

MERANIE RÝCHLOSTI A PRIETOKOVÉHO MNOŽSTVA VO VÍROVOM ODLUČOVAČI

PLANDOROVÁ Katarína – ČERNECKÝ Jozef, SR

Resumé

Príspevok sa venuje postupom merania rýchlosti a určenia prietokového množstva v jednotlivých častiach cyklóna. Popisuje merania s použitím dvoch dynamických rýchlostných sond pripojených k príslušným diferenčným manometrom.

Kľúčová slová: rýchlosť prúdenia, prietokové množstvo, cyklón.

MEASUREMENT OF VELOCITY AND FLOW RATE IN A VORTEX SEPARATOR

Abstract

The article discusses the procedure of speed and determination of flow in different parts of the cyclone. Describes measurements using two dynamic speed probes attached to the differential manometer.

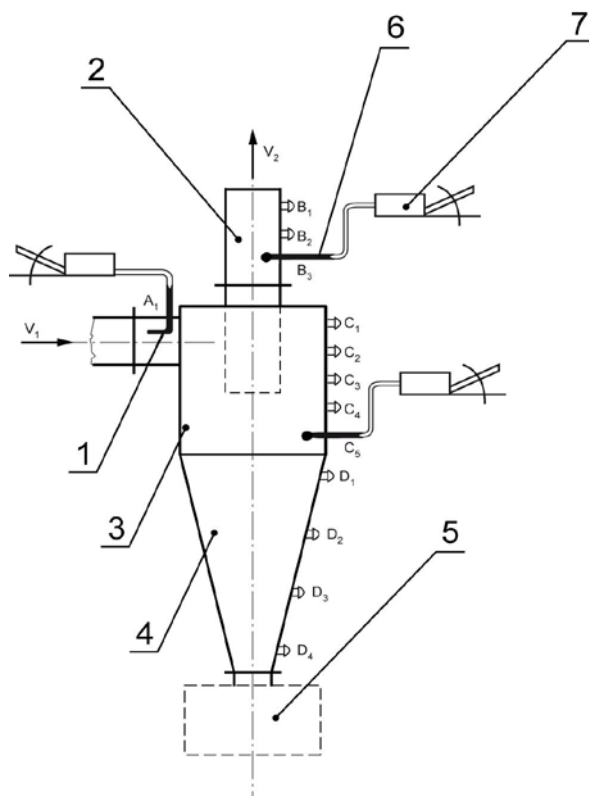
Key words: velocity, flow rate, cyclone.

Úvod

Meranie rýchlosti a určenie prietokového množstva vzduchu v cyklóne patrí k základným technickým meraniam prúdenia tekutiny. Prúdenie tekutín je priestorový jav, ktorý môže mať laminárny alebo turbulentný priebeh. V odlučovacom priestore cyklóna existuje trojrozmerné prúdenie, ktoré je vysoko turbulentné a vírové pole, ktorého vlastnosti ešte nie sú úplne objasnené. Pre meranie rýchlosti a prietokového množstva na vstupe do cyklóna a v jeho odlučovacom priestore sa používajú dynamické rýchlostné sondy pripojené k diferenčným manometrom.

1 Postup merania v cyklóne

Na získanie údajov o rozložení rýchlosti a tlakov v cyklóne, ako aj prietokového množstva vstupujúceho do cyklóna je možné realizovať podľa obr. 1. Najvhodnejšie je začať meraním rýchlosti a tlaku na vstupe do cyklónu v bode A_1 a následne určením prietokového množstva z nameraného rýchlostného profilu. Ostatné priestorové meranie smeru a rýchlosti sa môže vykonávať v jednotlivých častiach cyklóna. Na výstupe z cyklóna v odtáhovej rúre v naznačených bodoch B_1 , B_2 , B_3 , vo valcovej časti v bodoch C_1 až C_5 a v kužeľovej časti v bodoch D_1 až D_4 . Body umiestnené v jednotlivých častiach cyklóna predstavujú otvory o priemere 7 až 15 mm, ktoré majú slúžiť na zasunutie dynamickej sondy. Vnútoraná hrana otvoru musí byť rovná, zbavená nerovnosti, ktoré by mohli skresľovať meranie. Keďže cyklón pracuje v pretlaku ostatné otvory, v ktorých momentálne neprebíha meranie je potrebné prelepiť textilnou páskou a pri častom meraní privariť krátkou rúrkou (nadstavec) [1].



