

# Vlastnosti rotujících větracích hlavic



Ústav techniky prostředí

## Properties of Rotating Roof Ventilators

Recenzent  
 Prof. Ing. Karel HEMZAL CSc.

V příspěvku jsou výsledky měření rotující větrací hlavice poháněné větrem. Je uvedena závislost celkového tlaku v sání hlavice na průtoku hlavici, resp. rychlosti ve vstupním potrubí hlavice, pro rychlosti větru 2 až 13 m/s. Dále jsou uvedeny bezrozměrné charakteristiky – závislost poměru celkového tlaku hlavice ku dynamickému tlaku větru na poměru rychlosti ve vstupu hlavice ku rychlosti větru. Naměřené charakteristiky rotující hlavice jsou porovnány s charakteristikou nepohyblivé hlavice typu CAGI.

**Klíčová slova:** Větrání, větrací hlavice, rotující větrací hlavice, větrání bytů

The article includes the measurement results of the rotating roof ventilator driven with the wind. There is specified the dependence of the total pressure of the ventilator intake to the air flow rate in the ventilator or to the air velocity inside the ventilator intake duct related to the wind velocity in the scope of 2-13 m/s. Further, there are specified dimensionless characteristics, i.e. the dependence of the ratio of the total pressure in the ventilator to the wind dynamic pressure as to the velocity ratio in the ventilator intake to the wind velocity. The measured characteristics of the rotating roof ventilator are compared with the characteristics of the fixed ventilator of the CAGI type.

**Key words:** ventilation, roof ventilator, rotating roof ventilator, apartment ventilation

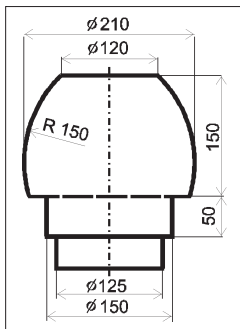
V poslední době bývají často nástřešní ventilátory centrálního větrání (odsávání) bytových jader nahrazovány rotujícími větracími hlavicemi roztáčenými větrem, které byly původně určené k provětrávání podstřešních prostorů. Důvodem bývá snaha ušetřit při nápravě nefunkčnosti či opotřebenosti původních větracích jednotek, někdy i jiné důvody, jako například omezení hlučnosti, nebo snahy o úsporu elektrické energie. Tyto hlavice bývají dodavateli označovány marketingově vděčným názvem „ventilační turbíny“ z anglického „ventilation turbine“. V tomto názvu jsou hned dvě chyby: jednak se nejedná o turbínu (rotační stroj převádějící energii proudící tekutiny na mechanickou energii) a jednak správný překlad slova „ventilation“ je větrací. Zavedený název (Pulkrábek [4]) daného prvku je „hlavice“ s bližším určením „větrací“. Větrací hlavice pak jsou buď bez pohyblivých částí nebo s rotujícím oběžným kolem. Tzn. správný název pro uvedené zařízení je: „rotující větrací hlavice“.

Pro správnou funkci prvků ve vzduchotechnických systémech, nebo, jako v tomto případě, k posouzení vhodnosti uvedené aplikace těchto hlavic (náhrady za původní prvek, ventilátor) je nutné znát jejich technické parametry. Technickými parametry ventilátorů zajišťujících průtok vzduchu VZT zařízením je tlaková charakteristika, daná závislostí na celkovém dopravním tlaku na průtok. U hlavic roztáčených větrem je dalším důležitým parametrem rychlost větru, při které daná charakteristika platí.

Protože výrobci ani distributoři těchto rotujících větracích hlavic potřebné technické parametry neuvádějí, byla jedna, náhodně vybraná, hlavice proměřena v laboratořích Ústavu techniky prostředí FS ČVUT v Praze, nejprve před několika lety orientačně během studentské bakalářské práce, nyní podrobně v rámci jedné etapy výzkumného záměru řešeného na Ústavu techniky prostředí (etapa „koncové prvky větracích zařízení“).

