CALCULUL PIERDERILOR DE PRESIUNE DISTRIBUITE ÎN CONDUCTE HIDRAULICE

Dr. ing. MIHAI D.L. ȚĂLU

CALCULUL PIERDERILOR DE PRESIUNE DISTRIBUITE ÎN CONDUCTE HIDRAULICE

Editura Universitaria
Craiova, 2016

Referenți științifici:
Prof. dr.ing. Rinderu Paul , Universitatea din Craiova, Facultatea de Mecanică
Prof. dr.ing. Vintilă Daniela, Universitatea din Craiova, Facultatea de Mecanică
Conf. dr.ing. Popescu Daniel, 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
Tehnoredactare computerizată: 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 10.06.2015.

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
ŢĂLU, MIHAI
Calculul pierderilor de presiune distribuite în conducte hidraulice /
Mihai D. L. Ţălu. - Craiova : Universitaria, 2016
Conţine bibliografie
ISBN 978-606-14-1110-8
532

CAPITOLULUL 1

REGIMURI DE CURGERE
ÎN CONDUCTE HIDRAULICE.

Calculul pierderilor de presiune în conducte este legată în primul rând de stabilirea regimului de curgere a fluidului iar în cadrul regimurilor de curgere, domeniul în care este asociat.

Sintetic literatura de specialitate menționează trei regimuri și anume:

- Regimul curgerii laminare (RL);
- Regimul curgerii de tranziție / sau regimul critic/ (RTR)
- Regimul curgerii turbulente (RT).

În cadrul fiecărui regim de curgere în funcție de parametrii fizici care caracterizează fluidul și de parametrii geometrici ai suprafeței cu care este în contact cu fluidul, sunt prezentate relații de dependență ale variației coeficientul lui Darcy / denumit și parametrul λ / pe următoarele domenii:

- I, în regim de curgere laminară, domeniul curgerii laminare
- II, în regim de curgere de tranziție, domeniul curgerii de tranziție:
- III, în regim de curgere turbulentă,
  - domeniul curgerii turbulente cu pereți netezi, conducte hidraulice netede (CHN)
  - domeniul curgerii turbulente cu pereți semirugoși, conducte hidraulice semirugoase (CHSR)
  - domeniul curgerii turbulente cu pereți rugoși, conducte hidraulice rugoase (CHR)

Fiecare regim de curgere este caracterizat printr-o serie de elemente distincte care face diferența între el și regimurile alăturate.

În curgerea laminară stabilă liniile de curent au traiectorii paralele, iar elementele de fluid se atașază la suprafața obstacolelor fără desprindere ocolindu-le lin în sensul direcției de curgere.

Nu același lucru se poate spune în curgerea de tranziție și mai ales în cazul curgerii turbulente în care elementele de fluid se mișcă pe traiectorii spațiale complexe, haotic, în sensul direcției de curgere sau contrar în cazul turbioanelor cu schimb de substanță intens între straturile de fluid alăturate.

Problema stabilirii apartenenței la un regim de curgere se face cu ajutorul unui criteriu adimensional denumit criteriul Reynolds , sau numărul

Reynolds, care depinde de o serie de mărimi fizice implicate în fenomenul de curgere.

Valoarea numărului Reynolds care stabilește finalizarea curgerii laminare nu este unică, iar după unii autori în cazul conductei cu secțiune circulară acesta este cuprins între limitele:

$$Re = 2000 - 2300 \tag{1.1}$$

Mai mult tranziția de la curgerea laminară la curgerea de tranziție și în revers de la curgerea de tranziție la curgerea laminară , arată experimental că avem numere Reynolds diferite de graniță.

