

DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE REZISTENȚĂ HIDRAULICĂ LOCALĂ

7.1 Considerații teoretice

Intr-un circuit hidraulic sunt montate inevitabil robinete, racorduri, coturi, instrumente de masura si control etc., organe care creeaza un obstacol in calea fluidului, opunindu-se trecerii acestuia. Aceste organe poarta numele de rezistente locale.

Prezenta acestor obstacole pe traseul de curgere face ca in zona respectiva miscarea sa fie una neuniforma, fluidul modificandu-si brusc viteza in modul si/sau ca directie. La trecerea peste aceste obstacole, lichidul pierde o parte din energia hidraulica inmagazinata, efectul acestei pierderi de energie fiind o scadere brusca a presiunii pe portiunea respectiva, numita si cadere de presiune.

Deoarece zona de miscare neuniforma se intinde pe un sector foarte scurt in amonte si ceva mai lung in aval de obstacol, fara a depasi de câteva ori dimensiunea transversala a curentului, energia consumata este denumita consum sau pierdere de energie locala si se noteaza cu h_{loc} .

Din cauza complexitatii fenomenului, care are loc la trecerea fluidului printr-o rezistenta locala, stabilirea pe cale teoretica a formulei de calcul a pierderilor locale nu se poate face decât in foarte putine cazuri. De aceea pierderile locale se exprima in functie de energia cinetica, printr-o relatie propusa de Weissbach, sub forma:

$$h_{loc} = \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (7.1)$$

sau, in functie de caderea de presiune Δp care apare pe rezistenta respectiva, prin relatia :

$$\Delta p = \zeta \rho \frac{v^2}{2} \quad (7.2)$$

in care:

ζ - este coeficientul de rezistenta locala;

v – viteza medie a fluidului in aval de obstacol, daca nu se indica altfel.

In multe situatii sectiunile din amonte si din aval de rezistenta sunt diferite, deci si vitezele sunt diferite.

Pierderile de energie se pot exprima fie cu viteza din aval (cazul general), fie cu cea din amonte, lucru care va trebui precizat, fiindca, evident, coeficientul de rezistentă ζ va avea valori diferite într-un caz sau în celălalt.

Coeficientul adimensional ζ , același în ambele relații precedente, depinde, în cazul rezistențelor fixe, de forma geometrică a acestora, de numărul Reynolds, de calitatea suprafeții rezistenței iar pentru rezistențele cu secțiune variabilă (robineti, clape etc.) depinde de poziția organului obturator.

Dependența lui ζ de numărul Reynolds este destul de complicată și aceasta numai la numere Re mici, pentru că la numere Re mari ($Re > 10^5$) valoarea coeficientului ζ devine o constantă.

Datorită neuniformității mișcării și a faptului că multe dintre rezistențele locale trebuie să aibă secțiunea de trecere reglabilă (robinete, clape, etc.), coeficientul ζ nu se poate determina prin metode teoretice. Pentru majoritatea rezistențelor hidraulice locale, coeficientul ζ se determină experimental, iar valorile acestuia sunt date sub formă de tabele. Coeficientul stabilit experimental are valabilitate numai în limitele în care a fost efectuat experimentul.

Lucrarea de față urmărește să dea o metodica experimentală prin care se poate stabili coeficientul de rezistență locală pentru câteva din aceste rezistențe.

În acest scop, se consideră o conductă de diametru D , pe care este montată o rezistență locală R care permite modificarea secțiunii de curgere din zona respectivă de la valoarea A_1 la valoarea A_2 (Figura 7.1).