Obr. 1 Rozmiestnenie meracích bodov

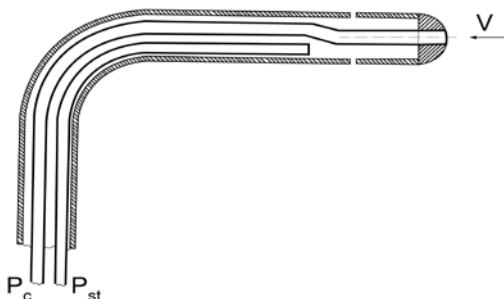
1 – Prandtlova trubica, 2 – odťahová rúra, 3 – valcová časť cyklóna,
4 – kuželová časť cyklóna, 5 – výsypka, 6 – guľová sonda, 7 – mikromanometer

2 Použité prístroje

Na meranie je vhodné použiť príslušnú dynamickú rýchlostnú sondu pripojenú k diferenčnému manometru.

2.1 Dynamické rýchlostné sondy

Pre meranie rýchlosti na vstupe do cyklónu je vhodné použiť *Prandtlovu trubicu*. Má tvar ohnutej trubice, ktorá sa zasunie do potrubia ústím proti smeru prúdenia. Dôležité je pri nej jej správne natočenie, sonda tiež musí byť uchytená pomocou držiaka. Celkový tlak p_c sa sníma otvorom v čele sondy, obr. 2. Statický tlak p_{st} sa sníma štrbinami alebo otvormi v plášti sondy a to v určitej vzdialenosti od čela sondy (3 krát priemer sondy) [2].



Obr. 2 Prandtlova trubica

Obidva snímané tlaky sa privádzajú ku mikromanometru, ktorý potom vyhodnocuje výsledný dynamický tlak, rozdielom celkového tlaku a statického tlaku a vypočíta sa podľa rovnice:

$$p_d = \Delta h \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

kde Δh je rozdiel výšok hladín, ρ je hustota liehu, g je gravitačné zrýchlenie, $\sin \alpha$ je uhol sklonu ramena.

Z nameraného tlaku je možné prepočtom vypočítať rýchlosť prúdenia vzduchu v jednotlivých meracích bodoch, vztáhom:

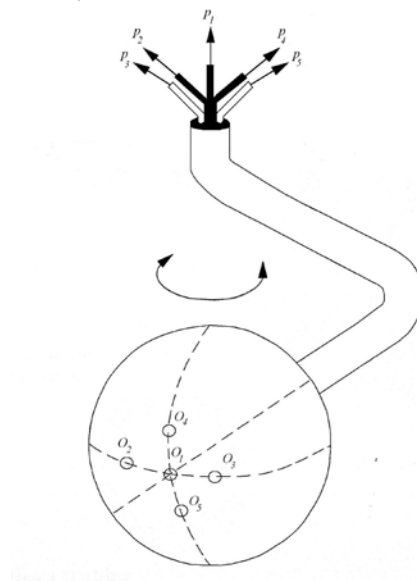
$$v = \sqrt{\frac{2p_d}{\rho_{vz}}}. \quad (2)$$

Prostredníctvom Prandtlovej trubice sa meria okamžitá rýchlosť v mieste ponoru, stredná rýchlosť sa stanoví priemerom viacerých meraní. Výsledkom merania je určenie prietokového množstva z nameraného rýchlostného profilu, ktorý sa meria v mieste, ktorému predchádza rovný úsek dĺžky $8D$ u kruhového prierezu a u hranatého prierezu musí byť táto dĺžka väčšia ako $4(A+B)$. Postup merania ako aj počet bodov a rozmiestnenie bodov, v ktorých bude meranie prebiehať určuje norma o stacionárnych zdrojov znečisťovania STN ISO 9096. Hľadané prietokové množstvo sa určí zo súčinu strednej rýchlosti a celkovej plochy potrubia, zo vzťahu:

$$Q = S \cdot v_{str} = S \cdot \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}, \quad (3)$$

kde S je prietokový prierez potrubia, v_{str} je stredná rýchlosť, v_i sú rýchlosti v jednotlivých meracích bodoch, n je celkový počet bodov [3].

