určitá nejistota. Tato nejistota se vztahuje ke statickému tlaku.

Vzhledem k tomu, že tato korekce spočívá v diferenční změně teplot tlakových měrek od doby hydrostatického vyrovnání, není nutno uvažovat celou absolutní přesnost platinových odporových teploměrů umístěných v přípojkě tlakové měrky (viz část B10 v dokumentu 7920TN01A). Příspěvek nejistoty od platinových teploměrů odpovídající jejich provedení je přibližně $\pm 0,01^\circ\text{C}$ pro $k = 2$ a je možné ho považovat za zanedbatelný. Avšak, musí se brát také v úvahu nejistoty koeficientů teplotních roztažností tlakových měrek. Tato nejistota se bere

jednou v úvahu pro diferenční tlak (viz část B16 dokumentu 7920TN01A), ale má vliv opět i na statický tlak. Vzhledem k vlastnostem teploměrů je tato nejistota o něco vyšší než nejistota uváděná v bodě B16. Tato nejistota opět předpokládá maximální korigovanou hodnotu 1°C . V následující tabulce jsou uvedeny velikosti tlakových měrek, koeficienty teplotní roztažnosti pro každou tlakovou měrku, standardní nejistota a standardní nejistota hodnoty tlaku. Tyto hodnoty platí pro měřicí i tárovací tlakovou měrku.

Velikost tlakové měrky	$(\alpha_p + \alpha_c)$ [$^\circ\text{C}^{-1}$]	Std. nejistota [$^\circ\text{C}^{-1}$]	Std. nejistota [ppm]
10 kPa/kg	10×10^{-6}	$2,5 \times 10^{-7}$	0,3
50 kPa/kg	9×10^{-6}	$2,2 \times 10^{-7}$	0,3
200 kPa/kg	9×10^{-6}	$2,2 \times 10^{-7}$	0,3

Typ nejistoty:	Relativní, typ B
Citlivost:	$1,00000/^\circ\text{C}^{-1}$
Rozdělení:	Uvažováno normální
Standardní nejistota:	Viz tabulka

- **Dodatečná nejistota typu A vztahující se ke statickému tlaku:** Aby byla tato analýza nejistoty úplná, je potřeba přidat dodatečnou nejistotu typu A vztahující se ke statickému tlaku. Nejistota typu A pro diferenční tlak je již zahrnuta v části A1 v dokumentu 7920TN01A. Tato nejistota typu A je způsobena chybami počátečního tárování při provádění hydrostatického vyrovnání a dalšími dodatečnými náhodnými nejistotami při měření. Experimentem byla stanovena pro všechny velikosti tlakových měrek dodatečná nejistota v nejhorším případě ± 1 ppm ($k=2$), pokud jsou dodrženy podmínky zanedbatelného proudění vzduchu. Standardní nejistota je tedy $\pm 0,5$ ppm statického tlaku.

Typ nejistoty	Relativní, typ A
Citlivost	1 ppm/ppm
Rozdělení:	Normální
Standardní nejistota	0,5 ppm stat. tlaku

Tato nejistota závisí na specifických podmínkách při měření a se zvyšující se hodnotou statického tlaku se stává významnější. Jak již bylo v tomto dokumentu uvedeno výše, chyby způsobené touto nejistotou typu A mohou být redukovány zprůměrováním odečtů měření za určitý časový úsek.