### MĚŘENÁ HLAVICE

S ohledem na měřicí možnosti laboratoře byla použita hlavice s přípojovacím průměrem potrubí 125 mm. Pro měření byla použita hlavice typického provedení, náhodně vybraná z výrobků dostupných na trhu. Rozměry proměřované hlavice jsou uvedeny na obr. 1., počet lamel – lopatek je 15, šířka lopatek v patě: 75 mm, šířka v hlavě: 25 mm.

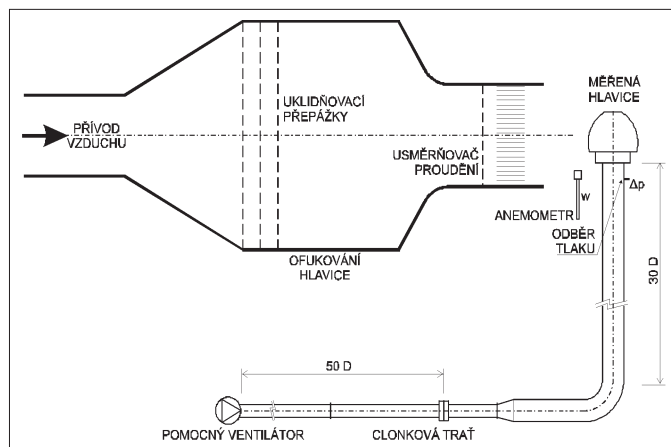


Obr. 1 Vnější rozměry měřené hlavice

### MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ A METODIKA MĚŘENÍ

Pro měření vlastností bylo sestaveno měřicí zařízení (obr. 2), sestávající ze dvou nezávislých částí.

Jedna část měřicího zařízení simuluje vítr roztácející hlavici, je to tryska, která vytváří proud vzduchu nabíhající na hlavici. Sestává z frekvenčně regulovaného ventilátoru, ze kterého je vzduch přiváděn potrubím do komory s uklidňujícími vestavbami. Odtud proudí vzduch do zúžené části – trysky s vestavbami, které zrovnoměňují rychlostní profil a usměrňují proudění. Průměr proudu vzduchu vytékajícího z trysky je 400 mm.



Obr. 2 Schéma měřicího zařízení

Druhou samostatnou částí je měřicí trať průtoku vzduchu hlavici. Sestává z ventilátoru pro překonání tlakových ztrát trať, který je regulován frekvenčním měničem; za ventilátorem je uklidňující potrubí o délce 50 průměrů, následuje normovaná clonková trať pro měření průtoku, dále potrubní část o průměru 125 mm (přípojovací průměr hlavice) o délce 30 průměrů zajišťující vytvoření ustáleného rychlostního profilu. Na vstupu do hlavice je na potrubí instalován odběr statického tlaku.

### METODIKA MĚŘENÍ

Pro vyhodnocení charakteristik hlavice je potřeba měřit tyto veličiny: rychlost proudění vzduchu nabíhajícího na hlavici (rychlost „větru“) a jeho tep-

lotu; v trati hlavice pak veličiny na clonkové trati potřebné pro výpočet průtoku – tlakový rozdíl na cloně, statický přetlak před clonou a teplota vzduchu, a konečně veličiny na vstupu do hlavice – statický podtlak a teplota vzduchu. Dále byly bezdotykově měřeny otáčky hlavice, které sice nejsou užitečným technickým parametrem hlavice, ale vypovídají o jejím fungování.

Postup měření: při konstantní rychlosti nabíhajícího proudu vzduchu („větru“) byla změřena tlaková charakteristika hlavice, tj. závislost celkového tlaku vytvářeného v sání hlavice na průtoku vzduchu hlavici. Rychlost „větru“ byla nastavována frekvenčním řízením ventilátoru od 2 do 13 m/s po jednom m/s (přesně) podle vrtulkového anemometru s tolerancí 0,02 m/s, její kolísání kolem střední hodnoty (dané fluktuacemi ventilátoru) během měření pak bylo řádově v setinách m/s. Průtoky hlavici byly nastavovány frekvenčním řízením pomocného ventilátoru po 10 m<sup>3</sup>/h od 0 do 140 m<sup>3</sup>/h (přibližně), resp. do maxima pro danou rychlost „větru“, kdy charakteristika začíná přecházet do záporných dopravních tlaků.

