

Dr. ing. MIHAI D. L. ȚĂLU

Dr. ing. MIHAI D. L. ȚĂLU

**PIERDERI DE PRESIUNE HIDRAULICĂ
ÎN CONDUCTE TEHNICE CU SECȚIUNE INELARĂ.
CALCUL NUMERIC ȘI ANALIZĂ C.F.D.**



Editura Universitaria
Craiova, 2016

Referenți științifici:

Prof. dr.ing. Dumitru Costel, Universitatea din Craiova,
Facultatea de Mecanică
Conf. dr.ing. Tică Bebe, Universitatea din Craiova,
Facultatea de Mecanică
Conf.dr.ing. Neagoe Dumitru, Universitatea din Craiova,
Facultatea de Mecanică

Copyright © 2016 Mihai D. L. Țălu
Toate drepturile rezervate autorului

All rights reserved for the autor. Printed in Romania. No parts of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of autor.

Coperta: Conf. dr.ing. Țălu D. L. Mihai

Editura UNIVERSITARIA este acreditată C.N.C.S.I.S. (Consiliul Național al Cercetării Științifice din Învățământul Superior). Cod 130, pagina WEB: http://cis01.central.ucv.ro/editura_universitaria/

Bun de tipar: 20.08. 2014. Apărut 05.12.2016.

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
ȚĂLU, MIHAI

Pierderi de presiune hidraulică în conducte tehnice cu secțiune inelară : calcul numeric și analiză C.F.D. / Mihai D. L. Țălu. - Craiova : Universitaria, 2016
Conține bibliografie
ISBN 978-606-14-1111-5

CAPITOLUL 1

CALCULUL CĂDERILOR DE PRESIUNE ÎN CONDUCTE CU SECȚIUNE INELAR-CENTRICĂ.

1.0 Generalități.

Schița unei conducte cu secțiune inelar - centrică prin care s-a realizat o secțiune verticală care conține axa de simetrie longitudinală este prezentată în fig.1.1.

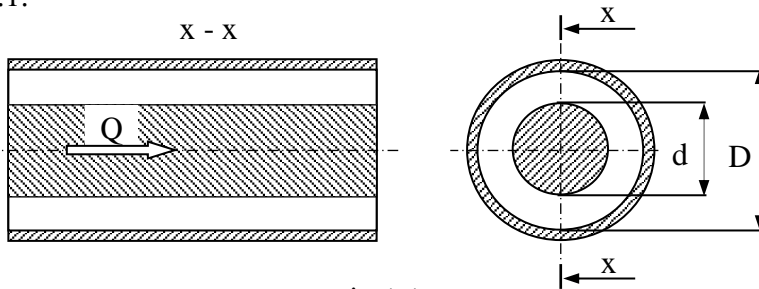


Fig.1.1

Modelarea spațială a conductei, necesară pentru realizarea studiului curgerii fluidului în interiorul ei, este prezentată în fig.1.2.

Studiul se va face cu ajutorul metodei elementui finit.

Se observă că avem o conductă realizată cu pereți transparenti, fapt care permite înțelegerea facilă a realizării ei constructive și vizualizarea câmpurilor de distribuție a mărimilor fizice implicate în curgere, fig.1.2.

