

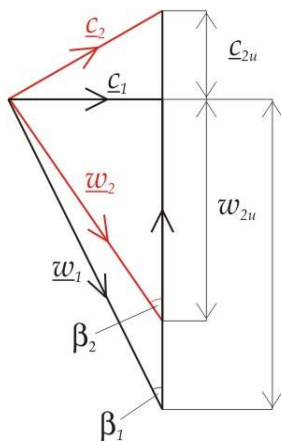
Ventilátorok üzeme

(16.fejezet)

1. Definiálja ventilátorok statikus és össznyomás növekedését! Vázlaton mutassa meg az össznyomás komponenseinek változását egy egyfokozatú, terelőrács nélküli, a kilépésnél a járókerék után diffúzorral ellátott axiális átömlésű ventilátor esetén egy közepes áramvonalon!
2. 1470/min fordulatszámú axiális ventilátor $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ sűrűségű levegőt szállít. A járókerék külső átmérője 460 mm, az agyátmérő 250 mm. A levegő perdület mentesen lép a járókerékbe. Az abszolút sebesség kerületi komponense a járókerék után 6 m/s. Rajzolja meg léptékhelyesen a belépő és kilépő sebességi háromszöget a járókerék lapátok legnagyobb sugarán. Mekkora az ideális össznyomásnövekedés a járókerékben? Utóterelő rács alkalmazásával ez az érték mennyivel növelhető? Mennyivel növeli tovább az ideális össznyomás-növekedést a gyűrű keresztmetszetet kétszeresére növelő diffúzor? 84%-os hidraulikai hatásfok esetén mekkora a teljes ventilátor (járókerék + vezetőkerék + diffúzor) nyomásszáma?

Megoldás:

Az '1' index a belépésre, a '2' a kilépésre utal.



A kontinuitás miatt:

$$c_{ax} = \frac{4Q}{(D_k^2 - D_a^2)\pi} = \frac{4 \times 0,8}{(0,46^2 - 0,25^2)\pi} = 6,83 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Mivel a belépés perdületmentes ($c_{1u} = 0$), $c_1 = c_{ax}$.

$$u_k = D_k \pi n = 0,46 \times \pi \times \frac{1470}{60} = 35,41 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{c_{ax}}{u_k} = \frac{6,83}{35,41} = 0,193 \rightarrow \beta_1 = 10,9^\circ$$

$$\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{c_{ax}}{u_k - c_{2u}} = \frac{6,83}{35,41 - 6} = 0,232 \rightarrow \beta_2 = 13,1^\circ$$

$$\Delta p_{0,id} = \rho u_k \Delta c_u = 1,2 \times 35,41 \times 6 = 255 \text{ Pa} \quad (\text{Euler-turbinaegyenlet})$$

a $\frac{\rho}{2} c_2^2$ dinamikus nyomás $\frac{\rho}{2} c_{ax}^2$ -re csökkenthető utóterelő ráccsal ideális esetben. A Pythagoras tétel szerint

$$\frac{\rho}{2}(c_{2u}^2 - c_{ax}^2) = \frac{\rho}{2}c_{2u}^2 = \frac{1.2}{2}6^2 = 21.6 \text{ Pa} \quad \text{a lehetséges nyomásnövelés utóterelő ráccsal.}$$

$$\Delta p_{\text{diff}} = \frac{\rho}{2} \left[c_{ax}^2 - \left(\frac{c_{ax}}{2} \right)^2 \right] = \frac{\rho}{2} \frac{3}{4} c_{ax}^2 = \frac{1.2}{2} \frac{3}{4} 6.83^2 = 21 \text{ Pa}, \text{ itt felhasználtuk a kontinuitást:}$$