Před vlastním měřením byla v přípravném měření kontrolována rovnoměrnost rychlostního profilu nabíhajícího proudu, odchylky od střední rychlosti činily řádově setiny m/s.

Průtok clonkovou trati byl vyhodnocen podle ČSN EN ISO 5167-2:2003, ze vztahu:

$$\dot{V}_{cl} = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \cdot \varepsilon \cdot \frac{\pi \cdot d_{cl}^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{cl}}{\rho}} \quad (1)$$

$\beta$  [-] je poměr průměrů:

$$\beta = \frac{d_{cl}}{D_{CT}} \quad (2)$$

kde  
 $\varepsilon$  [-] je expanzní součinitel,  
 $d_{cl}$  [m] je průměr otvoru clony,  
 $D_{CT}$  [m] je průměr clonkové tratě,  
 $\Delta p_{cl}$  [Pa] je rozdíl tlaků před a za clonou,  
 $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] je objemová hmotnost vzduchu a  
 $C$  [-] je součinitel průtoku, daným vztahem:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (3)$$

$$C_1 = 0,5961 + 0,0261 \cdot \beta^2 - 0,216 \cdot \beta^8 + 0,000521 \cdot \left( \beta \cdot \frac{10^6}{Re_D} \right)^{0,7} \quad (4)$$

$$C_2 = \left[ 0,0188 + 0,0063 \cdot \left( \frac{19000 \cdot \beta}{Re_D} \right)^{0,8} \right] \cdot \beta^{3,5} \cdot \left( \beta \cdot \frac{10^6}{Re_D} \right)^{0,3} \quad (5)$$

$$C_3 = 0,011 \cdot (0,75 - \beta) \cdot \left( 2,8 - \frac{1000 \cdot D_{CT}}{25,4} \right) \quad (6)$$

kde  
 $Re_D$  [-] je Reynoldsovo číslo vztažené k  $D_{CT}$ .

Expanzní součinitel se vypočítá ze vztahu:

$$\varepsilon = 1 - (0,351 + 0,256 \cdot \beta^4 + 0,93 \cdot \beta^8) \cdot \left[ 1 - \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{1/\kappa} \right] \quad (7)$$

kde  
 $\kappa$  [-] je Poissonova konstanta (izoentropický exponent),  
 $p_2$  [Pa] je tlak za clonou a  $p_1$  [Pa] je tlak před clonou.

Vypočtený průtok pak byl rovnicí kontinuity přepočten na stav vzduchu ve vstupním průřezu hlavice. Ze změřeného statického podtlaku před hlavici a průtoku byl vypočten celkový (dopravní) tlak, který hlavice vytváří. Obecně je dán vztahem:

$$\Delta p_{c,h} = p_{c,2} - p_{c,1} = p_{s,2} + p_{d,2} - (p_{s,1} + p_{d,1}) = p_{s,2} - p_{s,1} + p_{d,2} - p_{d,1} \quad (8)$$

kde  
 $\Delta p_{c,h}$  [Pa] je celkový tlak vytvářený hlavici,  
index  $c$  značí celkový tlak,  
index  $s$  statický, index  $d$  dynamický,  
index 1 znamená na vstupu do hlavice,  
index 2 na výstupu z hlavice.

$$p_{s,2} - p_{s,1} = p_{s,okolí} - p_{s,1} = \Delta p_{s,h} \quad (9)$$

kde  $\Delta p_{s,h}$  [Pa] je naměřený statický podtlak před hlavici. Dynamický tlak vzduchu vystupujícího z hlavice je VZT systémem nevyužitelný, tedy  $p_{d,2} = 0$ .