La trecerea de la regimul de curgere laminar către regimul de curgere turbulent avem numărul Reynolds critic inferior Re_{inf} , iar la trecerea de la regim de curgere turbulent către regimul de curgere laminar avem numărul Reynolds critic superior $Re_{sup.}$

Acestea numere sunt diferite valoric: $Re_{inf} \neq Re_{sup}$

Indiferent de tipul rugozității conductei: uniforme sau neuniforme / care uzual mai este denumită și ca rugozitate tehnică/ avem regimul de curgere critic /sau regimul de tranziție / care este legat de geometria conductei și rugozitatea ei.

În cazul particular a unei conductei circulare valoarea numărului Reynolds este cuprins între limitele:

$$Re = 2000 - 4000 \tag{1.2}$$

Formulele de calcul aferente regimului de tranziție, după unii autori sunt simplificate prin ignorare, nominalizând direct o valoare de graniță de aproximativ Re = 2300 , care separă curgerea laminară de curgerea turbulentă după eliminarea curgerii de tranziție.

În orice regim de curgere putem întâlni o curgere de stabilizată și o curgere nestabilizată.

În curgerea stabilizată laminară avem o lege de distribuție a vitezelor pe secțiunea transversală a conductei circulere de tip parabolic, iar în regimul de curgere turbulent o lege de distribuție a vitezelor logaritmică sau una exponențială.

Regimul laminar la care curgerea se face după o lege de distribuție a vitezei de tip parabolică aceasta are forma:

$$\frac{\mathbf{v}}{\mathbf{v}_{max}} = 1 - \left(\frac{\mathbf{r}}{\mathbf{r}_0}\right)^2 \tag{1.3}$$

mărimile întâlnite în formulă având următoarea semnificație:

-v, viteza calculată la raza curentă r;

-v_{max} , viteza maximă;

- r_0 , raza conductei

Pentru a studia mai ușor variația grafică a vitezei în exprimarea din formulă s-au introdus o serie de mărimi adimensionale după cum urmează.

Raza relativă, este notată cu $\bar{\mathbf{r}} = \frac{\mathbf{r}}{\mathbf{r}_0}$, având o variație a lui $\bar{r}$, între limitele $\bar{\mathbf{r}} \in [0..1]$.

Viteza relativă s-a notat cu $\bar{\mathbf{v}} = \frac{\mathbf{v}}{\mathbf{v}_{max}}$ și ia variază între $\bar{\mathbf{v}} \in [0..1]$.

Legea de variația a vitezei de tip parabolic în acest caz capătă forma:

$$\bar{\mathbf{v}} = 1 - \bar{\mathbf{r}}^2 \tag{1.4}$$

și are graficul implicit din fig.1.1.

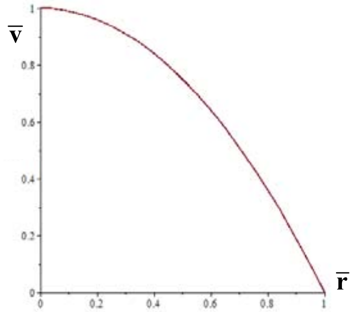

Fig.1.1

Dacă considerăm ca funcție de variație, forma obținută prin trecerea tuturor termenilor din relația (1.4) în membrul drept, a se obține o funcție de dependentă de forma:

$$F(\bar{v}, \bar{r}) = 1 - \bar{r}^2 - \bar{v} = 0 \tag{1.5}$$

a cărui grafic este dat în fig.1.2.

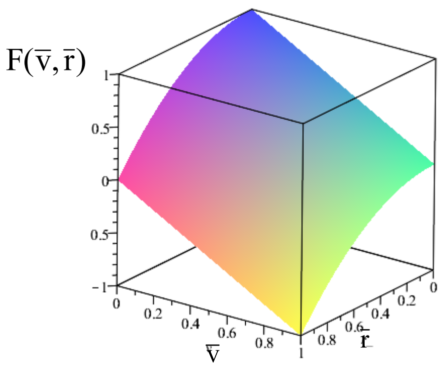

Fig.1.2

Studiul variație funcției $F(\overline{v},\overline{r})$ se face mai ușor prin fixarea valorică a uneia dintre variabile și permisia variației celeilante variabile în plaja ei de valori permisă.

