

LUCRARE DE LABORATOR MIȘCAREA CORPURILOR ÎN PREZENȚA FORȚELOR AERODINAMICE DE REZISTENȚĂ

Mihail POPA,

conf. univ., dr., Universitatea de Stat Alecu Russo” din Bălți

Vitalie URSU,

lect. univ., Universitatea de Stat Alecu Russo” din Bălți

Abstract: This paper presents a method for calculating the frontal resistance force at movement of a metal body in a liquid medium.

Termeni-cheie: forță rezistentă, viteză, accelerație unghiulară, aria secțiunii transversale, înălțime.

1. Introducere

Cercetările experimentale arată că toate corpurile, indiferent de forma lor, întâmpină rezistență în timpul deplasării relative în raport cu fluidul. Forța de rezistență este proporțională cu aria secțiunii transversale a corpului și crește odată cu creșterea vitezei relative de mișcare a corpului în raport cu fluidul sau a fluidului în raport cu corpul:

$$F_r = K \cdot S \cdot f(v),$$

unde, K este un coeficient care depinde de natura fluidului, de natura suprafeței corpului, de forma și dimensiunile corpului, iar $f(v)$ este o funcție de viteză. La viteze mici ale mișcării unei lamele în aer forța de rezistență este proporțională cu viteza acestuia. Pentru viteze nu prea apropiate de viteza sunetului în fluidul respectiv $f(v) = v^2$, iar pentru viteze comparabile cu viteza sunetului $f(v) = v^3$. Aceste forțe de

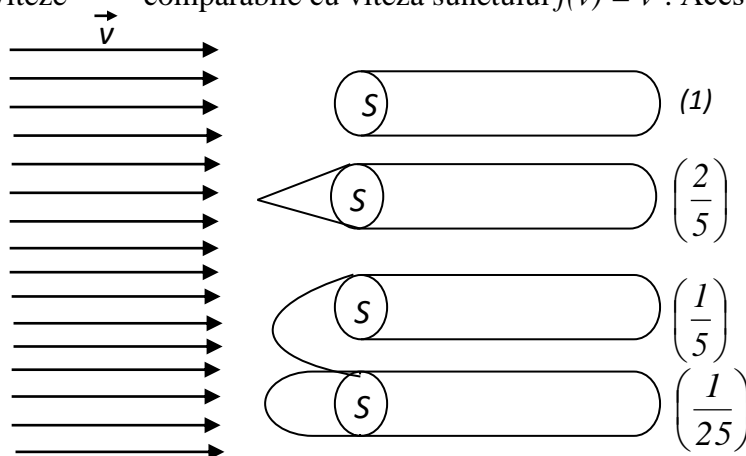


Fig. 1. Forța de rezistență a fluidului viscos în funcție de rofilurile corpurilor

rezistență se datorează vîscozității fluidului. Straturile subțiri de fluid se alipesc de corp deplasîndu-se împreună cu acesta și antrenează, din cauza frecării interne, următoarele straturi de fluid. Ca urmare, corpurile care se deplasează în fluide reale

sunt înconjurate de straturi de fluid, în care există gradient de viteză, denumite *straturi limită*.

În stratul limită acționează forțe de frecare internă care conduc la apariția forțelor de rezistență la înaintarea corpului.

Experiențele efectuate cu corpuri de aceeași secțiune S , într-un curent de aer cu aceeași viteză \bar{v} , au stabilit valorile forței de rezistență indicate în figura 1, în paranteze. Sa constatat că forța de rezistență este minimă în cazul unui corp cu profil fusiform, care se deplasează cu capătul mai puțin ascuțit înainte. Se spune că un corp cu o asemenea formă are un *profil aerodinamic*.

2.Descrierea instalației experimentale

Schema instalației experimentale este prezentată în figura 2. Pe axa orizontală poate să se rotească (în rulmenți) bara AB cu lamela (plăcuța) BC fixată pe ea și greutatea D și E. Bara cu greutatea și plăcuța sunt echilibrate pe axă.

Pe cilindrul M se înfășoară un fir, ce poartă la capăt greutatea P, care coborând pune în mișcare bara cu plăcuța. Întregul sistem este fixat pe un suport, care este dotat cu o scară N pentru măsurarea distanței parcurse de greutate.

