

POUŽITÍ TENZOMETRICKÝCH SNÍMAČŮ TLAKU PRO MĚŘENÍ V AERODYNAMICKÉM TUNELU VZLÚ

Ing. Jiří Šubrt CSc

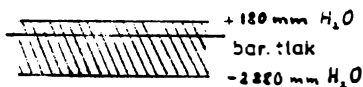
Výzkumný a zkušební letecký ústav, Praha

Zjišťování tlakového rozložení na povrchu měřeného objektu při ofoukávání v aerodynamickém tunelu patří vedle měření aerodynamických sil a momentů mezi nejdůležitější skupiny měření. Podle získaných výsledků lze usuzovat na vznikající aerodynamické síly, vhodnost tvarování a pod.

Informace o tlakovém rozložení jsou pro jednotlivé referenční body nejčastěji zpracovávány do tvaru součinitelů tlaku

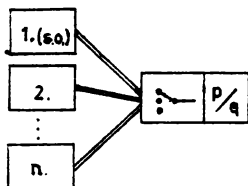
$$C_p = \frac{\Delta p}{q}$$

Hodnoty C_p očekáváme v rozsazích 1 až -10 (-16), dynamický tlak q 0 až 180 mm H₂O. Pracovní oblast Δp pak bude

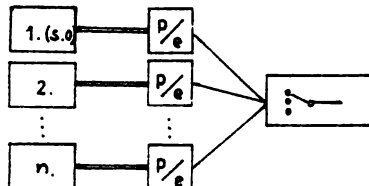


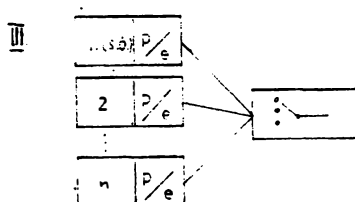
V zásadě jsou sledovány následující uspořádání, jejichž výhodnost vyplývá z charakteru měřených dějů, cenové dostupnosti, tvarování a celkových rozměrů měřeného objektu.

I.



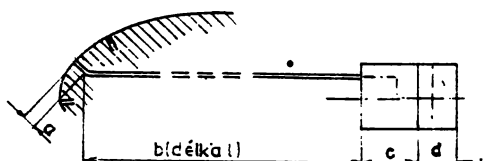
II.





Je snahou docílit takové možnosti, kdy převod tlakových informací na elektrickou včetně případné digitalizace se děje optimální rychlostí v těsné návaznosti na sondážní otvory - tedy ještě uvnitř modelu. Pro běžné měření kvazistacionálního charakteru z několika desítek až set sondážních otvorů je ekonomicky nejprůtelnější skupina I.

Podle množství sondážních otvorů je instalován 1 a více přepínačů tlaku, jejichž rychlost je závislá především na rychlosti vyrovnávání tlakových rozdílů od sondážních otvorů přes přívodní ohebné hadičky do rozvodného labyrintu přepínače a objemu snímáče tlaku nad membránou.



Schemat. znázornění cesty informace o tlaku od sond. otvoru

Úsek a: pro nenarušení charakteru obtékání nelze libovolně zvětšovat $\varnothing$ sondážního otvoru. Pro běžné užití předpokládáme $\varnothing 0,4$ mm.

Úsek b: pro optimalizaci přívodu od sondážního otvoru k přepínači lze vyjít z Gagen-Poiseuleho, která platí v oblasti $Re < 2000$ a která předpokládá prakticky izotermické proudění v trubce. Pak průtočný objem ze jednotku času bude

$$Q = \pi R^2 \cdot u$$

Podle Navier-Stokesovy rovnice pro rychlost u v trubce o poloměru R a délce l platí:

$$Q = \frac{\pi D^4}{128 \cdot \mu \cdot l} (P_1 - P_2) \quad P_1 > P_2$$

Vzduch postupuje do objemu přepínače tlaku za současné časové změny tlaku dp/dt . Odtud po úpravě lze získat vztah pro nezbytné časové zpoždění, spojené s naplněním příslušného objemu V snímače.

$$t = \frac{128 \cdot \mu \cdot (V + v) \cdot l}{\pi \cdot D^4 \cdot P_1} \left\{ \log\left(\frac{P_1 + P_2}{P_1 - P_2}\right) - \log\left(\frac{P_1 + P_2}{P_1 - P_0}\right) \right\}$$

Úsek c: rozvodný labyrint přepínače tlaku postupně prepojuje přívody od sondážních otvorů k snímači tlaku. Otevírání se děje v časové závislosti - derivace plochy podle času určí rychlost překrývání otvorů.



$$\frac{dP}{dt} = r^2 K (1 - \cos(2 \arccos \frac{r}{R} \cdot \sin \frac{\varphi}{2}))$$

$$K = \omega \cdot \frac{\frac{r}{R} (1 - \frac{\varphi^2}{4})}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} - \frac{\varphi^2}{4}}}$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega \cdot t$$

Úsek d: snímač tlaku - uplatňují se zde polovodičová čidla řady TM 510/02, zapouzdrěná buď pro návaznost na přepínač tlaku (I) nebo sondážní trubičky (II). Uspořádání II je v podstatě funkční náhradou uspořádání III, neboť v současné době nejsou na tuzemském trhu miniaturní tlak. čidla, která by mohla být zabudována přímo jako součást povrchu měřeného objektu. Miniaturizací tlak. snímačů se zabývají pracovníci VÚST a ÚT ČSAV. Byly zde vyvinuty snímače využívající piezorezistentního principu o vnějším $\varnothing$ 3,5 mm pro tlak. rozsah ± 10 kPa. Difundované odpory půlmůstku jsou cca 1200 až 9000 Ω , výstupní napětí snímače při 10 kPa 20 resp. 110 mV. Hystereze a linearity je asi 1 %, stejně tak teplotní závislost ještě bez tepelné kompenzace, teplotní rozsah -10 až 90°C.