



ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ



ÚSTAV
TECHNIKY
PROSTŘEDÍ

PŘEDMĚT

EXPERIMENTÁLNÍ METODY V TECHNICE PROSTŘEDÍ

NÁZEV

NÁVOD K ÚLOZE

TLAKOVÁ ZTRÁTA VÝMĚNÍKU NA STRANĚ VODY

VYPRACOVAL

doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.

ROZSAH

5 stran

PŘÍLOHY

1 stranA

DATUM

prosinec 2016

utp.fs.cvut.cz

1 Tlaková ztráta výměníku na straně vody

1.1 Cíl měření

Stanovte tlakovou ztrátu výměníku tepla (otopného tělesa, kapilární rohože, solárního kolektoru, apod.) na straně vody Δp_w . Výsledky přepočítejte na konkrétní teplotu vody.

1.2 Metodika měření tlakové ztráty

Metodika měření vychází z běžné praxe stanovení místní tlakové ztráty vřazeného hydraulického odporu [2] v potrubí. Před a za referenční hranicí hydraulického odporu jsou v rovných úsecích náběžných potrubí umístěny vždy dva tlakové odběry v definovaných vzdálenostech l . Odběry snímají tlaky před vřazeným odporem p_{p1} a p_{p2} (počáteční tlak) a za vřazeným odporem p_{k1} a p_{k2} (konečný tlak). Tlakové poměry na odběrech jsou uvedeny na Obr. 2.1.

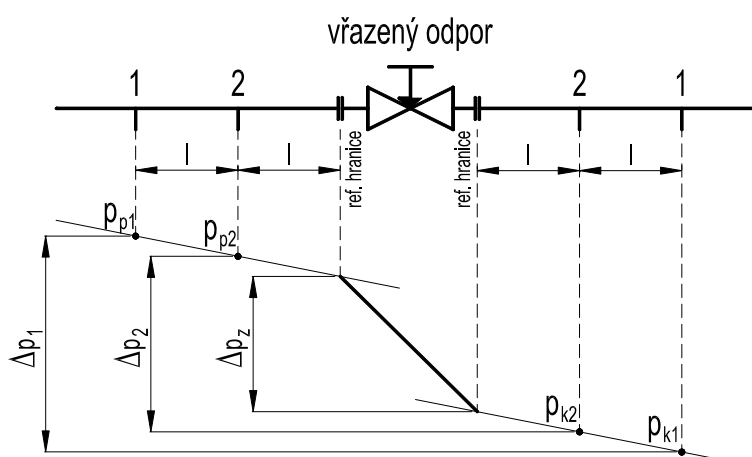
Příslušné odběry jsou zapojeny proti sobě na obrácený U-manometr a odečítají se výšky vodního sloupce na trubicích h_{p1} , h_{p2} a h_{k1} , h_{k2} (mm). Z rozdílů výšek Δh_1 a Δh_2 (mm) se stanoví rozdíly tlaků Δp_1 a Δp_2 (Pa) podle vztahu

$$\Delta p_i = \frac{\Delta h_i}{1000} g \rho_w = \frac{(h_{pi} - h_{ki})}{1000} g \rho_w \quad (1)$$

kde ρ_w je hustota vody ve vodním sloupci U-manometru při teplotě okolí t_a .

Pro vyhodnocení tlakové ztráty Δp_z v místě vřazeného odporu (rozdílu tlaku mezi referenčními hranicemi odporu) se využívá stanovení průběhu rozdílů tlaků před a za hydraulickým odporem, tj. poklesu vlivem třecích ztrát v náběžném potrubí s odběry