Potom:

$$\Delta p_{c,h} = \Delta p_{s,h} - p_{d,1} = \Delta p_{s,h} - p_{d,h} \quad (10)$$

kde  
 $\Delta p_{c,h}$  [Pa] je celkový tlak vytvářený hlavici,  
 $\Delta p_{s,h}$  [Pa] je naměřený statický podtlak před hlavici a  
 $p_{d,h}$  [Pa] je dynamický tlak vzduchu ve vstupním průřezu hlavice, daný vztahem:

$$p_{d,h} = \left( \frac{4 \cdot \dot{V}_h}{\pi \cdot D^2} \right) \cdot \frac{\rho}{2} \quad (11)$$

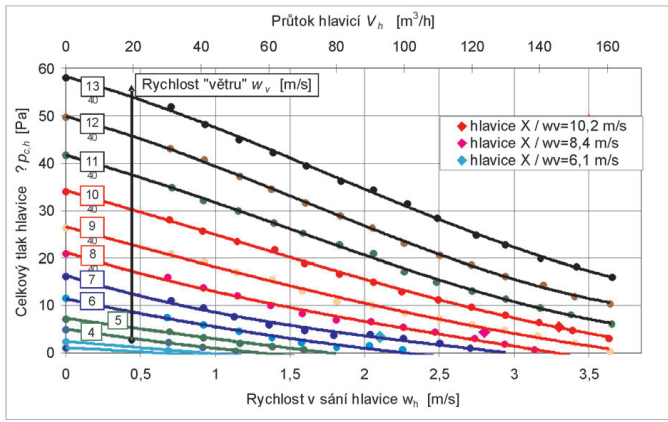
kde  
 $\dot{V}_h$  [m<sup>3</sup>/s] je průtok vzduchu hlavici,  
 $D$  [m] průměr potrubí v místě měření,  
 $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] je objemová hmotnost vzduchu.

### Použité přístroje

- Clonková trať dle ČSN EN ISO 5167-2:2003, průměr 53 mm s clonami o průměru 16,7; 28,84 a 37,56 mm.
- Kombinovaný přístroj AMR 2290 s vrtulkovým čidlem rychlosti 642a/3-1, kalibrace metodou rotujícího ramene, laboratoř Ústavu techniky prostředí.
- Elektronický mikromanometr Airflow MEDM 500, kalibrace mikromanometrem typu Betz, laboratoř Ústavu techniky prostředí.
- Kapalinový mikromanometr se sklonným ramenem Mikrotechna UMK, kalibrace mikromanometrem typu Betz, laboratoř Ústavu techniky prostředí.
- Kapalinový U-manometr.
- Staniční barometr.
- Elektronický teploměr Anritsu HFT-88 s čidlem 522K, kalibrace etalonem, laboratoř Ústavu techniky prostředí.

### VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Výsledky měření hlavice jsou shrnuty v diagramech. Základní charakteristikou ventilátoru, tzn. i větrací hlavice je závislost vytvářeného celkového dopravního tlaku na průtoku. Tyto charakteristiky pro jednotlivé rychlosti nabíhajícího proudu („větru“) jsou uvedeny na obr. 3. Protože průtok závisí na velikosti (průměru) hlavice, jsou závislosti celkového tlaku vyneseny na obecnější veličině – rychlosti ve vstupním průřezu hlavice, průtoky jsou na vedlejší x-ové ose.



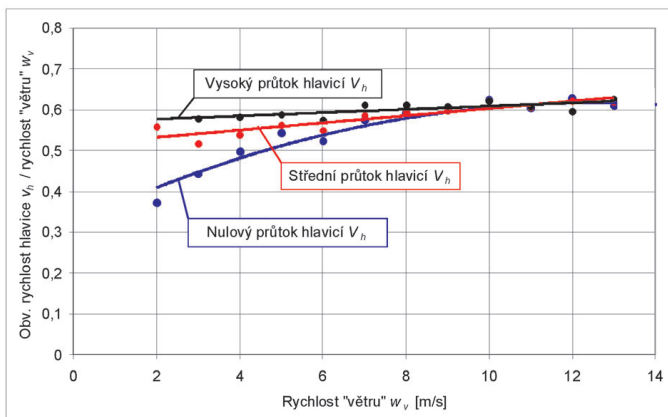
Obr. 3 Naměřené tlakové charakteristiky hlavice pro různé rychlosti větru

