

## **Experimentálne metódy EVF I**

**Číslo úlohy:** 1

**Názov:** Rotačná výveva, hľadanie netesností

**Vedúci úlohy:** Prof RNDr. Tomáš Gronych, CSc.

**Vypracovali:** Petr Zimmermann, Slavomír Mičienka, Peter Pira

**Dátum merania:** 17.10.2007

**Dátum odovzdania:** 4.12.2007

### **Pracovné úlohy:**

1. Meranie čerpacej rýchlosti rotačnej vývevy pri konštantnom objeme (s gasballastom aj bez).
2. Meranie čerpacej rýchlosti rotačnej vývevy pri konštantnom tlaku (s gasballastom aj bez).
3. Hľadanie netesností pomocou halogénového hľadača.

## Teoretická časť:

Na meranie čerpacej rýchlosti sa používajú dva rôzne postupy. Metóda merania čerpacej rýchlosti pri konštantnom objeme a metóda pri konštantnom tlaku. Pre meranie čerpacej rýchlosti  $S$  pri konštantnom objeme platí vzťah

$$S = -\frac{V}{p} \frac{dp}{dt}, \quad (1)$$

kde  $V$  je objem vákuového systému,  $p$  je stredný tlak za čas  $dt$ .  $dp/dt$  získame numerickým derivovaním závislosti tlaku na čase, za predpokladu, že zanedbáme príspevok od netesností. Prakticky závislosť získame tak, že zavzdušenému vákuovému systému s objemom  $V$  pripojíme vývevu, a po jej spustení bude vo vákuovom systéme klesať tlak až do medzného tlaku vývevy.

Pre meranie čerpacej rýchlosti  $S$  pri konštantnom tlaku platí

$$S = V' \frac{p_a}{p}, \quad (2)$$

kde  $p$  je tlak vo vákuovom systéme, do ktorého pripúšťame vzduch za súčasného chodu vývevy,  $V'$  je objem plynu prúdiaci do systému za jednotku času, a  $p_a$  vstupný tlak (atmosférický).

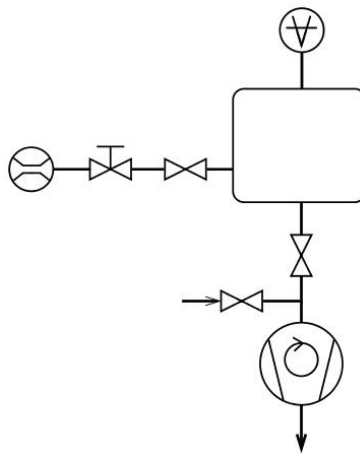
Gasballastom sa nazýva pripustenie suchého plynu do rotačnej vývevy pri kompresii pred vypustením čerpaného plynu. To slúži k zníženiu kompresného pomeru, aby sa zabránilo kondenzácii pár vo výveve. Ak použijeme gasballast, zhorší sa medzný tlak.

Pre výpočet vodivosti potrubia s kruhovým prierezom platí

$$C_{mol} = \frac{8}{3} \sqrt{\frac{\pi k T}{2m}} \frac{r^3}{l}, \quad C_{visk} = \frac{\pi r^4}{8 \eta l} \bar{p}. \quad (3)$$