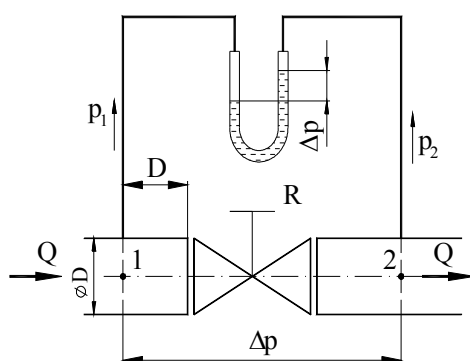


Figura 7.1 Determinarea experimentală a rezistențelor locale

Din cauza schimbării de secțiune, în zona de trecere, mișcarea devine neuniformă, liniile de curent devin divergente, astfel că în această zonă se formează vârtejuri care consumă din energia disponibilă a fluidului.

Calculul acestor pierderi hidraulice se poate face cu ajutorul ecuației lui Bernoulli iar valoarea pierderilor este dată de ecuația (7.1). Din această relație rezultă:

$$\zeta = 2g \cdot \frac{h_{loc}}{v^2}. \quad (7.3)$$

Rezulta ca, in esenta, pentru determinarea coeficientului de rezistenta hidraulica trebuie sa se masoare pierderea de sarcina h_{loc} , aparuta pe rezistenta respectiva si viteza fluidului in aval. Ecuatia lui Bernoulli aplicata de-a lungul firului mijlociu al conductei între punctele 1 și 2, apartinind sectiunilor drepte de arie A_1 situata in amonte, respectiv A_2 situata in aval de rezistenta locala in zona in care s-a restabilit caracterul uniform al curgerii, arată că:

$$\left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) - \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_{loc}. \quad (7.4)$$

Avind in vedere ca in cazul conductei orizontale a carei axa coincide cu planul de referinta, cotele $Z_1=Z_2=0$ și considerind ca diametrul tronsonului de conducta din amonte de rezistenta este acelasi cu cel al tronsonului din aval rezultă că si vitezele medii din sectiunile A_1 si A_2 sint egale ($v_1=v_2=v$), iar relația (7.4) devine:

$$h_{loc} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{\Delta p}{\gamma}. \quad (7.5)$$

Această relație arată că, pentru $Z_1=Z_2=0$ și $v_1=v_2$, diferența de presiune $p_1-p_2=\Delta p$ ($p_1>p_2$) este o măsură a pierderii de energie pe rezistenta locala. Prin urmare măsurând presiunile statice în două puncte situate in amonte si in aval de rezistenta considerata se poate stabili pierderea de energie h_{loc} , cu o relatie de tipul relatiei (7.5).

Deoarece in zona rezistentei miscarea este mult perturbata, viteza se va stabili din expresia debitului, pentru conducta, in aval de rezistenta, din care rezulta:

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2}. \quad (7.6)$$

Rezistentele locale întâlnite in instalatiile hidraulice sunt numeroase si diferite ca forma constructiva si destinatie.

Astfel sunt unele rezistente care realizeaza o crestere sau o ingustare brusca ori continua a sectiunii de curgere, o schimbare de directie sau o ramificare a curentului de fluid, iar altele, cum ar fi robinetele (de reglaj, de inchidere), vanele (plane sau fluture) realizeaza o obturare partiala sau totala a sectiunii de trecere.

In afara de rezistentele locale care realizeaza schimbarea directiei de miscare, toate celelalte modifica sectiunea de trecere de la A_1 la A_2 ($A_1 > A_2$ sau $A_1 < A_2$) intr-un raport A_1/A_2 , care poate fi constant sau reglabil (robinetele).

Pentru rezistentele ce schimba directia, trebuie precizat coeficientul ζ , sectiunea si unghiul de deviere; pentru cele care imbrina doua sectiuni se da coeficientul ζ si raportul A_1/A_2 , iar pentru

cele de obturare trebuie sa se cunoasca: sectiunea la maxim deschis, coeficientul de rezistenta la deschidere maxima si variatia coeficientul ζ la diferite deschideri.

Pe standul existent sunt montate câte o rezistenta din fiecare categorie enumerata.