Pre priestorové meranie tlaku a rýchlosti v daných bodoch v jednotlivých častiach cyklónu sa môže použiť guľová sonda, obr. 3.



Obr. 3 Guľová sonda

Sondu tvorí guľa o priemere 5 až 10 mm s piatimi otvormi O_1 až O_5 , ktoré sú umiestnené v dvoch na seba kolmých rovinách. Tieto otvory snímajú tlaky p_1 až p_5 , ktoré sú samostatnými vývrtmi vyvedené k príslušným diferenčným manometrom. V priesečníku rovin v bode O_1 sa sníma celkový tlak p_c . Otvory O_2 , O_3 sú symetrické v horizontálnej rovine pod uhlom $\pm 45^\circ$ vzhľadom k stredovému otvoru. Otvory O_4 , O_5 sú umiestnené pod uhlom $\pm 50^\circ$ vzhľadom k stredovému otvoru. Princíp merania spočíva v natáčaní sondy, kým sa tlaky

p_2 a p_3 (otvory O_2 a O_3) a tlaky p_4 a p_5 (otvory O_4 a O_5) nerovnejú. Rýchlosť prúdenia sa potom vypočíta zo vzťahu:

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} \frac{p_c - p_s}{k_1 - k_3}}, \quad (4)$$

kde p_c je celkový tlak, p_s je statický tlak, koeficienty k_1 až k_5 sa určujú osobitne pre každý typ sondy.

2.2 Mikromanometer

Pri meraní malých pretlakov alebo malých tlakových diferencií sa veľmi často používajú manometre so sklopným ramenom. Rameno mikromanometra sa dá nastaviť pod rôznym uhlom α , čím sa mení citlivosť prístroja. Tlakomernou náplňou býva ortuť alebo lieh. Väčší tlak sa privádza do nádoby a menší do trubice. Mikromanometer meria s rozličnými presnosťami a v rozličných meracích rozsahoch.

Záver

Príspevok je zameraný na meranie rýchlosti a prietokového množstva v malom vírovom odlučovači TZL. Študenti sa v rámci predmetu Technika ochrany ovzdušia zoznámia podrobne s meracími sondami (Prandtlovou a guľovou sondou) a praktické meranie si vyskúšajú v rámci laboratórnych cvičení na malom cyklónovom odlučovači. Z nameraných hodnôt potom vytvoria grafické závislosti.

Literatúra

1. PLANDOROVÁ, K. Písomná práca k dizertačnej skúške: *Optimalizácia zariadení na odlučovanie tuhých znečisťujúcich látok*. Zvolen : TU vo Zvolene, 2010, 50 s.
2. ČERNECKÝ, J. *Technické prostriedky merania a monitorovania*. Zvolen : TU vo Zvolene, 2005, 92 s. ISBN 80-228-1439-3.
3. KONIAR, J., ČERNECKÝ, J., BRODNIANSKÁ, Z. *Meranie rýchlostí a prietokov vo vstupnej časti vírového odlučovača*. Zvolen : TU vo Zvolene, 2010, s. 56-61. In *Medzinárodný seminár „Nové trendy v technike ochrany ovzdušia 2010“* [CD-ROM]. ISBN 978-80-228-2117-9.

Riešená problematika je súčasťou projektu KEGA 027TUZVO-4/2011 „Vizualizačné a meracie metódy pre hodnotenie efektívnych spôsobov prenosu tepla“.

Lektoroval: doc. Ing. Vladimír Štollmann, CSc., PhD.

Kontaktná adresa:

Katarína Plandorová, Ing.
Katedra environmentálnej techniky,
Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky TU
vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, SR,
tel: 00421 45 5206 809
e-mail: plandorova@vsld.tuzvo.sk

Jozef Černecký, doc. Ing. CSc.
Katedra environmentálnej techniky,
Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky TU
vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, SR,
tel: 00421 45 5206 698
e-mail: jcern@vsld.tuzvo.sk