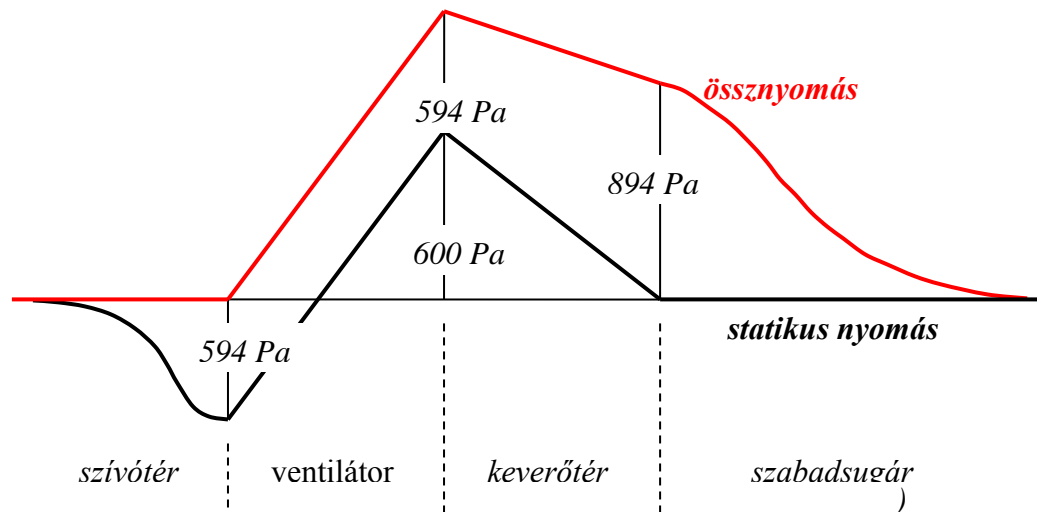
$$c_{ax} A_{\text{diff,be}} = \frac{c_{ax}}{2} A_{\text{diff,ki}}, \text{ mert } A_{\text{diff,ki}} = 2 A_{\text{diff,be}}.$$

$$\Delta p_{\text{ö}} = \eta_{\text{hidr}} \Delta p_{\text{ö,id,vent}} = 0.84 \times (255 + 21.6 + 21) = 250 \text{ Pa}$$

$$\Psi = \frac{\Delta p_{\text{ö}}}{\frac{\rho}{2} u_k^2} = \frac{250}{\frac{1.2}{2} 35.41^2} = 0.332, \text{ ami axiális gépekre jellemző érték.}$$

3. Terelő nélküli axiális átömlésű ventilátor $2 \text{ m}^3/\text{s}$ $1,2 \text{ kg/m}^3$ sűrűségű levegőt szállít 120 Pa statikus nyomásnövekedés esetén. Mekkora a 450 mm átmérőjű csőbe beépített ventilátor által létesítendő össznyomás növelés (215 Pa)? Mekkora a ventilátor hasznos hidraulikai teljesítménye (430 W)? Mekkora a ventilátor hatásfoka, ha a hajtómotor a fenti üzemállapotban 500 W teljesítményt ad le (86%)? A ventilátor fordulatszáma $960/\text{min}$. Mekkora a ventilátor hangteljesítmény szintje (77.8 dB)? $L_W = 97 + 10\{\lg[Q \cdot \Delta p_{\text{ö}} \cdot (1/\eta - 1)]\} + 32 \cdot \lg\{u_2/a\}$ [dB]. A hangsebesség, mint ismeretes 340 m/s . Rajzolja meg a ventilátorlapát legnagyobb sugarú pontjához tartozó sebességi háromszögeket ($u_k = 22,62 \text{ m/s}$; $c_{ax} = 12,58 \text{ m/s}$; $\Delta c_u = 9,21 \text{ m/s}$). A kis átmérőjű járókerékagy axiális sebesség növelő hatásától és a fenti adatokból ki nem számítható forgási- és résvesztésegektől eltekinthet.
4. Takarmányszárító szellőztető padozat egymástól elválasztott egységekre van osztva. A szárító levegő ellátására két azonos, $\Delta p_{\text{ö}} = 1200 - 300 \text{ [Pa} \cdot \text{s}^2/\text{m}^6]$ Q^2 jelleggörbéjű centrifugál ventilátort építettek be. A szellőzőpadozatok $\Delta p_{\text{ö,pad}} = 900 \text{ [Pa} \cdot \text{s}^2/\text{m}^6]$ Q^2 „jelleggörbével” jellemezhetők. Mekkora a szállított levegő térfogatárama, ha egy padozatot egy ventilátor lát el ($1 \text{ m}^3/\text{s}$)? Két párhuzamosan kapcsolt padozat esetén mindkét ventilátorra szükség van. Mekkora lesz a légáram, ha a két ventilátort sorba kapcsolják ($1,706 \text{ m}^3/\text{s}$), mekkora, ha párhuzamosan kapcsolják ($2 \text{ m}^3/\text{s}$).
5. Sípálya hóágyú axiálventilátora légköri nyomású, $1,32 \text{ kg/m}^3$ sűrűségű nyugvó hideg levegőt gyorsít 30 m/s sebességre. A járókerék utáni keverőtérben 4 kg/s vízpermetet gyorsítunk fel nyugalomból a levegővel azonos sebességre. Mennyi a víz impulzusváltozása (120 kgm/s^2), mekkora nyomáskülönbség szükséges ehhez a $0,2 \text{ m}^2$ keresztmetszetű keverőtér két vége között (600 Pa)? Mekkora a ventilátor statikus- és össznyomás növelése, ha a hóágyúból a levegő-vízpermet keverék közvetlenül a légkörbe jut ki? Rajzolja meg a statikus és az össznyomás áramvonal menti változását! (A keverék tömegárama a vízpermet és a levegő tömegáramának összege: $11,92 \text{ kg/s}$. A keverék sebessége 30 m/s a $0,2 \text{ m}^2$