În afară de cilindrul M, pe axă este situat de asemenea al doilea cilindru, raza căruia este mai mare decât raza primului.

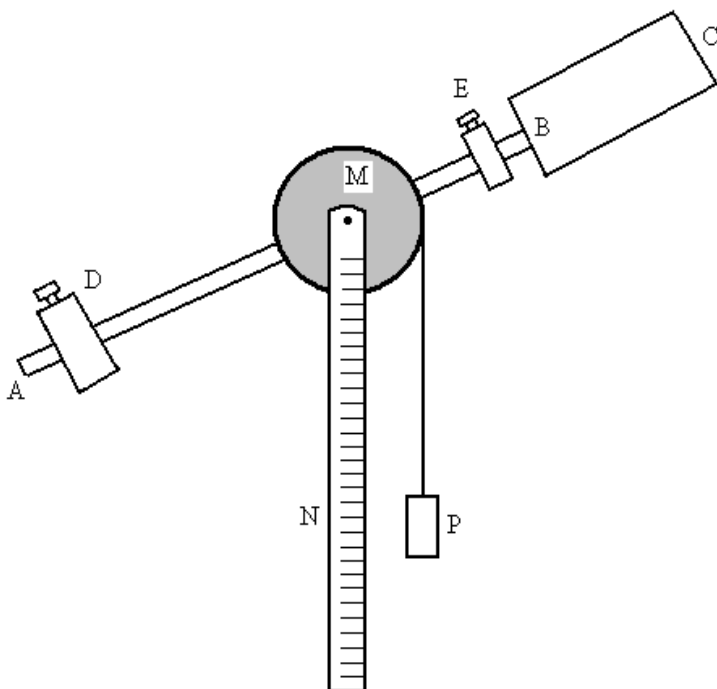


Fig. 2. Schema instalației experimentale

Aceasta permite schimbarea vitezei de rotație a plăcuței folosind un singur corp pe fir. Greutățile de pe bara măresc momentul de inerție al ei, ceea ce conduce la micșorarea timpului de mișcare și la o măsurare mai precisă a lui.

Rotind bara AB în jurul axei sale longitudinale poate fi instalată și fixată plăcuța, astfel încât vectorul vitezei liniare a particulelor ei în timpul mișcării sub acțiunea greutății P să fie normală și paralelă planului ei. Dacă plăcuța BC este fixată în poziție verticală, ca în figura 2, rezistența frontală va fi minimă, iar în poziție orizontală rezistența frontală va fi maximă.

3. Teorie succintă

Ecuția scalară a mișcării greutății P poate fi scrisă în forma:

$$ma = mg - T, \quad (1)$$

unde m este masa greutății, a – accelerația mișcării greutății, g – accelerația căderii libere, T – tensiunea din fir.

Pe de altă parte, neglijând forțele de frecare în rulmenți, forțele de frecare dintre greutate și bară cu aerul, putem scrie legea fundamentală a dinamicii mișcării de rotație a barei AB:

$$J \frac{d\omega}{dt} = T \cdot r - C \cdot \omega, \quad (2)$$

unde, J este momentul de inerție al părții mobile a instalației, r – raza cilindrului, ω - viteza unghiulară, $d\omega/dt$ – accelerația unghiulară, C – coeficientul momentului rezistenței frontale a plăcuței.

Accelerația liniară și cea unghiulară sunt legate prin relația:

$$a = \varepsilon \cdot r = \frac{d\omega}{dt} \cdot r, \quad (3)$$

Din ecuațiile (1)-(3), pentru accelerația unghiulară obținem

$$\frac{d\omega}{dt} = A - B\omega, \quad (4)$$

unde :

$$A = \frac{mgr}{mr^2 + J}, \quad (5)$$

$$B = \frac{C}{mr^2 + J}. \quad (6)$$

Din ecuația (4) reiese, că accelerația mișcării corpurilor (plăcuței și a greutății pe fir) depinde de viteză. Dacă suprafața plăcuței se află în planul de rotație, atunci, presupunând $C = 0$, din ecuațiile (4) și (6) primim rotația plăcuței cu accelerație unghiulară constantă