7.2 Obiectivele lucrării

- Determinarea pierderilor hidraulice care se produc la curgerea prin urmatoarele rezistente: diverse fittinguri (patru coturi si imbinari cu diferite raze de racordare), printr-o destindere si printr-o contractie brusca precum si printr-o vana plana
- Determinarea coeficientilor de rezistenta locala aferenti acestor rezistente.

7.3 Metoda utilizata

Masurarea diferentei de presiune (caderea de presiune) dintre cele doua prize de presiune situate la intrarea si iesirea din fiecare rezistenta

Utilizarea relatiilor de calcul prezentate in partea de consideratii teoretice, cu datele rezultate in urma masuratorilor efectuate.

7.4 Descrierea instalatiei

Echipamentul utilizat consta din modulul pentru determinarea pierderilor hidraulice prin rezistente locale, produs de firma ARMFELD (Figura 7.2), care se conecteaza la unitatea hidraulica de baza (UHB) furnizata de aceeaasi firma, aseazandu-se peste canalul practicat in partea superioara a acesteia astfel incit baza modulului sa fie complet orizonatala.

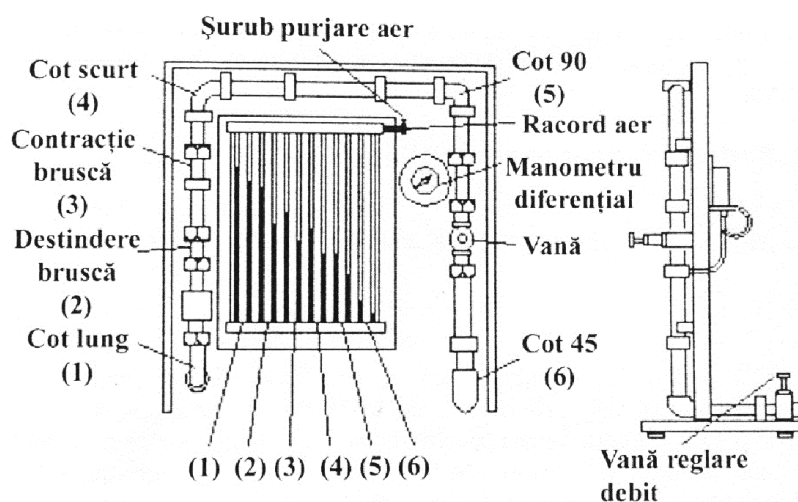


Figura 7.2 Modulul pentru determinarea pierderilor hidraulice in rezistente hidraulice locale

Modulul se compune din urmatoarele rezistente locale montate in serie pe o conducta cu diametrul interior de 19.6 mm:

- cot lung – cot cu raza de curbura mare

- destindere brusca - portiune pe care are loc o largire brusca a sectiunii de curgere de la $d=19.6$ mm la $D = 26$ mm
- contractie brusca - portiune pe care are loc o ingustare brusca a sectiunii de curgere de la $D=26$ mm la $d=19,6$ mm
- cot scurt – cot cu raza de curbura mica
- cot de 90°
- vana plana
- cot de 45° - imbinare a doua portiuni de conducta inclinate in colt (sub un unghi de 45°)

Prizele de presiune situate la intrarea si iesirea din fiecare din rezistentele de mai sus, exceptie cele de la vana plana, sint conectate la un piezometru cu 12 brate care are incorporata o valva pentru admisie/evacuarea aerului in racordul superior.

Ventilul adiacent permite conectarea unei pompe de mina atunci cind este necesara modificarea nivelului la care se ridica lichidul in tuburile piezometrice astfel incit acesta sa corespunda presiunii statice din sistem.

Caderea de presiune de pe valva plana se masoara direct cu un manometru diferential.

Debitul prin circuit este reglat cu ajutorul vanei de reglare debit situata la iesirea din circuit.