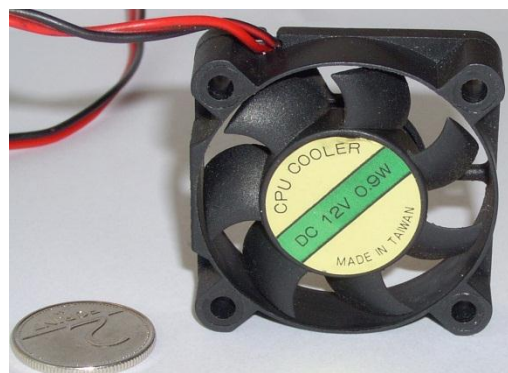
keresztmetszetben, így a keverék térfogatárama $6 \text{ m}^3/\text{s}$, átlagos sűrűsége $1,987 \text{ kg}/\text{m}^3$, így a keverék dinamikus nyomása 894 Pa .



6. Mekkora túlnyomás szükséges egy $22 \times 40 \text{ m}^2$ alapterületű teniszsátor kifizetéséhez, ha a sátorponyva tömege 3000 kg ? ($33,4 \text{ Pa}$) A sátor felállítása során a $\Delta p_{\sigma} = 70 \text{ Pa} - 42 \text{ Pa} \cdot \text{s}^2/\text{m}^6 \cdot Q^2$ jellegű görbés ventilátor mennyi idő alatt feszíti ki az átlagosan 5 m magas teniszsátort? ($1,54 \text{ óra}$) A ventilátor közvetlenül a szabadból szív és közvetlenül a sátorba fújja az $1,3 \text{ kg}/\text{m}^3$ sűrűségű levegőt. A ventilátor nyomócsonkjának keresztmetszete $0,2 \text{ m}^2$. A már felállított, földhöz lerögzített feszes teniszsátorban mekkora légveszteséget tud a ventilátor pótolni állandósult állapotban, ha a szellőzőnyílások szabadba nyíló teljes felülete $0,05 \text{ m}^2$? ($0,469 \text{ m}^3/\text{s}$)

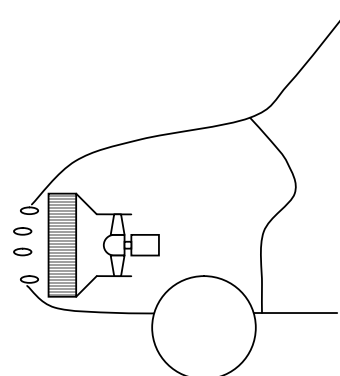
7. Sípálya hóágyú axiál-ventilátora légköri nyomású, $1,32 \text{ kg}/\text{m}^3$ sűrűségű nyugvó hideg levegőt gyorsít $30 \text{ m}/\text{s}$ sebességre. A járókerék utáni keverőtérben $4 \text{ kg}/\text{s}$ vízpermetet gyorsítunk fel nyugalomból a levegővel azonos sebességre. Mennyi a víz impulzusváltozása, mekkora nyomáskülönbség szükséges ehhez a $0,2 \text{ m}^2$ keresztmetszetű keverőtér két vége között? Mekkora a ventilátor statikus- és össznyomás-növekedése, ha a hóágyúból a levegő-vízpermet keverék közvetlenül a légkörbe jut ki? Rajzolja meg a statikus és az össznyomás áramvonal menti változását!

8. Az ábrán látható PC processzor hűtő axiálventilátor kerekének külső átmérője 47 mm , agyátmérője $21,5 \text{ mm}$, fordulatszáma $2740/\text{min}$. A gondos áramlástechnikai tervezés alapján 85% -ra tehető a hidraulikai hatásfok, de a kerék és a ház közötti tág rések miatt a volumetrikus hatásfok csupán 75% . A



lapátok be- és kilépő szöge a lapátok középsugarán $\beta_1 = 20^\circ$, ill. $\beta_2 = 40^\circ$. Rajzolja meg ezen adatok alapján a be- és kilépő sebességi háromszöget, számítsa ki a ventilátor által szállított $1,25 \text{ kg/m}^3$ sűrűségű légáramot (110,4 l/min) és az általa létesített össznyomás-növekedést a tervezési üzemállapotban (14,53 Pa).

