



Aerodynamika

1. Zagadnienia

lepkość płynów, współczynnik oporu powietrza, przepływ turbulentny, przepływ laminarny, liczba Reynoldsa, ciśnienie dynamiczne, prawo Bernoulliego, przepływ powietrza wokół skrzydła, kąt natarcia, wykres biegunowy, rurka Prandtla

2. Opis

Siła F działająca na ciało, które jest opływane przez powietrze może być wyrażona wzorem

$$\vec{F} = \int_A \vec{p} dA \quad (1)$$

gdzie A jest powierzchnią boczną ciała. Siły działające na powierzchnię A wywołane są ciśnieniem p i siłą oporu powietrza. Jeśli strumień przepływu powietrza o prędkości u skierowany jest w kierunku x , wtedy F_x jest oporem F_R . Wartość tej siły jest wyrażona poprzez ciśnienie dynamiczne p_d strumienia powietrza oraz powierzchnię przekroju obiektu S_p

$$p_d = \frac{\rho}{2} u^2 \quad (2)$$

ρ – gęstość ośrodka





Korzystając z równania 1 i uwzględniając współczynnik oporu powietrza siła oporu wynosi

$$\vec{F} = \int_A \vec{p} dA = c_w S_p \cdot \rho \frac{u^2}{2}$$

Współczynnik oporu c_w może być wyrażony przez powierzchnię całkowitą. Dla opływowych obiektów w znacznej mierze jest on niezależny od liczby Reynoldsa.

$$Re = \frac{ud}{\nu}$$

gdzie d jest typowym parametrem np. szerokością obiektu w strumieniu powietrza a ν lepkością kinematyczną związaną poprzez lepkość μ i gęstość ośrodka ρ zależnością

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Obiekt					
c_w	0,45	0,37	1,17	0,24	0,92
Obiekt					
c_w	0,21	0,71	0,14	0,07	1,12

Dla przepływu ciągłego i nieściśliwego medium prawo zachowania energii daje nam równanie Bernuliego:

$$p_0 + \frac{\rho u^2}{2} = const = p$$

Ciśnienie dynamiczne p_d może być zmierzone jako różnica $p - p_0$ za pomocą rurki Pitota.

W przypadku strumienia powietrza przepływającego wzdłuż osi x siła F_x jest siłą oporu powietrza F_R , a siła F_y siłą nośną F_A . Z równania 1 otrzymujemy

$$F_R = c_w S_p \cdot \rho \frac{u^2}{2}$$

$$F_A = c_a S_p \cdot \rho \frac{u^2}{2}$$

Dla małych kątów natarcia α , bezwirowego przepływu, dla płata nieskończonej długości mamy, $c_w = 0$ a c_a jest w przybliżeniu równe

$$c_a = 2\pi \cdot \left(\alpha + \frac{2f}{t} \right)$$

gdzie: t - cięciwa, f - wypukłość.

Przy płacie o skończonych wymiarach, tworzy się specjalny obszar na krawędzi spływu. Zawirowania powietrza za profilem i turbulencje powodują powstanie oporu (współczynnik oporu c_{re}), który jest powiązany z noszeniem:



$$c_{re} = \frac{c_a^2 \cdot f_p}{\pi \cdot b^2}$$

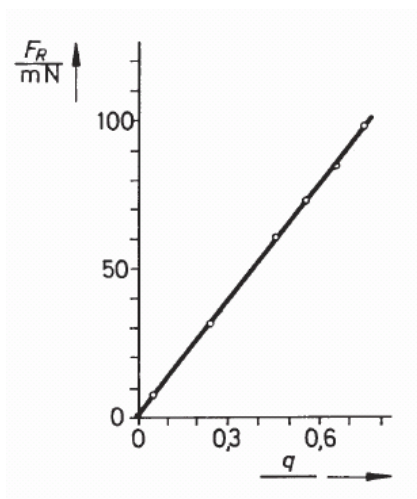
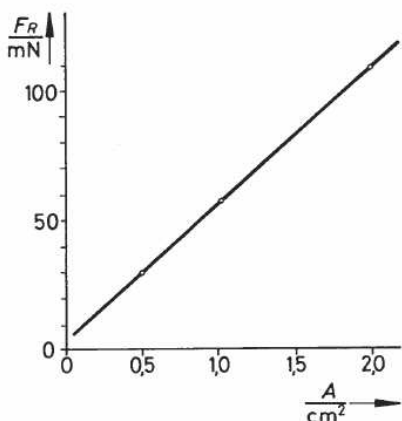
Gdzie b jest rozpiętością skrzydła.