$$\Delta p_z = \Delta p_2 - (\Delta p_1 - \Delta p_2) \text{ [Pa]} \quad (2)$$

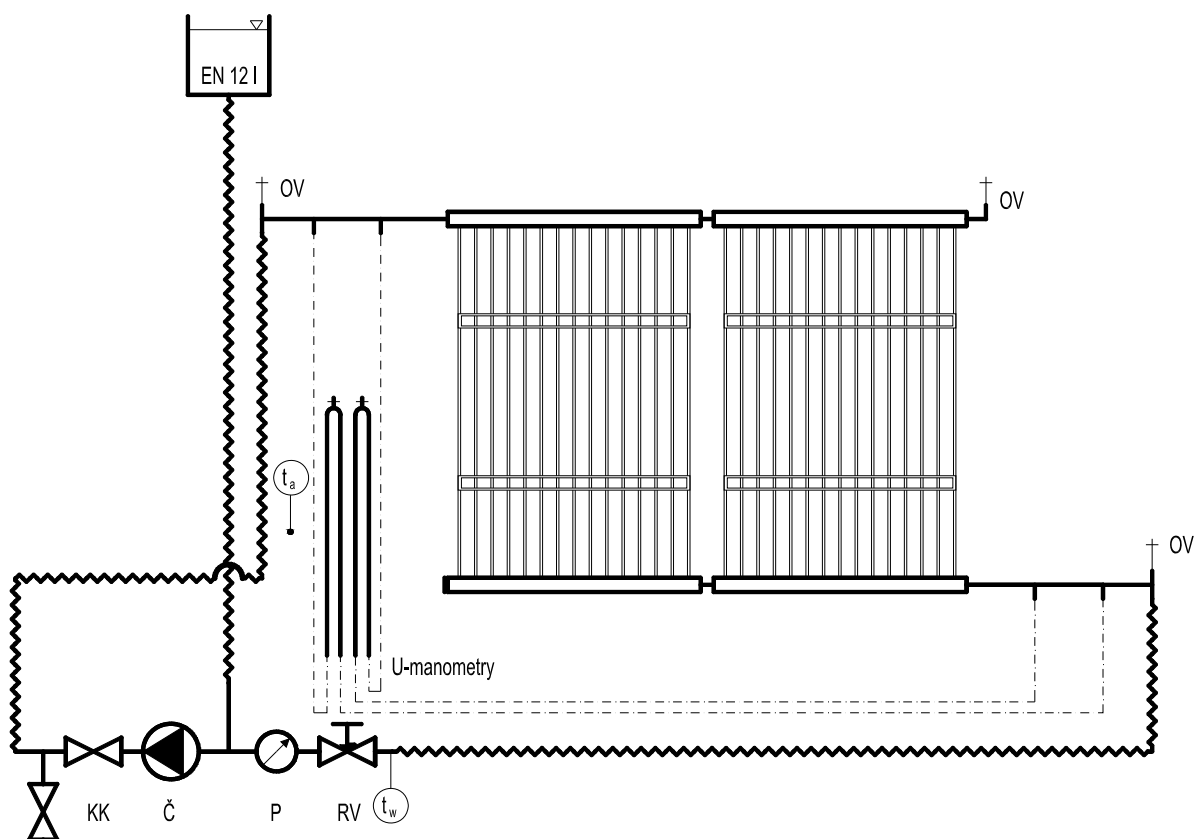


Obr. 2.1 Průběh tlaku před a za vřazeným odporem (kapilární rohoží)

1.2.1 Měřicí trať

Měřicí trať pro měření tlakových ztrát se skládá z oběhového čerpadla Č (GRUNDFOS UPS 25-80), průtokoměru P (Recordall M25, Badgometer Czech Republic) s impulsním výstupem, regulačního ventilu RV (CRANE D931 DN20), uzavíracích armatur KK, odvzdušňovacích ventilů OV a otevřené expanzní nádoby EN o objemu 12 l. Teplonosnou kapalinou je voda, jejíž teplota je snímána na vstupu do průtokoměru jímkovým čidlem. Teplota proudící teplonosné kapaliny rohoží ovlivňuje její viskozitu, a tedy tlakové ztráty třením. Je nutné ji proto uvádět společně s výsledky měření. Teplota okolního vzduchu t_a v laboratoři je snímána stíněným teploměrem TA (čidlo Pt100). Teplota okolního vzduchu je prakticky stejná jako teplota vodní náplně U-manometrů a je použita pro určení hustoty vody ρ_w pro stanovení tlakových rozdílů z odečtu výšek hladin.

Pro snímání tlaků před a za rohožemi jsou použita náběžná potrubí (Cu 22x1) s odběry $\varnothing 6$ mm s rovnoměrnými odstupy $l = 100$ mm. Tlakové odběry v odpovídajících vzdálenostech před a za měřeným registrem jsou zapojeny proti sobě na obrácené U-manometry (skleněné trubice $\varnothing 10$ mm, výška U-manometru 2 m). Pro snímání tlaků byly použity dva odběry před měřeným registrem a dva za měřeným registrem. Schéma měřicí trati je znázorněno na Obr. 2.2.



Obr. 2.2 Schéma měřicí trati (legenda: Č – oběhové čerpadlo, EN – expanzní nádoba, KK – kulový kohout, OV – odvzdušňovací ventil, P – průtokoměr, RV – regulační ventil, TW1,2 – čidlo teploty vody)

1.3 Postup a vyhodnocení měření

Zapojte všechny konektory do měřicí ústředny, otevřete odběry tlaků, zkontrolujte stav vody v expanzní nádobě, uzavřete škrtkovací ventil, aby průtok vody byl minimální a zapojte čerpadlo do sítě.

Nastavte průtok vody tak, aby tlaková ztráta byla měřitelná. Při měření jsme omezeni výškou U-trubice, která je 2 m. Měření provádějte postupně pro 10 nastavení průtoku vody (regulace škrtením).

Pro každý stav odečtete z měřicí ústředny Ahlborn teplotu vzduchu t_a , teplotu vody t_{w1} a t_{w2} , průtok vody V a výšky hladin na U-trubici (h_{p1} , h_{p2} a h_{k1} , h_{k2}) a zapište je do protokolu.

Měření alespoň jednou opakujte.

Vyhodnocení měření proveďte na PC v programu MS Excel. Tlakovou ztrátu určete z naměřených hodnot podle rovnice (2).

