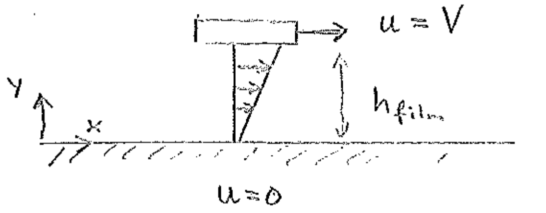
MTF052 Strömningsmekanik 2013-08-19

(1) Givet: Puck = cylinder

$d = 0{,}070$ m $L = 0{,}025$ m

$V = 10$ m/s , $h_{film} = 0{,}0001$ m

Hastigheten $u = u(y)$, $v = w = 0$



jfr White s. 23-24

Sökt: Friktionsmotstånd mot isen och strömnmotst. mot luften.

Lösn: Med $u = u(y)$, $v = w = 0$ fås en linjär profil $u = V\frac{y}{h}$ (1.26)

(än visas med KE+NS, se Kap 4)

Newtons ansats (1.23) $\Rightarrow$ $\tau = \mu \frac{du}{dy} = \mu \frac{V}{h}$

Vatten, $t \approx 0°C$ White Tabell A1 s.701 $\Rightarrow$ $\mu = 1{,}79 \cdot 10^{-3}$ kg/ms

Friktmotst. mot isen

$$F_{glid} = \tau A = \mu \frac{V}{h} \frac{\pi d^2}{4} = \frac{1{,}79 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{0{,}0001} \cdot \frac{\pi \cdot 0{,}070^2}{4} =$$

$$= \underline{0{,}69 \text{ N}}$$

Strömn. motst. luft

$$F_{D\,cyl} = C_D\, \rho \frac{U^2}{2} L d \qquad (5.26)$$

där $U = V = 10$ m/s , $C_D = C_D(Re_d)$

$$Re_d = \frac{\rho U d}{\mu} = \left[\begin{matrix}\text{tabell A2 s.701} \\ t \approx 20°C\end{matrix}\right] =$$

$$= \frac{1{,}2 \cdot 10 \cdot 0{,}070}{1{,}8 \cdot 10^{-5}} = 46667 \approx 4{,}7 \cdot 10^4$$

Fig $\Rightarrow$ $C_D = 0{,}5 \Rightarrow F_D = 0{,}5 \cdot \frac{1{,}2 \cdot 10^2}{2} \cdot 0{,}025 \cdot 0{,}070$

$= \underline{0{,}05 \text{ N}}$

Svar: Motståndet mot isen $\approx 0{,}7$ N

Strömn. motstånd pga luften $\approx 0{,}05$ N

impulssatsen i x-led:

$$\Sigma F = \int_{CS} \mathbb{V} \rho (\mathbb{V} \cdot n)\, dA =$$

(inga tryckkrafter $p_1 = p_2$)

$$-\dot{m} V_1 + \int_{CS2} \rho V^2 dA =$$

$$-\rho V_1^2 2h\,dz + \rho\,dz\, 2 \int_0^h u^2 dy =$$

$$= -2\rho V_1^2 h\,dz + 2\rho\,dz \int_0^h (17 + 10y)^2 dy$$

$$= -2\rho V_1^2 h\,dz +$$

$$+ 2\rho\,dz \int_0^h (289 + 100y^2 + 340y)\, dy$$

$$= -2\rho V_1^2 h\,dz +$$

$$+ 2\rho\,dz \left[289y + \frac{100y^3}{3} + \frac{340y^2}{2}\right]_0^h =$$

$$= -2\rho V_1^2 h\,dz +$$

$$2\rho\,dz \left(289h + \frac{100}{3}h^3 + 170h^2\right)$$

$$\frac{F}{dz} = -2\rho V_1^2 h +$$

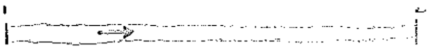
$$+ 2\rho \left(289h + \frac{100}{3}h^3 + 170h^2\right)$$

$$= -41{,}04 \text{ N/m}$$

F är kraften på kontrollvolym

Kraften på kroppen $F_D = -F$

$F_D = 41$ N/m



Givet: $p_1 = 102$ kPa $\quad A = 1\,m^2$

$p_2 = 100$ kPa $\quad Q = 15\,m^3/s$

$L = 250$ m $\quad t = 20°C$

Med galler är $K = 3{,}0$

Lösning: B:s utv. ekv (3.68b):

$$p_1 + \rho\frac{V_1^2}{2} + \rho g z_1 = p_2 + \rho\frac{V_2^2}{2} + \rho g z_2 + \Delta p_f + \rho w_s$$

$z_1 = z_2$, $V_1 = V_2$, $w_s = 0$

Utan galler är $\Delta p_f = f\frac{L}{d}\rho\frac{V^2}{2}$ $\quad$ ($\cancel{6.30b}$) (6.10 b)

$\therefore \Delta p_f = p_1 - p_2 = f\frac{L}{d}\rho\frac{V^2}{2}$

KE $\Rightarrow V = \frac{Q}{A} = 15$ m/s

Kvadratiskt rör: $d_h = \frac{4A}{P} = 1$ m

$$f = \frac{(p_1 - p_2)\, d_h \cdot 2}{L \rho V^2} = 0{,}059$$

$Re = \frac{V d_h}{\nu} = 9{,}87 \cdot 10^5 > 2300$ $\therefore$ turbulent

Relativa skrovligheten ε/d fås ur Moody-diagram

$\left.\begin{array}{l} f = 0{,}059 \\ Re = 9{,}87 \cdot 10^5 \end{array}\right\}$ $\frac{\varepsilon}{d_h} = 0{,}032$, och vi är till höger om linjen där f ober av Re.

