Notă asupra întrebuințărei formulei celei mai bune în calculul debitelor conductelor

In toate chestiunile pentru distribuirea apei în orașe, sau pentru transmiterea unei forțe hydraulice, prin căderi de apă, intervine problema scurgerei apei în conducte forțate.

Pentru rezolvirea tuturor problemelor ce comportă chestiunea în general, suntem nevoiți să ne folosim de unele din numeroasele formule empirice ce se dau, pentru a afla viteza medie a scurgerei lichidelor, prin ajutorul căreia să putem calcula debitul conductelor.

Cauza pentru care suntem nevoiți să recurgem la acele formule empirice, este faptul că rezistențele produse în conducte de vâscozitatea lichidelor, precum și diversitatea rugozităților pereților acelor conducte, nu prezintă elemente îndestulătoare pentru o determinare analitică exactă a vitezei medie de scurgere a lichidelor, aceste rezistențe fiind puțin cunoscute în mărime și direcțiune.

In adevăr, debitul unei conducte circulare, este dat prin ecuațiunea:

$$Q = \pi \frac{D^2}{4} U \tag{1}$$

iar viteza medie este o funcțiune de diametru și pierderea de încărcare J; ceiace se exprimă prin ecuațiunea fundamentală:

$${}^1/_4\, D\, J = \varphi\,(U) \tag{2}$$

Pentru determinarea funcțiunei φ (U) s'au dat mai multe formule empirice, pe cari un inginer poate să le adopte după voie, însă în acest caz rezultatele obținute nu concordă unele cu altele. Intrebarea este dar, pe cari din aceste formule empirice să le adoptăm pentru calculele noastre? Iată ce se va discuta în cele ce urmează:

Chestiunea nu prezintă atâta importanță pentru trebuințele practice, de oarece rezultatele sunt socotite în totd'auna cu dimensiuni sporite, în vederea necesităților viitoare, totuși într'o chestiune juridică, o expertiză de exemplu, un expert poate exploata o formulă sau alta după conveniență și să se găsească totd'auna mijlocul de a pune în dubiu pe judecătorii cari observă că rezultatele nu concordă din cauza întrebuințărei unei sau altei formule. Din acest punct de vedere dar, ar urma să se precizeze că toate calculele comparative să se facă cu aceiași formulă.

Să vedem dar care din formule prezintă mai multă siguranță.

Formulele cele vechi sunt următoarele :

$\frac{1}{4}\, D\, J = a\, U + b\, U^2$ dată de Prony în 1804

$\frac{1}{4}\, D\, J = 0.0003\, \sqrt[7]{U'^2}$ „ „ St. Venant în 1840

$\frac{1}{4}\, D\, J = 0.0004\, U^2$ „ „ Dupuit în 1855

$\frac{1}{4}\, D\, J = \left(\alpha + \frac{B}{\sqrt{U}}\right) U^2$ dată de Weisbach în 1860

$\frac{1}{4}\, D\, J = 0.00035\, U^2$ dată de Colombo în 1878.

Aceste formule sunt criticate din cauză că nu țin seamă de pierderile de încărcare datorite rugozității pereților, după cum a probat experiențele lui Darcy.

Totuși aceste formule pot fi întrebuințate pentru diametre variind între 0.15 și 1.00. Sub cifra de 0.15 rezultatele sunt prea slabe, peste cifra de 1.00, rezultatele sunt exagerate.

In ultimul timp s'au propus alte formule mai moderne în care funcțiunea rezistenței pereților conductelor, depinde nu numai de o singură variabilă U, ci este o funcțiune compusă de U și D.