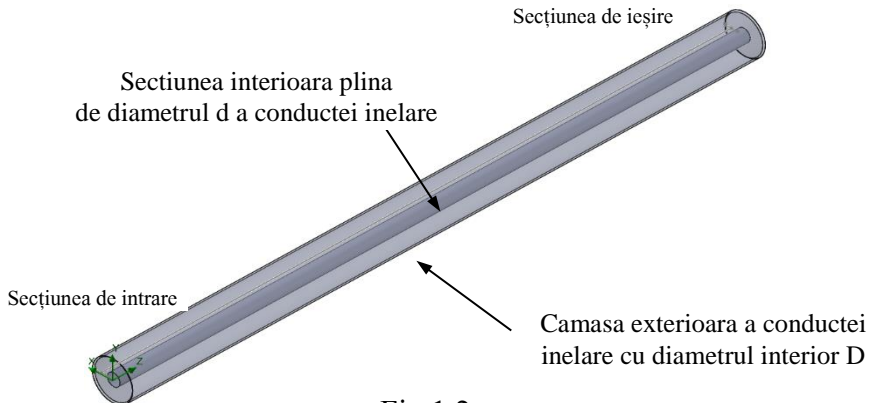


Fig.1.2

În cazul conductei inelar-centrice diametrul hidraulic se calculează cu următoarea formulă:

$$d_H = D - d \quad (1.1)$$

Cum avem două mărimi de aceeași natură și anume:

- d , diametrul minim al fantei;
 - D , diametrul maxim al fantei inelar- centrice.
- se va introduce mărimea adimensională de tipul:

$$\mathbf{u} = \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{D}} \quad (1.2)$$

Aceasta are plaja de variație cuprinsă între limitele $\mathbf{u} \in (0,1)$ și permite simplificarea formelor de calcul ale mărimilor care descriu curgerea în cazul acestei conducte.

Regimul de curgere în conductă se determină cu ajutorul criteriului Reynolds care are formula de calcul următoare:

$$\text{Re} = \frac{4\mathbf{Q}}{\pi\mathbf{D}\mathbf{v}(1-\mathbf{u})} \quad (1.3)$$

Căderea de presiune uniform distribuită longitudinal se determină cu ajutorul formulei Darcy, în care se introduc relații de calcul diferite ale coeficientului λ ce corespund regimurilor de curgere diferite care apar în conductă.

Ca urmare se vor prezenta în continuare relațiile de calcul ale căderii de presiune în care s-a înlocuit formula de calcul a diametrului hidraulic a conductei inelar-centrice.

1.1 Regimul de curgere laminar

Caracteristic acestui regim de curgere este faptul că numărul Reynolds este sub $Re \leq 2000$.

Pentru o curgere fără fenomene termice coeficientul Darcy se calculează cu relația G.Hagen - J.L.M.Poiseuille:

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{16\pi D\nu(1-u)}{Q} \quad (1.4)$$

Secțiunea conductei diferită de cea circulară, implică utilizarea unui coeficient de corecție a coeficientului λ , notat cu $K_{\lambda L}(u)$, care se calculează cu formula:

$$K_{\lambda L} = \frac{1-u^2}{1+u^2 + \frac{1-u^2}{\ln u}} \quad (1.5)$$

După cum se vede acest coeficient de corecție este o mărime strict dependentă de dimensiunile geometrice ale secțiunii transversale a conductei.

Și dacă avem în vedere că variabila u este cuprinsă între limitele $0 < u \leq 1$ se poate prezenta variația grafică a coeficientului de corecție, care prezintă forma din fig.1.3.

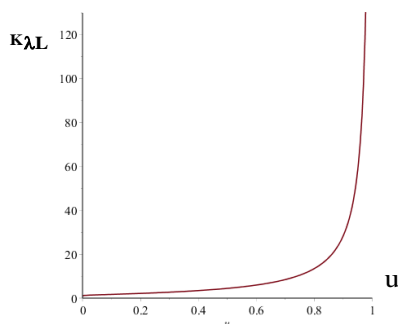


Fig.1.3

Formula de calcul a pierderii de presiune pe conducta cu secțiune inelar-centrică în cazul regimului laminar este următoarea:

$$\Delta p_L = \frac{128\rho\nu L}{\pi D^4} \frac{(1-u^2)}{\left[1+u^2 + \frac{1-u^2}{\ln u}\right](1-u)^4} Q \quad (1.6)$$