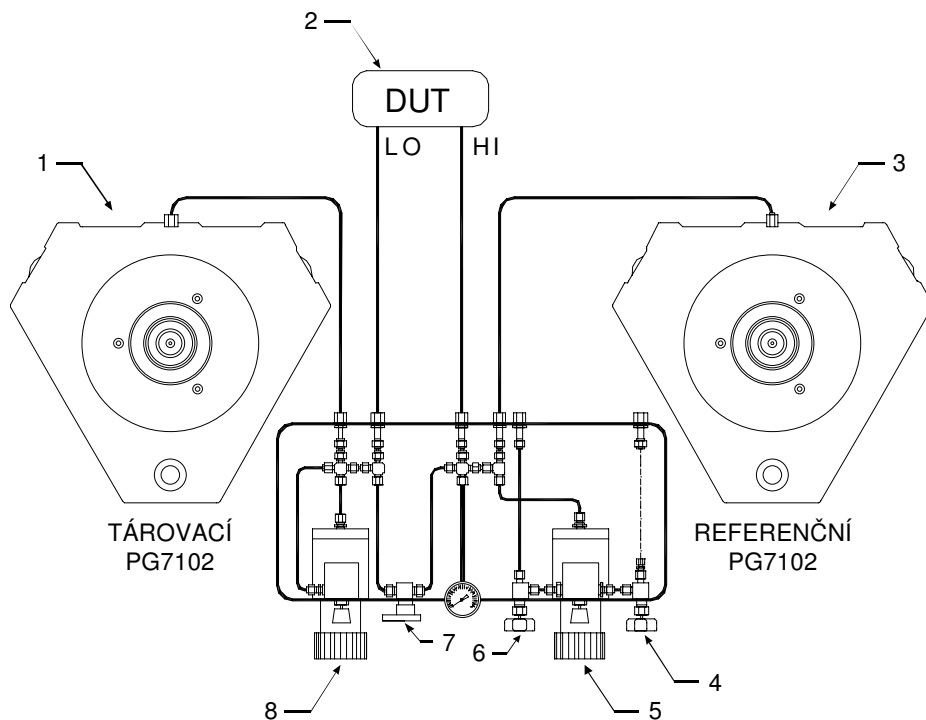
Vzhledem k tomu, že sloupce tabulek nejistot v technické zprávě 7920TN01 pro tlakové měrky s rozsahem **200 kPa/kg, 50 kPa/kg a 10 kPa/kg** nemohou brát v úvahu nejistotu vztahující se ke změnám statického tlaku, jsou k dispozici grafy, které zobrazují absolutní nejistotu ($k=2$) s ohledem na hodnotu statického tlaku pro každou velikost tlakové měrky (viz Obrázek 3). Relativní nejistota diferenčního tlaku může být doplněna k odpovídající absolutní složce zobrazené v tabulce, nebo celková nejistota diferenčního tlaku může být vypočtena pomocí následujících rovnic (LP = statický tlak; DP = diferenční tlak).

- Tlakové měrky 200 kPa/kg:
 $\pm (2 \text{ Pa} + 1,3 \text{ ppm LP} + 30 \text{ ppm DP})$
- Tlakové měrky 50 kPa /kg:
 $\pm (0,5 \text{ Pa} + 1,3 \text{ ppm LP} + 25 \text{ ppm DP})$
- Tlakové měrky 10 kPa/kg:
 $\pm (0,1 \text{ Pa} + 1,3 \text{ ppm LP} + 20 \text{ ppm DP})$

ZAŘÍZENÍ POTŘEBNÉ PRO POUŽITÍ V REŽIMU MĚŘENÍ DIFERENČNÍHO TLAKU PŘI VYSOKÉM STATICKÉM TLAKU POMOCÍ PG7102

- (2) Základny pístových tlakoměrů PG7102 (alternativně může být na tárovací straně použita základna tlakoměru PG7601).
- (1) Pár tlakových měrek s tlakovým médiem plyn (200, 50, nebo 10 kPa/kg), z nichž jedna může být „tárovací“ tlakovou měrkou.
- (1) Pár sad závaží (35, 40, 45, nebo 55 kg), z nichž jedna může být „tárovací“ sadou.
- (1) Manuální regulátor tlaku MPC1-D-3000, nebo MPC1-D-1000.
- (1) Sada propojek PK-7100-MPCD-DIF.

OBRÁZEK 1. SCHÉMA REŽIMU MĚŘENÍ DIFERENČNÍHO TLAKU PŘI VYSOKÉM STAT. TLAKU



1. Tárovací PG7102
2. Diferenční zkoušený přístroj (DUT)
3. Referenční PG7102
4. Vstupní ventil MPC1-D
5. Regulátor objemu MPC1-D (Hi VV)
6. Odvzdušňovací ventil MPC1-D (VENT)
7. Propojovací ventil MPC1-D HI/LO (BYPASS)
8. Regulátor objemu MPC1-D (Lo VV)

OBRÁZEK 2. VÝPOČET V REŽIMU MĚŘENÍ DIF. TLAKU PŘI VYSOKÉM STAT. TLAKU

Referenční PG7102 používá pro výpočet diferenčního tlaku následující vzorce:

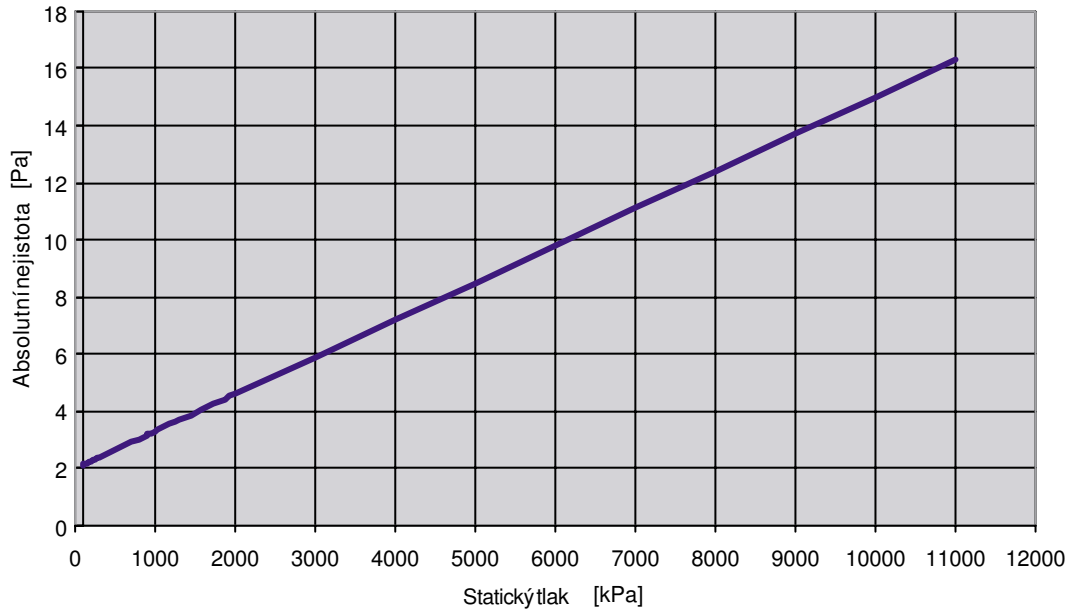
$$\Delta P_{\text{HLD}} = \frac{(M_{\text{R}} - M_{\text{RX}})g \left(1 - \frac{\rho_{\text{a}}}{\rho_{\text{m}}}\right)}{A_{\theta, P+\Delta P}} + P_{\text{L}} \left[(\alpha_{\text{PR}} + \alpha_{\text{CR}})(\theta_{\text{RX}} - \theta_{\text{R}}) - (\alpha_{\text{PT}} + \alpha_{\text{CT}})(\theta_{\text{TX}} - \theta_{\text{T}}) \right] + P_{\text{HD}}$$

$$A_{\theta, P+\Delta P} = A_{20,0} \cdot 10^{-6} \cdot \left[1 + (\theta_{\text{R}} - 20)(\alpha_{\text{PR}} + \alpha_{\text{CR}}) \right] \left[1 + \lambda(P_{\text{L}} + \Delta P_{\text{nom}}) \right]$$

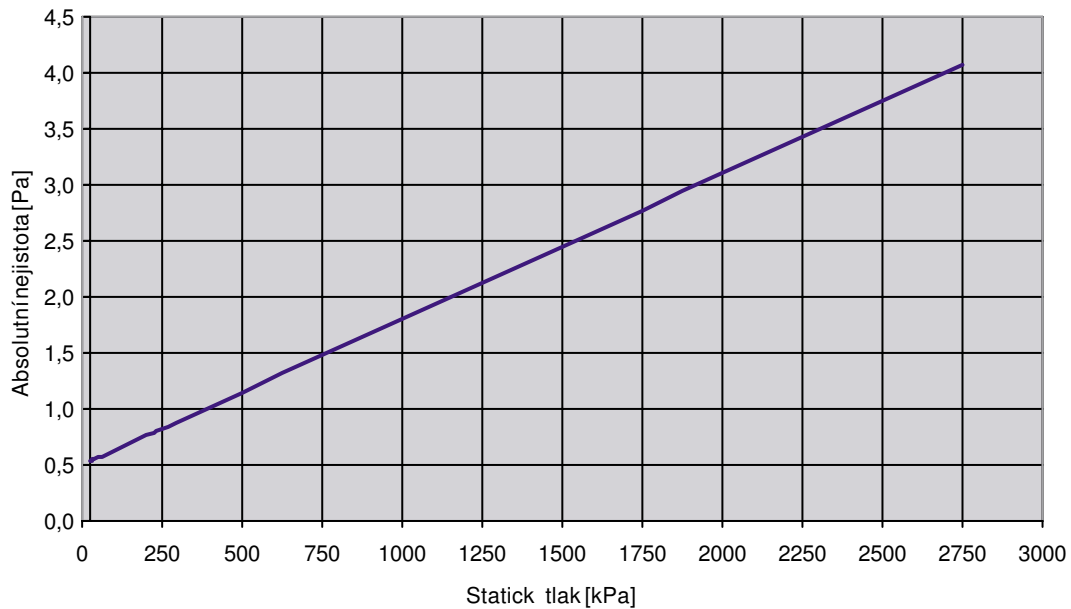
$$P_{\text{L}} = P_{\text{GRX}} = \left(\frac{Mg \left(1 - \frac{\rho_{\text{a}}}{\rho_{\text{m}}}\right) + 2\pi \sqrt{\frac{A_{\theta, P}}{\pi}} \Gamma}{A_{\theta, P}} + P_{\text{HG}} \right)_{\text{RX}}$$