Aceste formule sunt :

$\frac{1}{4}\, D\, J = \left(\alpha + \frac{B}{D}\right) U^2$ dată de Darcy în 1862

$\frac{1}{4}\, D\, J = \frac{\alpha}{1 + 3\sqrt{R}}\, U^2$ „ „ Levy în 1868

$\frac{1}{4}\, D\, J = \frac{\alpha}{D}\, U + B\, U^2$ dată de Hagen în 1866

$\sqrt{U} + \frac{1}{4}\, D\, \sqrt[4]{U} = 5.5 \sqrt[3]{D} \sqrt[4]{J}$ dată de Gauckler în 1873

$\frac{1}{4}\, D\, J = 0{,}00023 \sqrt[4]{\frac{U^7}{D}}$ dată de Flamant în 1892

$$U=(0.96+0.24u)\,D^{\frac{3}{4}}-\frac{n}{10}\,J^{\frac{1}{2}}+\frac{n}{2}$$ dată de Geslain în 1899

$$^{1}/_{4}\ D\,J=\left(\alpha+\frac{B}{\sqrt{D}}\right)U^2$$ dată de Franck în 1881

$$^{1}/_{4}\ D\,J=\frac{\alpha\,U^n}{D^{2-n}}$$ dată de Uncrin și Reynold în 1882

$$^{1}/_{4}\ D\,J=\frac{0.0002\,U^2}{\sqrt[3]{D}}$$ dată de Manning în 1884

$$^{1}/_{4}\ D\,J=\frac{0.00019\,U^{\frac{9}{5}}}{\sqrt[4]{D}}$$ dată de Lampe în 1885

$$^{1}/_{4}\ D\,J=0.00028\,\frac{Q^{1.85}}{D^{3.94}}$$ dată de Thrupp în 1887

$$^{1}/_{4}\ D\,J=\left(\alpha+\frac{B}{\sqrt{D}}+\frac{\gamma}{D}\right)U^2$$ dată de Kutter în 1869

adică nu mai puțin de 12 formule, pentru aceiași chestiune.

D-l Inginer Dariès examinând toate aceste formule, își propune a arăta care din ele prezintă mai multă siguranță.

Dacă eliminăm viteza U între ecuațiunile (1) și (2), obținem o relațiune de forma generală $J=f\,(D,\ Q)$.

Această funcțiune f, variază după expresiunea adoptată pentru φ (U).

Să luăm de exemplu, formula lui Prony ; eliminarea lui U, dă :

$$^{1}/_{4}\ D\,J=a\,\frac{4\,Q}{\pi\,D^2}+b\left(\frac{4\,Q}{\pi\,D^2}\right)^2=\frac{4\,a}{\pi}\,\frac{Q}{D^2}+\frac{16\,b}{\pi^2}\,\frac{Q^2}{D^4}$$

de unde :

$$J=\frac{16\,a}{\pi}\,\frac{Q}{D^3}+\frac{b\,4\,b\,Q^2}{\pi^2\,D^5}$$

Dacă înlocuim pe a și b prin valorile date de Prony și daca facem $\pi=3.1416$, găsim :

$$J=0.000088\,\frac{Q}{D^3}+0.00226\,\frac{Q^2}{D^5}$$

relațiune care ne dă debitul Q pentru diferite valori ale lui J și D.

Un calcul analog ce s'ar face asupra tuturor formulelor menționate, ne ar da relațiuni între cantitățile D, Q și J, cari traduse numericește ne permite să observăm diferințele între unele și altele.

Pentru a răspunde chestiunei care din formule trebuesc întrebuințate, trebue să se consulte experiențele făcute și aplicate asupra construcțiunilor existente.

In adevăr, D-l Debauve care a calculat un mare număr de distribuțiuni de apă, recomandă întrebuințarea formulei lui Darcy, cu coeficienții tuburilor încrustate, până la un diametru de 0,50 și cu coiefîcienții tuburilor noui, pentru diametre superioare.

Sub 0.10, pentru conducte de oarecare lungime, el recomandă de a majora cifrele obținute într'o proporțiune oarecare. Astfel pentru un diametru de 0.027 să se substitue acela de 0.04.