7.5 Modul de desfasurare a lucrarii

- Operatii preliminarii:
 - Se aseaza modulul pentru determinarea pierderilor hidraulice locale peste canalul aflat in partea superioara a UHB, asigurindu-se orizontalitatea modulului. Furtunul flexibil de admisie al modulului se conecteaza la racordul pentru cupla rapida aflat in canal, iar capatul liber al furtunului de evacuare se introduce in rezervorul etalonat.
 - Eliminarea aerului din intreaga instalatie. Pentru aceasta:
 - se deschid complet atit vana plana cit si vana de reglare a debitului
 - se inchide robinetul de control al UHB si se porneste pompa
 - se deschide treptat robinetul de control astfel incit circuitul sa se umple cu apa si sa se elimine aerul din conducta

Pentru a evacua aerul din prizele de presiune si din manometre se inchid atit robinetul de control al UHB cit si vana de reglare a debitului si se desface surubul de purjare a aerului. Se desface capacul ventilului si printr-un tub lung si subtire se face legatura dintre valva de admisie/evacuare a aerului si rezervorul etalonat. Se deschide robinetul de control al UHB si se

permite intrarea apei in tuburile piezometrice, pentru a evacua tot aerul din acestea. Se stringe surubul de purjare a aerului si se deschid partial atat vana plana cit si cea de reglare a debitului. Apoi se redeschide treptat surubul de purjare a aerului pentru a permite intrarea aerului in racordul de la partea superioara a tuburilor piezometrice pina cind nivelul apei in acestea ajunge la mijlocul scalei, dupa care surubul se restringe. Se deschid in continuare vana plana si cea de reglare a debitului si se urmareste mentinerea nivelului apei in tuburile piezometrice astfel incit el sa se mentina in limitele citibile pe scale. Daca nivelul este prea jos se da o deschidere mai mare robinetului de control al UHB, pentru a mari presiunea statica iar daca este prea ridicat se da o deschidere mai mare vanei de reglare a debitului.

- Ajustarea nivelului apei in tuburile piezometrice si mentinerea acestuia in limitele citibile poate fi facuta in continuare utilizind pompa de mina care intra in dotarea standului. Surubul de purjare a aerului regleaza admisia aerului prin valva; de aceea el trebuie sa fie deschis atunci cind se utilizeaza pompa de mina si inchis imediat dupa pompare, pentru a se asigura mentinerea presiunii.

Pentru a verifica functionarea manometrului diferential utilizat la masurarea caderii de presiune pe vana plana, inaintea inchiderii acesteia, pentru a evita reintrarea aerului in sistem, se obtureaza tuburile flexibile care fac conexiunea intre prizele de presiune aferente cotului la 45° si manometrul diferential cu ajutorul unor cleme. Se deschid apoi robinetul de control al UHB si valva de reglare a debitului. Pe masura ce se inchide vana plana, manometrul trebuie sa indice o diferenta de presiune.

- Se inchide robinetul de control al UHB si se opreste pompa, sistemul fiind pregatit pentru inceperea masuratorilor. Acestea nu se pot face simultan pentru toate cele sapte rezistente legate in serie, de aceea masuratorile pentru valva plana se vor face separat.
- Efectuarea *masuratorilor pentru toate rezistentele cu exceptia vanei plane* care se mentine deschisa:
 - Se regleaza debitul cu ajutorul vanei de reglare a debitului
 - Pentru un anumit debit reglat, dupa stabilizarea curgerii si implicit a nivelului apei in tuburile piezometrice, se citesc inaltimile h_1 si h_2 ale coloanelor de apa din tuburile legate la prizele de presiunea statica din amonte respectiv aval aferente fiecărei rezistentă.
 - Se cronometreaza timpul t in care un volum V de apa se aduna in rezervorul etalonat. Pentru aceasta se verifica inchiderea supapei de evacuare (supapa cu bila) si se

urmărește nivelul lichidului pe sticla de nivel, gradată în unități de volum, de pe partea frontală a UHB. Pentru a minimiza erorile în determinarea debitului prin această metodă directă, timp cronometrati trebuie să fie mai mari decât un minut.

- Se repetă pașii de mai sus pentru alte cinci valori ale debitului, astfel încât acestea să fie cuprinse în intervalul 8-17 l/min.