Antag att vi fortfarande är i omr där f ober av Re efter att gallret satts dit (kollas sedan) $\Rightarrow$

$$p_1 - p_2 = f\frac{L}{d_h}\cdot\rho\frac{V^2}{2} + K\rho\frac{V^2}{2}$$

$\Rightarrow V = 13{,}7$ m/s

Kolla om f ändrats:

$$Re = \frac{V d_h}{\nu} = 9{,}02 \cdot 10^5$$

Moodydiagram ger att Re fortfarande är så stort att f är oberoende av Re

$\therefore$ Antagandet var OK.

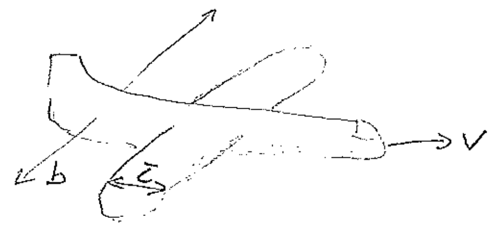
$$Q = V \cdot A = 13{,}7 \cdot 1 = 13{,}7\ m^3/s$$

Svar: $Q = 13{,}7\ m^3/s$

Givet: Flygplan med vingar av typen NACA-0009 (inga klaffar och "camber" noll)

$\bar{c} = 4$ m ; $b = 2 \times 20$ m $= 40$ m $\quad V = 400$ km/h

$m = 8000$ kg ; $h = 5500$ m



Sökt: Dragkraft $F_D = \frac{1}{2}\rho V^2 A_p C_D$ (1)

Lösning: $h = 5500$ m $\Rightarrow$ Tabell [A6] $\rho = 0{,}6970\ kg/m^3$

Räkna som om planet består av en vinge.

Ta hänsyn till att vingen är ändlig

$C_D = C_{D,\infty} + \frac{C_L^2}{\pi AR}$ (2) ; $AR = \frac{b}{\bar{c}} = 10$; $A_p = b \cdot \bar{c} = 160\ m^2$

Lyftkraften balanserar tyngden $L = mg$

Def: $C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho V^2 A_p} = \frac{mg}{\frac{1}{2}\rho V^2 A_p} = 0{,}114$

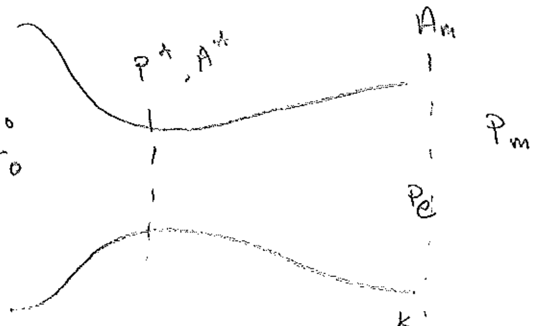
Ändlig vinge $\quad C_L = \frac{2\pi \sin(\alpha + \overbrace{2h/c}^{=0})}{1 + 2/AR} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{C_L}{2\pi}\left(1 + \frac{2}{b/\bar{c}}\right) \Rightarrow \alpha = 1{,}25°$

$\left(Re_c = \frac{V\bar{c}}{\nu} \approx 3 \cdot 10^7 \text{ och med } \alpha = 1{,}25°\right) \Rightarrow$ Fig $\cancel{7.24}$ 7.25 $\Rightarrow C_{D,\infty} = 0{,}005$

(2) $\Rightarrow C_D = 0{,}00541$

(1) $\Rightarrow \underline{F_D = 3{,}73\ kN}$

LÖSNING:



(9.32): $\frac{p^*}{p_0} = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}} = 0{,}5283$

$\Rightarrow \quad p^* = 0{,}5283 \cdot 0{,}7 \cdot 10^6 = 0{,}3698 \cdot 10^6$ MPa

$p^* > p_m = 0{,}1$ MPa $\Rightarrow$ strömn. kritisk

(9.47): $\dot{m}_{max} = \frac{0{,}6847\, p_0 A^*}{\sqrt{RT_0}} =$

$= \frac{0{,}6847 \cdot 0{,}7 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}005^2}{\sqrt{287 \cdot 303}} \approx$

$\approx 0{,}0320$ kg/s

Anta att ingen stöt inträffar i den divergerande delen. Då gäller enl. (9.45) och (9.28a):

$\frac{A_m}{A^*} = \frac{1^2}{0{,}5^2} = 4 = \frac{1}{Ma_m} \frac{(1+0{,}2 Ma_m^2)^3}{1{,}728}$

Tabell B1 $\Rightarrow$ $Ma_m = 2{,}94$

Med detta Ma-tal i mynningen skulle mynningstrycket, p_e bli:

$\frac{p_0}{p_e} = \left[1 + \frac{1}{2}(k-1) Ma_m^2\right]^{\frac{k}{k-1}} \approx 33{,}56$

$\Rightarrow p_e \approx 0{,}0209$ MPa

Men $p_e < p_m = 0{,}1$ MPa och alltså fås en stöt i dysan (Se fig. 9.12)