Recomandațiunile sale, D-l Debauve, le rapoartă la experiențele făcute la Sevila în 1895, asupra unei conducte în serviciu de la 1884, curățită de depozitele calcare, de 0.533 diametru și 12,816 metrii lungime, care a debitat 198 litri pe secundă sub o încărcare exact măsurată de 19.39.

Calculul pierderei de încărcare, prin formula lui Darcy, tuburi nuoi, indică 21,06; iar celel'alte formule dau :

Flamant	21.25	
Manning	19.40	
Colombo	23.45	
Geslain	18.70	tuburi nuoi
	21.50	„ ușor incrustate
Reynolds	21.12	„ noui.

Vedem că rezultatele sunt destul de apropiate, afară de acele date de formula lui Colombo.

Formula lui Darcy pentru tuburile incrustate, acele ale lui Lévy, Prony, Dupuit, etc. arată pierderi de încărcare mult mai mari.

Intr'o altă experiență făcută la Buenos-Aires în 1897, o conductă de 1.22 diametru, a debitat 1533 litri pe secundă sub o încărcare de 2.00^m pe kilometru.

Diversele formule indică pentru $D=1.22$, $J=0.002$.

Prony	1534 litri
Dupuit	1475 „
Colombo	1490 „

Thrupp	2250	litri	
Lévy	1610	„	
Darcy	1799	„	tuburi nuoi
Geslain	2050	„	
Flamant	2100	„	
Reynolds	1710	„	
Darcy	1157	„	tuburi vechi

Din aceste cifre, excepţiune făcând de formulele vechi, se vede că rezultatele cele mai apropiate de adevăr, le dau formulele lui Lévy şi Reynold şi cele mai depărtate, pentru diametrele mari, acea a lui Flamant.

La siphonul St. Paul pe canalul Verdan, un tub de 1.75 diametru a cărui pantă este de 0.001, debitează până la 3^{m3} pe secundă. Diametrul a fost calculat prin formula lui Prony pentru un debit de 2.500 litri numai.

Pentru $D=1.75$ şi $J=0.001$, formulele dau rezultatele următoare pentru Q:

Prony	2650	litri			
Levy	2985	„			
Flamant	3500	„			
Darcy	3275	„	tuburi nuoi		
Geslain	3700	„	„	uşor incrustate	
. . . .	3400	„	„	forte	„

Această experienţă arată superioritatea formulei lui Levy, pentru tuburi cu diametre mari.

Reservoarele din Paris, cari servă la spălarea egourilor, sunt alimentate prin tuburi de fier de 0.005 şi 0.004 diametru care trebuie să debiteze împreună 10^{m3} în 24 ore sau 0.116 pe secundă. Acest rezultat este atins. Tuburile de 0.005 se întrebuinţează pentru presiuni între 5 şi 45^m, cele de 0.004 pentru presiuni mai ridicate.

In tuburile de 0.005, viteza este de 6^m pe secundă, pierderea de încărcare se apropie de 15^m, pentru că tuburile au 3^m de lungime pentru 45^m presiune pe conducte, $2^m.60$ pentru 40^m şi 2^m pentru 30^m presiune.

Diferitele formule, pentru $D=0.005$, $Q=0^{l.}116$ dau rezultatele următoare pentru pierderea de încărcare J.

Dupuit	11.50	
Flamant	16.00	
Darcy	50.50	
Prony	10.50	
Geslain { . . .	14.00	tuburi nuoi
. . . .	20.50	„ puțin incrustate
Levy	40.00	
Colombo	11.00	

Aceste rezultate arată superioritatea formulei lui Flamant și Geslain pentru micile diametre.

Concluziune.— D-l Inginer Dariès recomandă dar a ne servi de formula lui Flamant pentru diametrele mici și medii până la 1^{m}.00 și de a lui Levy pentru diametrele mai ridicate.

Inginer șef
Gh. Popescu.