Pre celkovú vodivosť  $C$  môžeme písať súčet molekulárnej a viskózne vodivosti

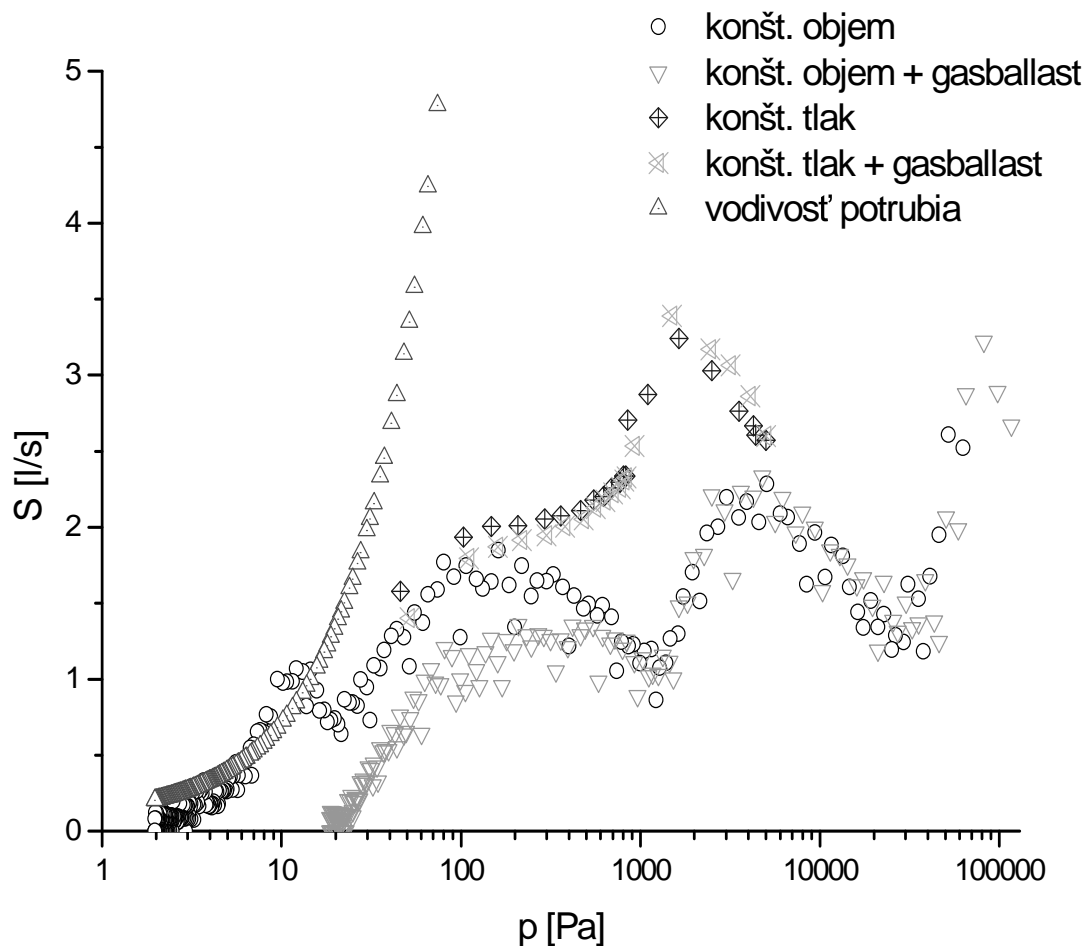
$$C = C_{mol} + C_{visk}. \quad (4)$$



Obrázok 1: Schéma vákuového systému

## Praktická časť:

Vákuový systém mal tvar hranola s podstavou štvorca. Dĺžky jeho hrán sme odmerali pomocou pravítka. Pre objem sme dostali hodnotu  $V = (16,0 \pm 0,5) \text{ dm}^3$ . Atmosférický tlak sme brali  $p_{\text{atm}} = 101 \text{ kPa}$ , teplota v laboratóriu bola  $24^\circ\text{C}$ . K systému boli pripojené dva prietokomery. Jeden elektronický a jeden bubnový, ktorému sa mierne zadržávala ručička. Tlak v systéme bol meraný Piraninovým vákuometrom napojeným priamo na počítač. Priebeh tlaku počas celého experimentu bol ukladaný na disk. Časť z týchto údajov sme použili ako vstupné dáta pre metódu merania čerpacej rýchlosti pri konštantnom objeme. K metóde konštantného tlaku sme použili obidva prietokomery. Elektronický pre nižšie tlaky do 1000 Pa a bubnový do 5 kPa tak, aby sa dodržal dovolený prietok vzduchu bubnovým prietokomerom. Výveva bola k systému pripojená potrubím s vnútorným priemerom  $d = 2,4 \text{ cm}$  a dĺžkou  $l = 70 \text{ cm}$ . Závislosti čerpacej rýchlosti na tlaku určené obidvoma metódami podľa vzorcov (1) a (2), a taktiež vodivosť potrubia vypočítaná podľa vzorca (4), sú zobrazená v grafe č.1.



Graf 1: Závislosť čerpacej rýchlosti na tlaku pre rôzne metódy merania

## **Diskusia:**

O vypočítanom objeme  $V = ( 16,0 \pm 0,5 ) \text{ dm}^3$  predpokladáme, že odchýlka, ktorá vznikla zanedbaním hrúbky steny je vykompenzovaná prídavnými objemami ventilov a spojovacích potrubí. Ako vidno z grafu, vodivosť potrubia bola väčšia ako čerpacia rýchlosť vývevy, iba pre meranie čerpacej rýchlosti pri konštantnom objeme bez použitia gasballastu nastane pri tlaku okolo 10 Pa prekroenie vodivosti. Ak by sa nejednalo o chybu spôsobenú vákuometrom, že stredný tlak je rozdielny pri vyústení potrubia, bolo by potrebné vypočítať efektívnu čerpaciu rýchlosť. Zaujímavé je, že sa na spomínanej závislosti nachádza tretie maximum, ktoré nedokážeme interpretovať.

Na numerickú deriváciu sme použili program Origin. Zo závislosti čerpacej rýchlosti je badateľné, že sa jedná o dvojestupňovú vývevu, pretože pre každé meranie existujú dve výrazné maximá, medzi ktorými je badateľný pokles. Pri použití gasballastu sa znížila čerpacia rýchlosť vývevy a zvýšil sa medzný tlak.

## **Záver:**

Odmerali sme čerpaciu rýchlosť dvoma metódami. Určili sme závislosť čerpacej rýchlosti na strednom tlaku. Určili sme vodivosť potrubia. Zoznámili sme sa s možnosťami hľadania netesností na vákuových aparátúrach a prakticky sme si ich vyskúšali na simulovaných netesnostiach.

## **Literatúra:**

[1] Materiály k praktiku

[2] [http://www.umel.feec.vutbr.cz/%7Ebousek/vak/Prednasky\\_vak.htm](http://www.umel.feec.vutbr.cz/%7Ebousek/vak/Prednasky_vak.htm)