1.3.1 Parametry vody

Hustotu vody stanovte podle následujícího vztahu:

$$\rho_w = 1000 - (t - 4) [0,097 + 0,0036(t - 4)] \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (9)$$

Pro stanovení hustoty vzduchu v U-trubici dosadte do vztahů teplotu vzduchu t_a , tlaková ztráta Δp byla stanovena při střední teplotě vody t_{ws} .

$$t_{ws} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (11)$$

1.3.2 Přepočítání tlakové ztráty na konstantní teplotu vody

Pro přepočítání tlakové ztráty na konstantní teplotu vody (např. pro 20 °C) použijte vztah

$$\Delta p_{20} = \Delta p_x \frac{\rho_x}{\rho_{20}} \text{ [Pa]} \quad (12)$$

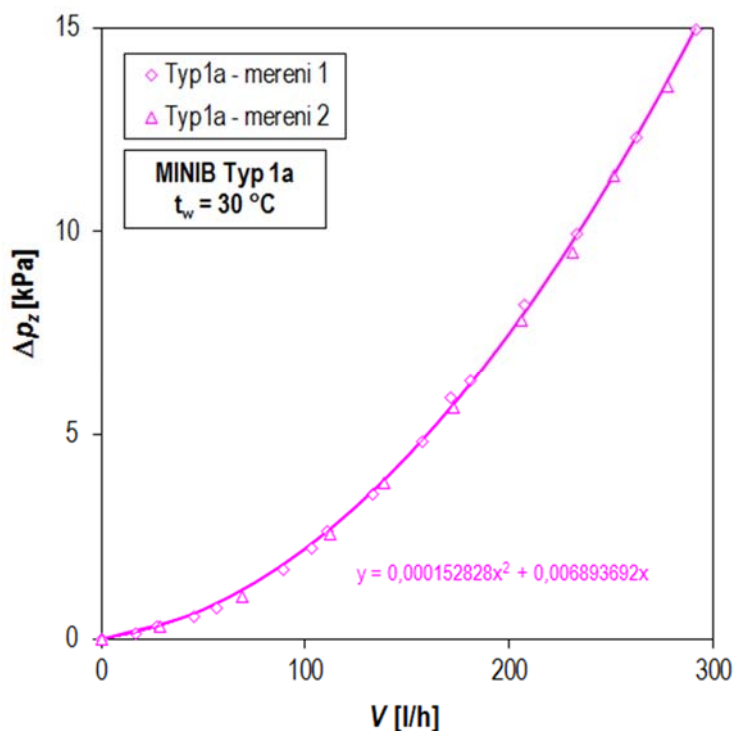
kde Δp_x je naměřená tlaková ztráta [Pa]
 ρ_x hustota vody při střední teplotě vody t_{ws} [kg/m³]
 ρ_{20} hustota vody při teplotě vody 20 °C [kg/m³]

1.3.3 Použité přístroje

| | |
|---|------|
| Ústředna Ahlborn Almemo | 1 ks |
| Čidlo Pt100 teploty vzduchu | 1 ks |
| Jímkové čidlo Pt100 pro měření teploty vody | 2 ks |
| Průtokoměr Badgermeter Recordall M25 s impulsním výstupem | 1 ks |
| U- trubice 2 m | 1 ks |

1.4 Rozsah výsledných prací

Výsledkem úlohy je zpráva o měření, která má náležitosti uvedené v literatuře [2], kapitola 1.4. Hlavním výstupem zprávy je závislost tlakové ztráty výměníku na průtoku vody $\Delta p = f(V)$ pro zadanou konstantní teplotu vody.



Obr. 2.3 Příklad výsledku měření – tlaková ztráta v závislosti na průtoku vody $\Delta p = f(V)$

1.5 Seznam označení

| | |
|------------|--|
| g | tíhové zrychlení [m/s^2] (9,81 m/s^2) |
| h | výška vodního sloupce [mm] |
| p | statický tlak [Pa] |
| Δp | tlakový rozdíl [Pa] |
| t | teplota [$^{\circ}\text{C}$] |
| V | objemový průtok [m^3/s] |
| ρ_w | hustota vody [kg/m^3] |
| ν | kinematická viskozita [m^2/s] |

1.6 Literatura

- [1] DRKAL, F. a kol. *Experimentální cvičení a zkoušení strojů v technice prostředí*. 1992. Ediční středisko ČVUT. ISBN 80-01-00825-8.
- [2] MATUŠKA, T. *Experimentální metody v technice prostředí*. 2005, Česká technika - nakladatelství ČVUT. ISBN 80-01-03291-4.
- [3] ZMRHAL, V., MATUŠKA, T., SCHWARZER, J. Modelování tlakových ztrát kapilárních rohoží. In *Simulace budov a techniky prostředí*. Praha: IBPSA-CZ, 2010, s. 73-78. ISBN 978-80-254-8661-0.
- [4] ZMRHAL, V. Tlakové ztráty kapilárních rohoží - Experimentální měření (část 1). In: *Vytápění, větrání, instalace*. 2012, roč. 21, č. 4, s. 29-34. ISSN 1210-1389.