Komentář k naměřeným charakteristikám: pro snadnější představu čtenáře o jak velké rychlosti větru se jedná, byly rychlosti větru v diagramu znázorněny barevně s ohledem na Beafortovu stupnici, založenou na viditelných účincích větru. Stupně „bezvětrí“ a „vánek“ (do 1,5 m/s) nebyly měřeny, při těchto rychlostech se většinou hlavice ani neroztočí, 2 a 3 m/s (azurová) patří do stupně „slabý vítr“ (začíná se pohybovat větrná směrovka), rychlost 4 a 5 m/s (zelená) odpovídají stupni „mírný vítr“ (vítr napíná papírky a čeří hladinu vody), 6 a 7 m/s (modrá) jsou ve stupni „dostí čerstvý vítr“ (vítr zdvihá prach a kousky papíru), 8, 9 a 10 m/s je „čerstvý vítr“ (na vodě tvoří zpěněné hřebeny), 11, 12 a 13 m/s odpovídá „silnému větru“ (telegrafní dráty sviští, nelze používat deštníky). Větší rychlosti větru než 13 m/s nebyly pro měření vůbec uvažovány, 14 m/s je již ve stupni „prudký vítr“ (je problém jít proti větru), nehledě na ještě vyšší stupně Beafortovy stupnice.

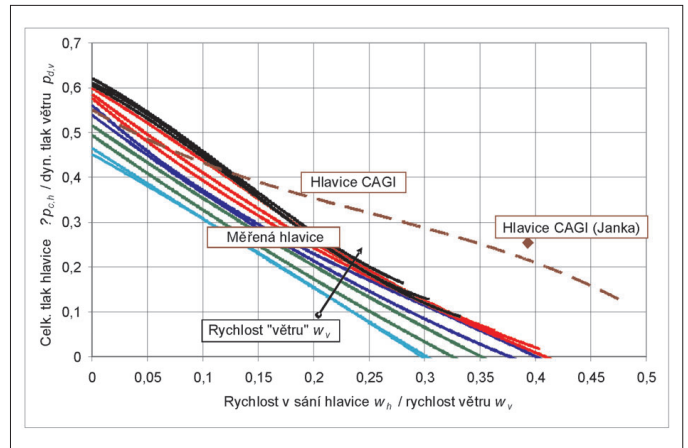
Pro úplnost informací byla ještě změřena tlaková ztráta hlavice při nulové rychlosti nabíhajícího proudu vzduchu (bezvětrí), a to jednak při rotaci (vlivem protékajícího vzduchu) a jednak při zablokování rotace. V prvním případě byl změřen součinitel místního odporu hlavice  $\zeta = 1,7$  a ve druhém případě  $\zeta = 2,0$ .

Během měření se ukázalo, že charakteristiky nezávisí jen čistě na rychlosti větru, projevuje se např. i vliv atmosférického tlaku. Tato otázka nebyla dále zkoumána, lze však usoudit, že tou rozhodující veličinou nebude rychlost, ale dynamický tlak větru (závisí přes hustotu vzduchu na tlaku).

V diagramu jsou ještě znázorněny tři body z výsledků měření jiné hlavice („hlavice X“ hranatými značkami), jediných relevantních publikovaných údajů [5], které se podařilo získat. Publikovaná měření byla provedena vždy jen pro jeden bod charakteristiky v závislosti na různé rychlosti „větru“. Hlavice byla v tomto případě větší velikosti, měla přípojovací průměr



Obr. 4 Poměr obvodové rychlosti hlavice ku rychlosti větru v závislosti na rychlosti větru