Dacă se prelucrează această formulă separând elementele adimensionale se obține forma din (1.7):

$$\Delta p_L = \frac{128 \cdot (1 - u^2)}{\left[1 + u^2 + \frac{1 - u^2}{\ln u} \right] \cdot \pi \cdot (1 - u)^4} \cdot \frac{\rho v L Q}{D^4} \quad (1.7)$$

sau forma echivalentă:

$$\Delta p_L = k_1 \cdot \frac{\rho v L Q}{D^4} \quad (1.8)$$

Prin indentificare din ultimile două formule: (1.7) și (1.8) se obține coeficientul de multiplicare a căderii de presiune care are următoarea formulă de calcul:

$$k_1 = \frac{128 \cdot (1 - u^2)}{\left[1 + u^2 + \frac{1 - u^2}{\ln u} \right] \cdot \pi \cdot (1 - u)^4} \quad (1.9)$$

Analiza coeficientului arată o dependență neliniară de variabila independentă u , iar graficul de variație al acestuia este dat în fig.1.4.

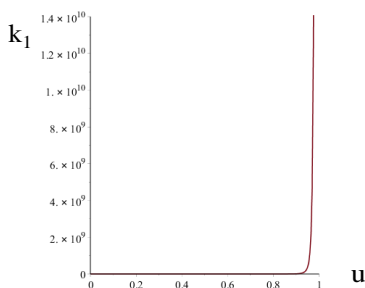


Fig.1.4

Coeficientul de multiplicare a căderii de presiune stabilește relația de proporționalitate direct proporțională a căderii de presiune cu termenul $\frac{\rho v L Q}{D^4}$

În funcție de natura regimului de curgere se face o corecție coeficientului λ , iar lucrarea /4/ indică sub formă tabelară valoarea acestui coeficient de corecție $K_{\lambda L}(u)$ în raport cu variabila independentă u , tab.1.1.

Tab.1.1

u	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1
$K_{\lambda L}$	1	1.4	1.45	1.47	1.48	1.485	1.49	1.494	1.497	1.5

Folosirea metodei de interpolare cu funcții spline de ordinul 4 pentru deducerea unei funcții analitice de calcul a coeficientului $K_{\lambda L}(u)$, conduce la următorul rezultat:

$$K_{\lambda L}(u) = \begin{cases} -817.24 x^4 + 1. + 4.7156 x & x < 0.05000 \\ 807.87 x^4 - 325.02 x^3 + 24.377 x^2 + 3.9031 x + 1.0101 & x < 0.15000 \\ -531.66 x^4 + 478.71 x^3 - 156.46 x^2 + 21.985 x + 0.33226 & x < 0.25000 \\ 182.47 x^4 - 235.42 x^3 + 111.35 x^2 - 22.650 x + 3.1224 & x < 0.35000 \\ -64.180 x^4 + 109.88 x^3 - 69.938 x^2 + 19.649 x - 0.57887 & x < 0.45000 \\ 18.106 x^4 - 38.234 x^3 + 30.037 x^2 - 10.343 x + 2.7950 & x < 0.55000 \\ -5.0669 x^4 + 12.747 x^3 - 12.022 x^2 + 5.0794 x + 0.67373 & x < 0.65000 \\ 1.0932 x^4 - 3.2693 x^3 + 3.5935 x^2 - 1.6877 x + 1.7733 & x < 0.75000 \\ 0.29536 x^4 - 0.87562 x^3 + 0.90060 x^2 - 0.3411 x + 1.5209 & x < 0.90000 \\ -0.46915 x^4 + 1.8766 x^3 - 2.8150 x^2 + 1.8883 x + 1.0192 & otherwise \end{cases} \quad (1.10)$$

Reprezentarea grafică a funcției obținută prin interpolare care descrie variația lui $K_{\lambda L}(u)$ împreună cu punctele care au stat la baza interpolării este dată în fig.1.5.