3. Doświadczenie

A) Wyznaczenie oporu powietrza w funkcji:

1. przekroju różnych obiektów,
2. natężenia przepływu,
3. współczynnika oporu c_w dla obiektów o różnych kształtach.

W miejscu gdzie będą zlokalizowane obiekty aerodynamiczne wykonujemy pomiary ciśnienia dynamicznego za pomocą rurki Prandtla dla różnych prędkości przepływu powietrza. Prędkość przepływu powietrza można obliczyć z równania (2). Pomiar ten powinien być przeprowadzany kilkakrotnie podczas wykonywania doświadczenia. Podwójna oprawka wałka musi być luźno zamocowana pomiędzy czopami soczewkowymi i odpowiednio ustawiona w pionie i poziomie. Obiekty, których opór ma być mierzony powinny być w stanie równowagi statycznej. Jako że oczekiwane siły oporu mają bardzo małe wartości, konieczne jest uzyskanie dokładnego położenie równowagi obiektu. Kompensacja siły jest uzyskiwana dzięki precyzyjnie wykonanemu krążkowi połączonego z wagą sprężynową. Jeżeli w stanie zrównoważenia obiekt nie powraca do równowagi po odchyleniu ręką oznacza to, iż podwójna oprawka wałka jest ustawiona zbyt luźno pomiędzy czopami soczewkowymi lub zbyt ciasno.

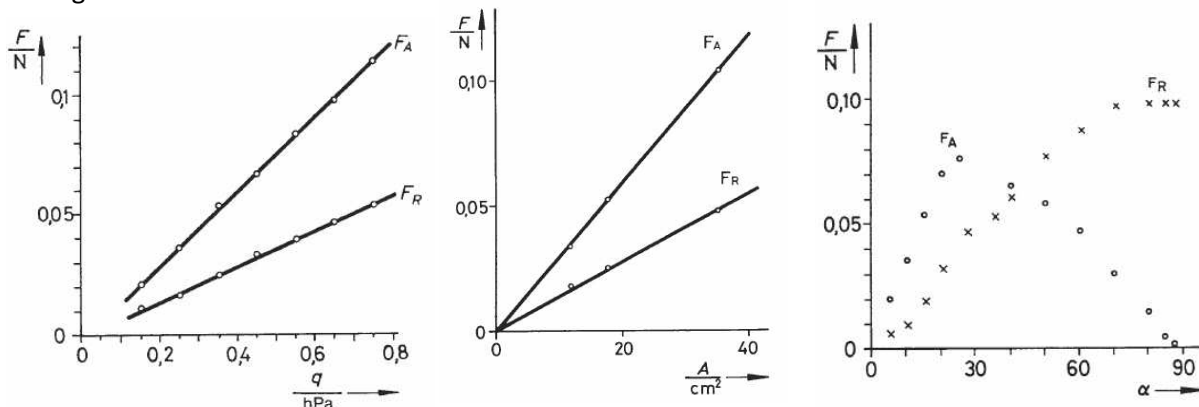


B) Wyznaczenie siły nośnej płaskich płytek w funkcji:

1. powierzchni płytki
2. ciśnienia dynamicznego
3. kąta naporu (wykres biegunowy)



W zakresie pomiędzy 27° i 35°, pojawiają się turbulencje, tak więc nie zaleca się przeprowadzania badań dla tego zakresu.



C) Rozkładu ciśnień wokół skrzydła dla różnych kątów natarcia



Aby mierzyć rozkład ciśnienia nad płatem kawałek gumowej rurki jest nałożony na rurkową sondę. W celu ustawienie w lepszej pozycji pomiarowej rurka musi być odwrócona i zwilżona w punkcie styku.