Obr. 5 Zobecněné charakteristiky

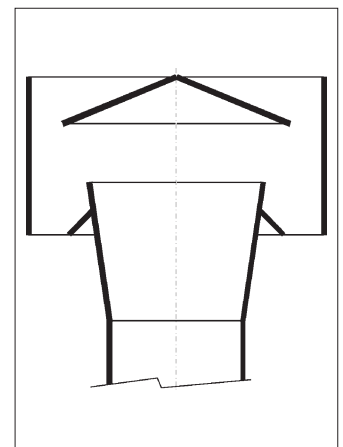
350 mm. Pro rychlosti „větru“ kolem 10 m/s bod tohoto měření leží přesně na příslušné charakteristice hlavice, která je předmětem tohoto článku. U nižších rychlostí „větru“ je mírně nad naměřenými charakteristikami. Dá se to vysvětlit větší rolí pasivních odporů v ložisku u menšího průměru hlavice při nízké rychlosti větru. Provedení, tvar hlavice nebude tedy mít příliš významný vliv.

Otáčky hlavice se pohybovaly cca od 100 1/min při nejnižších rychlostech „větru“ do 750 1/min při vysokých rychlostech „větru“, přičemž závisely nejen na rychlosti větru, ale také na průtoku vzduchu hlavicí. Větší vypovídací hodnotu než otáčky hlavice má obvodová rychlost oběžného kola hlavice. Nebo lépe – poměr této obvodové rychlosti ku rychlosti „větru“. Uvedené závislosti jsou vyneseny v obr. 4. Velmi zhruba se dá uvažovat, že tento poměr se při provozu hlavice pohybuje kolem 0,6.

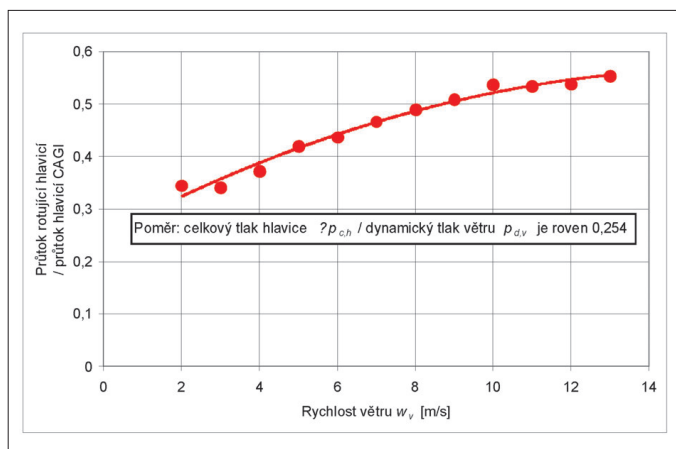
Zobecnění naměřených charakteristik do bezrozměrných souřadnic je uvedeno v obr. 5. Je to závislost poměru celkového tlaku vytvářeného hlavicí ku dynamickému tlaku větru (vyjadřuje, jak hlavice „využívá“ dynamický tlak větru) na poměru rychlosti ve vstupním průřezu hlavice ku rychlosti větru.

Z diagramu je patrné, že se závislosti k sobě značně přiblížily, pro větší rychlosti „větru“ dokonce splynuly. Rozdíly jsou zřejmě vlivem pasivních odporů v ložisku oběžného kola hlavice, lze se tedy domnívat, že pro dokonalé ložisko bez odporů by charakteristiky splynuly v jednu obecnou závislost, která, jak pohled na diagram napovídá, by se dosti blížila přímce mezi hodnotou 0,6 na y-ové ose a hodnotou 0,4 na ose x-ové.