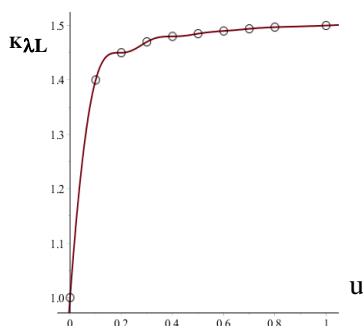


Fig.1.5

După introducerea factorului de corecție a coeficientului λ , formula de calcul a căderii de presiune capătă forma:

$$\Delta p_L = K_{\lambda SL} \frac{128 \cdot (1 - u^2)}{\left[1 + u^2 + \frac{1 - u^2}{\ln u} \right] \cdot \pi \cdot (1 - u)^4} \cdot \frac{\rho v L Q}{D^4} \quad (1.11)$$

Pentru calculul căderii de presiune într-o conductă cu secțiune transversală de tip fantă inelar-centrică unde avem un regim de curgere: laminar, de tranziție sau turbulent, s-a conceput în limbaj de programare a softului matematic Maple2016, următorul program de calcul numeric.

PROGRAMUL P1

```
> restart; with(plots);
> Q :=; D0 :=; d0 :=; u := d0/D0;d := D0-d0;L:= ;
> K_L := (-u^2+1)/(1+u^2+(-u^2+1)/ln(u));
> S :=[solve(x =(0.2e-1*u+.98)*(1/x+.1-.27*u), x)];
> K_T := S[1]; deltaa :=; k := deltaa*d; nu :=;
> Rey := evalf(4*Q/(Pi*d*nu));
> vm := evalf(4*Q/(Pi*d^2));
> rho :=;
> Rey0 := 754*exp(0.65e-2/deltaa);
> Rey1 := 1160/deltaa^.11;
> Rey2 := 2090/deltaa^0.635e-1;
> Rey1cr := 15/deltaa;
> Rey2cr := 560/deltaa;
> if Rey < 2000 then Lambda0 := 64/Rey else Lambda0
:= 100 end if;
> lambda11 := 4.4*exp(-0.275e-2/deltaa)/Rey^.595;
> if `and`(`and`(Rey > 2000, Rey > Rey0), Rey < Rey1)
then Lambda11 := lambda11 else Lambda11 := 100 end
if;
> lambda21 := (.145*deltaa^.244-0.758e-1+0.109e-
1/deltaa^.286)*exp(-(0.17e-2*(Rey2-Rey))^2)+0.758e-
1-0.109e-1/deltaa^.286;
> if `and`(`and`(`and`(Rey > 2000, Rey > Rey1), Rey
< Rey2), deltaa >= 0.7e-2) then Lambda21 := lambda21
else Lambda21 := 100 end if;
> lambda22 := (7.244/Rey^.643-0.32e-1)*exp(-(0.17e-
2*(Rey2-Rey))^2)+0.32e-1;
> if `and`(`and`(`and`(Rey > 2000, Rey > Rey1), Rey
< Rey2), deltaa < 0.7e-2) then Lambda22 := lambda22
else Lambda22 := 100 end if;
> lambda3 := 1/(1.8*log10(Rey)-1.5)^2;
> if `and`(`and`(Rey > 2000, Rey > Rey2), Rey <
Rey1cr) then Lambda3 := lambda3 else Lambda3 := 100
end if;
> lambda5 := 1/(1.8*log10(8.3/deltaa))^2;
> if `and`(Rey > Rey2cr, Rey > 2000) then Lambda5 :=
lambda5 else Lambda5 := 100 end if;
> lambda4 := 1.42/log10(Rey/deltaa)^2;
> if `and`(`and`(Rey > 2000, Rey > Rey1cr), Rey <
Rey2cr) then Lambda4 := lambda4 else Lambda4 := 100
end if;
> CR_CHN := Rey*lambda3^.5*deltaa;
> CR_CHSR := Rey*lambda4^.5*deltaa;
```