Studia magisterskie ENERGETYKA

Jan A. Szantyr

Wybrane zagadnienia z mechaniki płynów

Ćwiczenia 4

Wyznaczanie parametrów opływu ciał poruszających się w płynie

Przykład 1

Wyznaczyć opór tarcia płaskiej płyty o cięciwie l=1 [m] i rozpiętości L=4 [m] ustawionej równolegle do kierunku przepływu wody o gęstości ρ=1000 [kg/m**3] i współczynniku lepkości kinematycznej ν=0,000001 [m**2/s]. Rozpatrzyć dwa przypadki:

a) Prędkość przepływu 1 [m/s]

b) Prędkość przepływu 20 [m/s]

Przypadek a

Liczba Reynoldsa: $$\mathrm{Re} = \frac{\upsilon \cdot l}{\nu} = \frac{1 \cdot 1}{0{,}000001} = 1 \cdot 10^{6}$$

Współczynnik oporu tarcia: $$C_f = \frac{0{,}074}{\sqrt[5]{\mathrm{Re}}} = \frac{0{,}074}{\sqrt[5]{1000000}} = 0{,}00467$$

Opór tarcia:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \upsilon^2 \cdot A \cdot C_f = \rho \cdot L \cdot l \cdot \upsilon^2 \cdot C_f = 1000 \cdot 1^2 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 0{,}00467 = 18{,}7[N]$$

Przypadek b

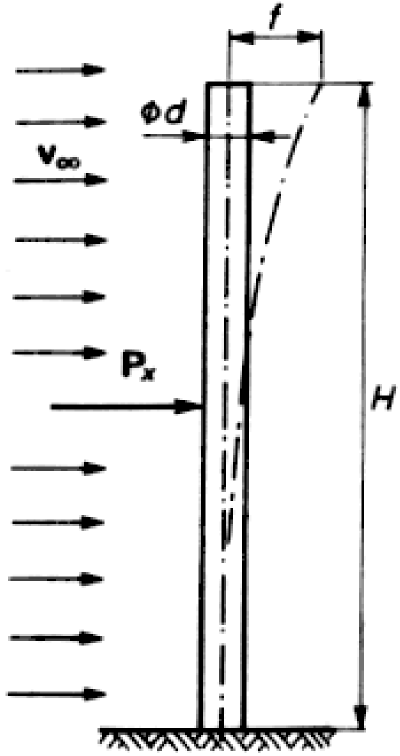
Liczba Reynoldsa: $$\mathrm{Re} = \frac{\upsilon \cdot l}{\nu} = \frac{20 \cdot 1}{0{,}000001} = 2 \cdot 10^7$$

Współczynnik oporu tarcia: $$C_f = \frac{0{,}455}{(\log \mathrm{Re})^{2{,}58}} = \frac{0{,}455}{\left(\log 2 \cdot 10^7\right)^{2{,}58}} = 0{,}00269$$

Opór tarcia:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \upsilon^2 \cdot A \cdot C_f = 1000 \cdot 20^2 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 0{,}00269 = 4304[N]$$

Przykład 2



Cienki pręt o średnicy *d* i wysokości *H* wykonano z materiału o module sprężystości *E*. Pod wpływem wiatru koniec pręta odchylił się od pionu o odległość *f*. Wyznaczyć prędkość wiatru.

Siła wyginająca pręt: $$P_x = \frac{1}{2}\rho \cdot \upsilon_\infty^2 \cdot A \cdot C_x$$

Czyli: $$\upsilon_\infty = \sqrt{\frac{2 \cdot P_x}{\rho \cdot A \cdot C_x}}$$

Strzałka ugięcia pręta pod ciągłym obciążeniem: $$f = \frac{q \cdot H^4}{8 \cdot E \cdot I}$$

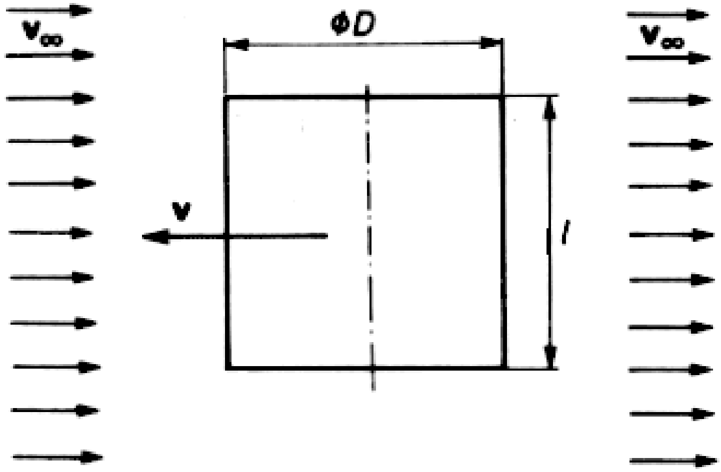
Gdzie: $q = \dfrac{P_x}{H}$ $\quad I = \dfrac{\pi \cdot d^4}{64}$ $\quad$ stąd: $P_x = \dfrac{\pi \cdot f \cdot E \cdot d^4}{8 \cdot H^3}$