Vlastnosti měřené rotující hlavice jsou v diagramu porovnány s charakteristikou větrací hlavice CAGI (podle názvu ústavu Centralnyj aerogidrodynamičeskij institut), která je dodnes na trhu nabízena. Hlavice CAGI je bez pohyblivých částí a velmi efektivně využívá účinku úplavu. Její tvar je znázorněn na obr. 6. Závislost zanesená do obr. 6 (čárkovaná čára) je výsledkem experimentů a je převzata z [1]. Jak je z diagramu patrné, v oblasti od středních průtoků hlavicí výše jsou parametry CAGI výrazně lepší než vlastnosti rotující hlavice. V oblasti malých průtoků je naopak lepší rotující hlavice, ale pouze při vyšších rychlostech větru, při malých rychlostech větru leží charakteristika rotující hlavice celá pod křivkou CAGI. U nízkých hodnot průtoku se však naskytá



Obr. 6 Tvar větrací hlavice CAGI dle [4]



Obr. 7 Poměr průtoku měřeno hlavici ku průtoku hlavici CAGI Janka v závislosti na rychlosti větru.

otázka, zda má při nich použití větrací hlavice vůbec smysl.

Hlavice typu CAGI též dříve vyráběla Janka Radotín, v podkladech pro návrh hlavice [7] je uveden vztah (12). Není ale známo, na základě jakých podkladů byl sestaven.

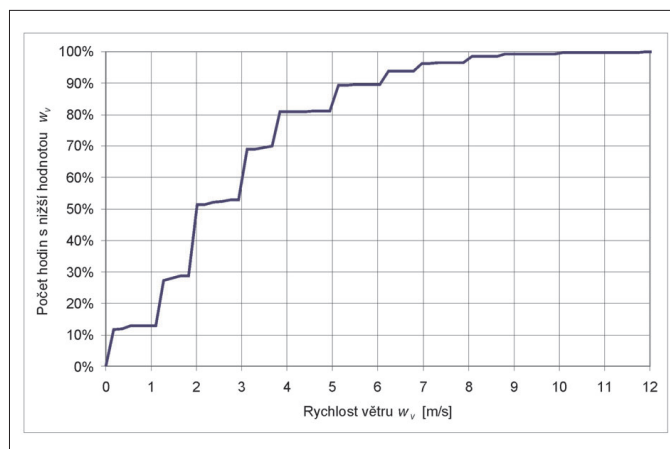
$$D^5 = \frac{2}{1000} \cdot \left[ 1 + \left( \sum \zeta + 1,2 \right) \cdot \frac{1,8}{0,02} \cdot \sqrt{\frac{V_h}{w_v}} \right] \cdot \frac{V_h^2}{0,025 \cdot w_v^2 + 346 \cdot l \cdot \left( \frac{1}{273 + t_e} - \frac{1}{273 + t_i} \right)} \quad (12)$$

kde  
 $D$  [m] je přípojovací (vstupní) průměr hlavice,  
 $l$  [m] je délka = výška připojeného potrubí,  
 $\zeta$  [-] jsou součinitelé místních odporů,  
 $V_h$  [m<sup>3</sup>/s] je průtok vzduchu hlavici,  
 $w_v$  [m/s] je rychlost větru,  
 $t_e$  [°C] je teplota venkovního vzduchu,  
 $t_i$  [°C] je teplota odsávaného vzduchu.

Rozklíčováním tohoto vztahu lze dojít k poznatku, že jde vlastně o roze-psání rovnosti tlakových ztrát v potrubí a tlakového zisku hlavice s přičteným vztlakem a to při uvažování hodnoty součinitele tření 0,02. Pracovní bod je pro rychlost ve vstupním průřezu hlavice rovné 0,393 rychlosti větru a pro celkový tlak vytvářený hlavici (po odečtení vlastní tlakové ztráty hlavice) rovný 0,254 dynamického tlaku větru. Bod odpovídající vzorcí (12) je vyneseno do diagramu na obr. 6. Jestliže pro uvedený poměr tlaků vyhodnotíme poměr průtoků měřené rotující hlavice a hlavice CAGI Janka (při stejném průměru vstupu) získáme závislost uvedenou na obr. 7. Z této závislosti je patrné, že za uvedených podmínek dává hlavice CAGI dvojnásobek průtoku vzduchu než hlavice rotující. Pak ovšem těžko hledat důvody proč dávat přednost složitější, provozně zranitelnější a dražší rotující hlavici.