Pentru cazul celui mai mic debit reglat se va măsura și temperatura lichidului, valoarea acestei fiind necesară pentru stabilirea valorii viscozității cinematice a apei (conform Anexei 1) și calculării ulterioare a valorii numărului Reynolds.

Se trece la efectuarea *masuratorilor pentru vana plană*:

- Se obținează tuburile flexibile care fac legătura între prizele de presiune aferente cotelui la 45° și manometrul diferențial
- Se închide, pentru început, valva plană și se deschid complet atât valva de reglare a debitului cât și robinetul de control al UHB
- Se deschide valva plană, dându-i-se o deschidere corespunzătoare la aproximativ 50% dintr-o rotație. Pentru această deschidere a valvei plane se vor stabili, cu ajutorul valvei de reglare a debitului, cel puțin cinci valori ale debitului pentru care se va măsura cu ajutorul manometrului diferențial căderea de presiune pe vana. Totodată se vor face măsurători pentru determinarea debitului. Deschiderea valvei plane nu se va modifica odată ce a început măsurătoarea pentru un anumit debit.
- Se repetă cele de mai sus, dând vanei plane deschideri corespunzătoare la 70% respectiv 80% dintr-o rotație.

7.6 Prelucrarea rezultatelor

Pierderile hidraulice se vor determina în cazul tuturor rezistențelor, cu excepția valvei plane, ca diferența între înălțimile h_1 și h_2 la care se ridică lichidul în tuburile piezometrice legate la priza amonte respectiv aval de fiecare rezistență.

În cazul coturilor pierderea hidraulică locală se determină cu relația:

$$h_{loc} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{h_1 - h_2}{\gamma} = \frac{\Delta h}{\gamma} \quad (7.7)$$

În cazul destinderii și al contractiei se ține cont că, față de cazul discutat în partea de considerații teoretice, în sistem apare o modificare suplimentară a pierderii hidraulice ca urmare a modificării ariei. Astfel, dacă ținem cont că vitezele medii v_1 și v_2 care apar în relația (7.4) nu mai sînt egale atunci relația (7.5) se va scrie:

$$h_{loc} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \quad (7.8)$$

$$\text{Pierdere suplimentara : } h_{p0} = \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \quad (7.9)$$

trebuie adaugata la caderea de presiune citita , in vederea determinarii coeficientului de pierdere locala.

Astfel, in cazul destinderii si al contractiei pierdere locala se determina cu relatia:

$$h_{loc} = h_1 - h_2 + h_{p0} = \Delta h + h_{p0} \quad (7.10)$$

De remarcat ca diferenta $h_1 - h_2$ va fi negativa pentru destindere iar marimea h_{p0} va fi negativa pentru contractie.

In cazul vanei plane unde masurarea diferentei de presiune se face direct cu manometrul diferential se va considera (conform etalonarii producatorului) ca $1\text{bar} = 10,2 \text{ mH}_2\text{O}$

Debitul se va calcula in fiecare caz cu relatia:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (7.11)$$

Vitezele se vor calcula din ecuatia de continuitate, luind in considerare diametrul corespunzator sectiunii tronsonului pe care se urmareste determinarea vitezei.

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (7.12)$$

$$\text{Numarul Reynolds se calculeaza cu relatia: } Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (7.13)$$

in care valoarea viscozitatii cinematice ν corespunzatoare temperaturii apei, se alege din Anexa 1.

Coeficientul de rezistenta locala se va determina cu relatia:

$$\zeta = 2g \frac{h_{loc}}{v^2} \quad (7.14)$$

cu mentiunea ca pentru cazul destinderii si al contractiei se va lua in considerare viteza din aval de rezistenta.

Dupa efectuarea calculului si completarea tabelului cu rezultate se vor reprezenta grafic

dependentele : $\Delta h = f\left(\frac{v^2}{2g}\right)$ si $\zeta = f(Q)$.