$$\left(\frac{d\omega}{dt} \right)_{\min} = A = \text{const.} \quad (7)$$

Cunoscând distanța parcursă h de greutatea P în timpul t , obținem

$$A = \frac{2h}{rt^2}. \quad (8)$$

În caz general (adică când $C \neq 0$) viteza de rotație crește, însă se apropie de o valoare oarecare maximă constantă ω_{\max} . Valoarea acestei viteze poate fi determinată din condiția, că accelerația din momentul atingerii acestei viteze trebuie să fie egală cu zero. Atunci din ecuația (4) obținem

$$\omega_{\max} = \frac{A}{B}. \quad (9)$$

Pentru viteza maximă de coborâre a greutateii P obținem

$$v_{\max} = r \frac{A}{B}. \quad (10)$$

Experimental se obține dependența distanței parcurse h de greutatea P în funcție de timpul t , adică curba $h = f(t)$. Tangenta unghiului de înclinare α a tangentei la porțiunea liniară a acestei curbe, este egală cu valoarea aproximativă a vitezei maxime de coborâre a greutateii:

$$v_{\max} = tg \alpha. \quad (11)$$

Din ecuațiile (10) și (11) determinăm B :

$$B = r \frac{A}{tg \alpha}. \quad (12)$$

4. Procedeu experimental

1. Se măsoară cu balanța masa cilindrului P și se determină cu șublerul raza acestuia.

2. Se instalează suprafața plăcuței astfel încât rezistența ei frontală să fie maximă. Se verifică, dacă bara este echilibrată pe axa de rotație. Atent se înfășoară firul pe cilindrul cu raza mică M . Partea de jos a greutateii P trebuie să fie la nivelul diviziunii zero a scării N de pe stativ.

3. Folosind cronometrul se determină timpul de coborâre a greutateii t pentru trei distanțe concrete h . Valorile acestor distanțe pot fi stabilite de profesor sau de laborant. Se reperă măsurătorile de circa 5 ori pentru fiecare înălțime h .

4. După formula (8) se determină mărimea A .

5. După rezultatele obținute se construiește pe hîrtie milimetrică graficul $h(t)$. Din graficul dependenței $h = f(t)$ se determină valoarea unghiului α și conform relației (11) se calculează viteza maximă de coborâre a greutateii.

6. Conform formulei (12) se determină valoarea mărimii B .

7. Din relația (5) se deduce formula momentului de inerție J și calculează valoarea mărimii acestuia. Se determină valoarea medie a momentului de inerție.

8. Din relația (6) se deduce formula coeficientului momentului rezistenței frontale a plăcuței C .

9. După aceasta se instalează plăcuța astfel încât rezistența frontală să fie minimă și se repetă punctele (3) – (8). Graficele curbelor $h = f(t)$ se construiesc pe aceeași hârtie milimetrică în aceeași scară.

10. Rezultatele obținute se introduc în tabelul 1:

Tabelul 1.

Rezultatele experimentului

	$m,$ kg	r, m	h, m	t, s	A, s^{-2}	α	U_{\max} m/s	B, s^{-1}	$J,$ $kg \cdot m^2$	$J_{med},$ $kg \cdot m^2$	$C,$ $kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$
1											
2											
3											
1											
2											
3											

Bibliografie:

1. СТРЕЛКОВ, С.П., *Механика*, Кишинэу, Лумина, 1971;
2. МАТВЕЕВ, А.Н., *Месаника și teoria relativității*. Ch.: Lumina, 1991;
3. САВЕЛЪЕВ, И.В., *Курс де физикэ жгенералэ*, вол. 1. *Механика ши физика молекуларэ*. Кишинэу, Лумина, 1972;
4. ФРИШ, С.Е., ТИМОРЕВА, А.В., *Курс де физикэ жгенералэ*. Вол.1, Кишинэу, 1968;
5. КОРТНЕВ, А.И., РУБЛЕВ, Ю.В., КУЦЕНКО А.Н., *Практикум по физике*, Москва, «Высшая Школа», 1975;
6. *Физический практикум: механика и молекулярная физика* / под ред. Ивероновой, В.И., Москва, «Наука», 1974.