9. Autóhűtő névleges felülete $0,12 \text{ m}^2$, áramlási veszteségtényezője $\zeta = 1,2$. A hűtőventilátor jelleggörbe üzemi tartománya a $\Delta p_{\text{ö}} = 147[\text{Pa}] - 300[\text{Pa} \cdot \text{s}^2/\text{m}^6](Q-0,3)^2$ függvénnyel közelíthető. Az $1,1 \text{ kg/m}^3$ sűrűségű meleg levegőt a hűtőn keresztül szívja a ventilátor, melynek járókerék átmérője 310 mm , agyátmérője 140 mm . A ventilátorból a levegő szabadon a motortérbe áramlik és ott lefékeződik, eközben nyomása ismét eléri a p_0 légköri nyomást. Írja fel az álló – közlekedési lámpánál járó motorral várakozó – gépkocsi esetén a Bernoulli-egyenletet a szabadból a hűtőn keresztül a ventilátor előtti pontig és a másik Bernoulli-egyenletet a ventilátor utáni ponttól a motortérig. Ezek és a ventilátor jelleggörbéje alapján határozza meg a légáramot. Rajzolja meg léptékhelyesen a statikus, dinamikus és össznyomás változását a gépkocsi előtti ponttól a hűtőn, ventilátoron át a motortérig tartó áramvonal mentén.



10. Ventilátor mérőállomáson a szívócső átmérője 200 mm , a nyomócső átmérője 150 mm , a szívócsőbe épített mérőperem szűkítőelem átmérője 140 mm , átfolyási száma $0,58$. Az expanziós szám 1 -nek vehető. Egy üzemállapotban a mérőperemre kapcsolt víztöltésű manométer kitérése 65 mm , a nyomó és szívócsonk közé kapcsolt víztöltésű manométer kitérése 110 mm , a szállított levegő sűrűsége $1,18 \text{ kg/m}^3$. A motor 2 Nm nyomatékkal hajtja a ventilátort, fordulatszámja $2880/\text{min}$. Mennyi a ventilátor statikus és össznyomás növelése, statikus és összhatásfoka ebben az üzemállapotban?

Megoldás:

A térfogatáram ill. a sebességek a szívó- és nyomócsonkban:

$$Q = \alpha \varepsilon \frac{d^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2 \rho_s g \Delta h_{mp}}{\rho_1}} = 0,58 \cdot 1 \cdot \frac{0,14^2 \cdot \pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,065}{1,18}} = 0,294 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$A_s = \frac{D_s^2 \pi}{4} = \frac{0,2^2 \cdot \pi}{4} = 0,03142 \text{ m}^2$$

$$A_n = \frac{D_n^2 \pi}{4} = \frac{0,15^2 \cdot \pi}{4} = 0,1767 \text{ m}^2$$

$$c_s = \frac{Q}{A_s} = \frac{0,294}{0,03142} = 9,358 \text{ m} / \text{s}$$

$$c_n = \frac{Q}{A_n} = \frac{0,294}{0,1767} = 1,664 \text{ m} / \text{s}$$

$$\frac{\rho}{2} c_s^2 = \frac{1,18}{2} \cdot 9,358^2 = 51,7 \text{ Pa}$$

$$\frac{\rho}{2} c_n^2 = \frac{1,18}{2} \cdot 1,664^2 = 163,3 \text{ Pa}$$

A statikus- és össznyomásnövekedés:

$$\Delta p_{st} = p_n - p_s - \frac{\rho}{2} c_s^2 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,11 - 51,7 = 1027,4 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{\bar{o}} = \Delta p_{st} + \frac{\rho}{2} c_n^2 = 1027,4 + 163,3 = 1190,7 \text{ Pa}$$

A hatásfokok:

$$\eta_{st} = \frac{P_{h,st}}{P_{moth}} = \frac{Q \Delta p_{st}}{M \omega} = \frac{0,294 \cdot 1027,4}{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 2880 / 60} = 0,5$$

$$\eta_{\bar{o}} = \frac{P_{h,\bar{o}}}{P_{moth}} = \frac{Q \Delta p_{\bar{o}}}{M \omega} = \frac{0,294 \cdot 1190,7}{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 2880 / 60} = 0,58$$