## RYCHLOST VĚTRU V ČR

Charakteristiky hlavice jsou zásadním způsobem závislé na rychlosti větru. Jakou rychlost větru lze považovat za relevantní pro použití hlavice? Statistická charakteristika *aritmetický průměr* nemá v tomto případě žádnou vypovídací hodnotu. Vhodnější je použití kvantilů (kvantil je statistická kategorie – poměrná četnost, kdy nabývá sledovaný fyzikální parametr hodnoty menší nebo rovné dané hodnotě), respektive doplňku kvantilu do 100 %. V [2] je uvedeno rozdělení četností rychlosti větru v ČR pro refe-



Obr. 8 Četnosti rychlosti větru v ČR pro referenční rok.

renční rok, toto rozdělení je vyneseno v diagramu na obr. 10 (pozn. skutečná závislost je samozřejmě hladká, „stupně“ na křivce jsou způsobeny metodikou meteorologických pozorování). Je-li u nejběžnějšího panelového domu o výšce 30 m zapotřebí jen na překonání záporného vztaku (pro nulový průtok) v letních extrémech a na zamezení přetlaku v horních patrech vlivem vztaku při záporných venkovních teplotách, aby hlavice dávala minimálně 10 až 15 Pa, tak z obr. 3 vyplývá, že to odpovídá rychlosti větru 5 až 7 m/s. Z diagramu na obr. 8 lze odečíst v jakém procentu případů je tato podmínka splněna. Rychlost větru je 5 a více m/s jen v 10 % případů, tedy „budeme 9 dní čekat, než nám zařízení bude 1 den odsávat“. Pro 7 m/s je to jen ve 3,5 % případů. I tato čísla jsou nereálně optimistická, neboť na obr. 8 jsou uvedeny četnosti pro celý rok, tzn. převážně pro „střední“ venkovní teploty. Pro výše uvažované extrémní teplotní podmínky (letní vedra, zimní mrazy), by byla potřeba vyšší rychlosti větru. Skutečnost je však přesně opačná: je všeobecně známo, že při teplotních extrémech bývá rychlost větru naopak dosti nízká – četnost větších rychlostí je mizivá (viz např. [4]).

## ZÁVĚR

Naměřené technické parametry rotujících hlavíc poháněných větrem jsou natolik nízké, že jejich použití jako náhrady (nástřešních) ventilátorů pro odsávací vzduchotechnická zařízení není oprávněné. Hlavice jsou předurčeny pro použití v případech, kdy není zapotřebí překonávat tlakové ztráty potrubní sítě a kde nezáleží na okamžité potřebě odsávacího výkonu, jako je tomu např. u odvětrání dvouplášťových střeš nebo skladů.

Článek vznikl s podporou výzkumného záměru MSM č. 6840770011 Technika životního prostředí.

Kontakt na autora: Ludek.Mares@fs.cvut.cz

## Použité zdroje:

- [1] Kameněv, P. N. *Otoplenie i ventilacija, časť II*. Moskva: Izdatelstvo literatury po strojitelstvu, 1964
- [2] Lain, M. *Nízkoenergetické chlazení budov*, disertační práce. Praha: ČVUT v Praze, 2007
- [3] Mareš, L. Souvislost mezi rychlostí větru a teplotou venkovního vzduchu. *Zdravotní technika a vzduchotechnika*, 1976, č.1, s. 29–37
- [4] Pulkrábek, J. *Větrání*. Praha: SNTL, 1961
- [5] Zkušební protokol č. A00027-07-07, VVUÚ Ostrava – Radvanice, 2007, dostupný na: <http://www.abcweb.cz/UserFiles/File/atesty/radvanice2007.pdf>
- [6] ČSN EN ISO 5167-2: listopad 2003. Měření průtoku tekutin pomocí snímačů diferenčního tlaku vložených do zcela zaplněného potrubí kruhového průřezu. Část 2: Clony
- [7] TPE 13 0464:1965 *Samotahová hlavice CAGI*. Podniková norma Janka Radotín.