Astfel dacă se face studiul variației lui $F(\overline{v},\overline{r})=0$, în care dăm o valoare fixă a parametrului adimensional $\overline{v}=[0..1]$ și permitem variația parametrului între limitele $\overline{r}=[0..1]$, vor rezulta următoarele grafice $F(\overline{r})$ din: fig.1.3, .., fig.1.6

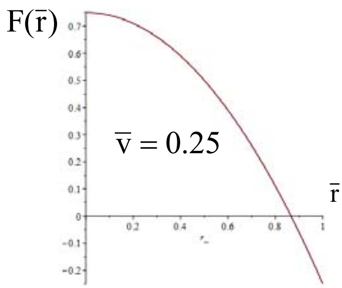

Fig.1.3

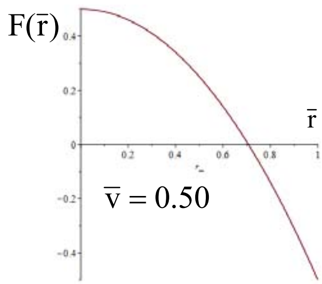

Fig.1.4

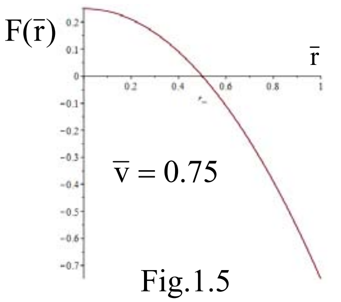

Fig.1.5

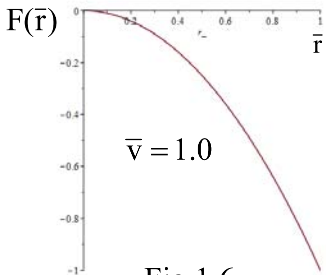

Fig.1.6

Dacă se permite variația parametrului adimensional $\overline{v}$ între limitele $\overline{v}=[0..1]$ și parametrul $\overline{r}$ ia valori fix între $\overline{r}=[0..1]$, atunci se obțin grafice de dependență $F(\overline{v})$, cu forma din: fig.1.7, .., fig.1.10.

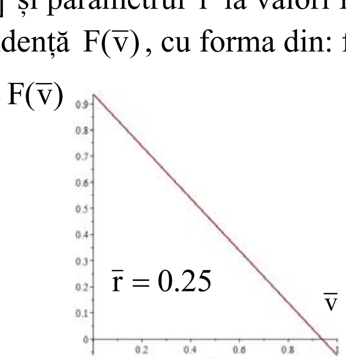

Fig.1.7

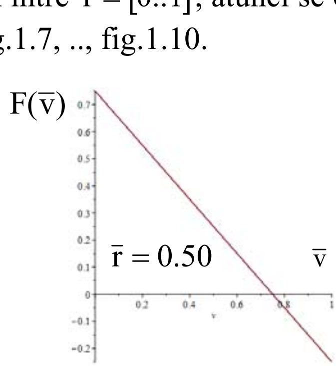

Fig.1.8

O relație importantă a vitezelor remarcabilă pentru această lege este următoarea:

$$\mathbf{v}_{med} = \frac{\mathbf{v}_{max}}{2} \tag{1.6}$$

Care apare la valoarea unei raze egale cu:

$$\mathbf{r} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \mathbf{r}_0 \tag{1.7}$$

Viteza maximă a fluidului $\mathbf{v}_{max}$ este întâlnită pe axa de simetrie a conductei la valoarea razei egală cu r = 0.