VELIČINA	POPIS	JEDNOTKY
$\sqrt{A_{\theta, P}/\pi}$	Průměr pístu při teplotě θ a tlaku P	m
$A_{20,0}$	Efektivní plocha tlakové měrky při 20°C, P_{atm}	mm ²
$A_{\theta, P}$	Efektivní plocha tlakové měrky při θ , P	m ²
G	Místní tíhové zrychlení	m/s ²
M	Hmotnost naložených závaží	kg
P_{HD}	Korekce odlehlosti v režimu HLD	Pa
P_{L}	Statický tlak	Pa
ΔP_{HLD}	Diferenční tlak při vysokém statický tlaku	Pa
ΔP_{nom}	Nominální diferenční tlak v režimu HLD	Pa
α_{C}	Lineární součinitel teplotní roztažnosti materiálu válce	°C ⁻¹
α_{P}	Lineární součinitel teplotní roztažnosti materiálu pístu	°C ⁻¹
λ	Koeficient tlakové roztažnosti tlakové měrky	Pa ⁻¹
θ	Teplota tlakové měrky	°C
ρ_{a}	Hustota vzduchu	kg/m ³
ρ_{m}	Hustota závaží	kg/m ³
INDEXY		
$()_{\text{P}+\Delta\text{P}}$	Statický tlak + diferenční tlak (referenční tlaková měrka)	-
$()_{\text{R}}$	Reference	-
$()_{\text{RX}}$	Reference, v době hydrostatického vyrovnání	-
$()_{\text{T}}$	Tára	-
$()_{\text{TX}}$	Tára, v době hydrostatického vyrovnání	-

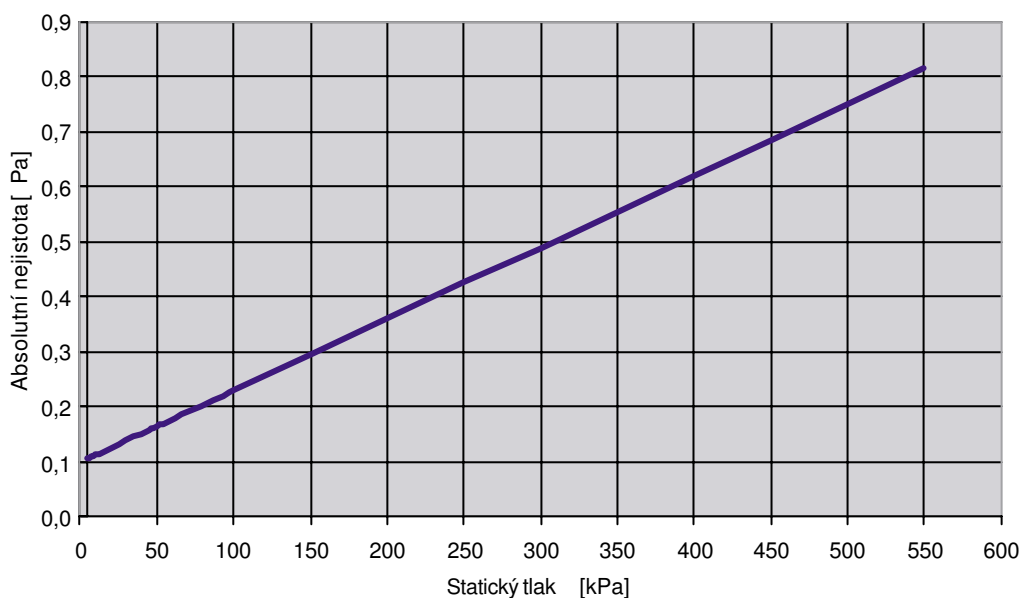
Nejistota měření v režimu měření diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku pomocí tlakových měrek 200 kPa/kg PG7000 ($k=2$); Standardní přesnost $\pm(\text{osa } y + 30 \text{ ppm} \times \text{DP})$



Nejistota měření v režimu měření diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku pomocí tlakových měrek 50 kPa/kg PG7000 ($k=2$); Standardní přesnost $\pm(\text{osa } y + 25 \text{ ppm} \times \text{DP})$



Nejistota měření v režimu měření diferenčního tlaku při vysokém statickém tlaku pomocí tlakových měrek 10 kPa/kg PG7000 (k=2); Standardní přesnost $\pm(\text{osa } y + 20 \text{ ppm} \times \text{DP})$



Tento článek byl uveřejněn ve sborníku přednášek

Mezinárodní školy měření tlaku, teploty a elektrických veličin pořádané SMS, Liptovský Ján, říjen 2001.