Powierzchnia oporu (czołowa): $A = H \cdot d$

Współczynnik oporu (z tablic): $C_x = 1{,}20$

Po podstawieniu otrzymujemy: $\upsilon_\infty = \sqrt{\dfrac{0{,}654 \cdot d^3 \cdot E \cdot f}{\rho \cdot H^4}}$

Przykład 3



Obiekt o kształcie walca kołowego porusza się z prędkością v=10 [m/s] przeciwko prądowi wody o prędkości

$$\upsilon_\infty = 2[m/s]$$

Obliczyć moc potrzebną do utrzymania walca w ruchu przy założeniu, że D=l=0,2 [m]

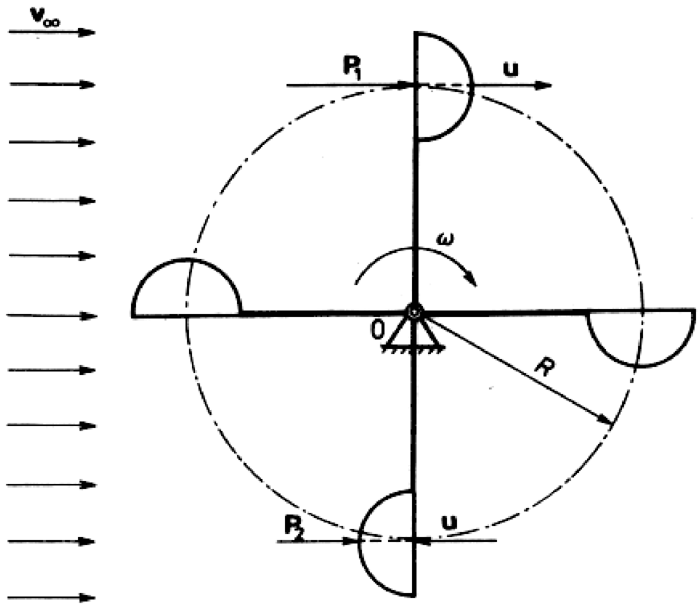
Siła oporu: $$P = \frac{1}{2}\rho(\upsilon_\infty + \upsilon)^2 \cdot A \cdot C_x$$ $$A = D \cdot l$$

Współczynnik oporu (z tablic) dla l/D=1: $$C_x = 0{,}63$$

Moc:

$$N = \frac{P \cdot \upsilon}{1000} = \frac{0{,}63}{2000} \cdot \rho \cdot \upsilon \cdot (\upsilon_\infty + \upsilon)^2 \cdot D \cdot l = \frac{0{,}63}{2} \cdot 10 \cdot (10 + 2)^2 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}2 = 18[kW]$$

Przykład 4



Anemometr czaszowy o promieniu wirnika *R* obraca się pod wpływem wiatru z prędkością kątową ω. Zakładając, że siła nośna na czaszach ustawionych równolegle do przepływu jest równa zero oraz pomijając opory tarcia obliczyć prędkość wiatru.

Prędkość kątowa wirnika jest stała, wobec czego suma momentów sił aerodynamicznych względem osi wirnika powinna być równa zero.

$$M = P_1 \cdot R - P_2 \cdot R = 0$$

Siły wynoszą odpowiednio:

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \left(\upsilon_\infty - u\right)^2 \cdot C_{x1} \cdot A_1 \qquad P_2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \left(\upsilon_\infty + u\right)^2 \cdot C_{x2} \cdot A_2$$

Po podstawieniu i uwzględnieniu że: $A_1 = A_2$

Otrzymujemy: $$\left(\upsilon_\infty - u\right)^2 \cdot C_{x1} = \left(\upsilon_\infty + u\right)^2 \cdot C_{x2}$$

Co prowadzi do wzoru: $$\upsilon_\infty = u \cdot \frac{\sqrt{\frac{C_{x1}}{C_{x2}}} + 1}{\sqrt{\frac{C_{x1}}{C_{x2}}} - 1}$$

Uwzględniając, że: $u = \omega \cdot R$

$C_{x1} = 1{,}33$ $\qquad$ $C_{x2} = 0{,}34$

Otrzymujemy ostatecznie: $\upsilon_\infty = 3{,}045 \cdot \omega \cdot R$