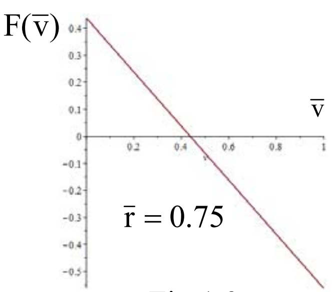

Fig.1.9

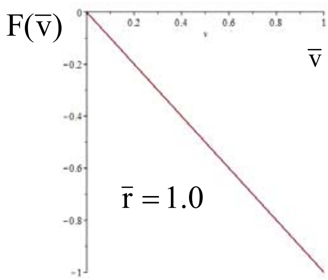

Fig.1.10

În cazul dependenței parabolice a legii de distribuție a vitezei, coeficientul neuniformității vitezei pe secțiune / sau coeficientul Coriolis/ pentru curgere laminară are valoarea $\alpha = 2$.

Formula generală de calcul a pierderilor de presiune uniform distribuite longitudinal / sau formula Darcy/ este următoarea:

$$\Delta \mathbf{p}_L = \rho \frac{\lambda \mathbf{L}}{4\mathbf{r}_H} \frac{\mathbf{v}^2}{2} \tag{1.8}$$

în care s-a notat cu:

- v, viteza medie a fluidului;
- ρ, densitatea fluidului;
- λ, coeficientul lui Darcy;
- r_H, raza hidraulică;
- L, lungimea tronsonului de conductă pe care se calculează pierderea de presiune;
- Δp_L, căderea de presiune uniform distribuită longitudinal care apare între secțiunea de intrare și secțiunea de ieșire din conductă;

Dacă se calculează raza hidraulică a secțiunii conductei r_H și este înlocuită în formula căderilor de presiune, legea de distribuției a vitezei pe secțiunea transversală, atunci formula de calcul a vitezei devine:

$$\mathbf{v} = \frac{\rho \Delta \mathbf{p_L}}{4\mathbf{L}}\left[\left(\frac{\mathbf{d}}{2}\right)^2 - \mathbf{r}^2\right] \tag{1.9}$$

Dacă se fac următoarele notații cu substituții în formula (1.9), care sunt considerate ca mărimi constante:

$$C_1 = \frac{\rho \Delta p_L}{4L} \tag{1.10}$$

$$C_2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \tag{1.11}$$

Se constată că formula vitezei din (1.9) reprezintă deasemeni o lege de distribuție parabolică: $v = C_1\left[C_2 - r^2\right]$ (1.12)

În cazul curgerii turbulent dezvoltată în conductele hidraulice sub presiune, legea de variație a vitezei are un profil logaritmic /propusă de A.D.Altșul / și ea prezintă următoarea formulă de calcul:

$$\bar{v}(\bar{r},\lambda) = 1 - 2\lg\left(\frac{\dfrac{1}{1-\bar{r}}}{\dfrac{0{,}975}{\sqrt{\lambda}} + 1{,}35}\right) \tag{1.13}$$

Aici mai intervine suplimentar un parametru adimensional numit coeficientul pierderii de sarcină uniform distribuite λ iar dacă se face un studiu de variație a acestei formule îl realizăm în acest mod.

Dacă fixăm valoric parametrul adimensional $\bar{r}$ cu valori între $\bar{r} = [0..1]$ și dăm o variație a parametrului λ între $\lambda = [0.001..0.03]$, rezultă graficele vitezei ca funcție $\bar{v}(\lambda)$ care sunt prezentate în: fig.1.11, .., fig.1.14, cu relațiile de generare atașate.

$\bar{v}(\lambda)$

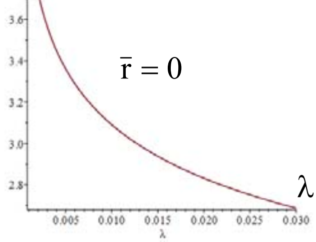

Fig.1.11

$\bar{v}(\lambda)$

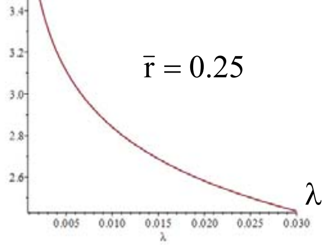

Fig.1.12