



A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2017

CALCULUL COEFICIENTULUI DE CONTRACȚIE AL UNUI ORIFICIU ȘI REPREZENTAREA GRAFICĂ A REZULTATELOR CU PROGRAMUL SIGMA PLOT

Lucian MÂNDREA, Sanda BUDEA

THE CALCULUS OF THE CONTRACTION COEFFICIENT OF AN ORIFICE AND THE GRAPHICAL RESULTS REPRESENTATION WITH SIGMA PLOT PROGRAMME

This paper presents the continuation of the studies from the last two articles presented at the last two Sebeș conferences. The authors used the same numerical method to integrate the Navier-Stokes equations and the presentation is done this time using a Sigma Plot programme. The study is performed with a combination of symmetric and asymmetric orifices at the same Reynolds number. The authors used again the method of finite differences to determine the flow through a tank and through the contracted section of the liquid passing an orifice.

Keywords: flow coefficient, current lines, symmetrical orifice, asymmetrical orifice, hydrodynamic spectrum, numerical methods

Cuvinte cheie: coeficient de debit, linii de curent, orificiu simetric, orificiu asimetric, spectru hidrodynamic, metode numerice

1. Introducere

Lucrarea continuă studiile prezentate la ultimele două conferințe ale hidroenergeticienilor și se încadrează în domeniul analizei numerice și de aplicare a disciplinei mecanica fluidelor. Autorii au integrat numeric sistemul de ecuații Navier-Stokes în scopul obținerii

spectrului hidrodinamic al curgerii dat de valorile funcției de curent în tot domeniul de curgere. Utilizând ulterior programul Sigma Plot s-a obținut o reprezentare grafică foarte sugestivă și utilă a formei liniilor de curent.

Studiind forma liniilor de curent în vecinătatea orificiului inferior din rezervor și extrapolând forma acestora în afara rezervorului pe traseul de evacuare a lichidului, a fost determinat coeficientul de contracție în fiecare caz.

Acesta a fost determinat la diverse distanțe de orificiul constructiv plasat pe fundul rezervorului cilindric luat în considerare.

Autorii au ținut cont din nou de convergența și stabilitatea soluțiilor [1], [2]. Se utilizează metoda diferențelor finite pentru integrarea ecuațiilor Navier-Stokes iar rezultatele sunt obținute pentru curgerea la numărul Reynolds $Re = 700$ în fiecare din cele trei cazuri analizate.

2. Soluția numerică a curgerii

Se utilizează un rezervor cu suprafață liberă alimentat pe la partea superioară și prevăzut cu un orificiu inferior plasat central sau asimetric față de axa verticală.

Deoarece rezervorul este cilindric, se poate analiza curgerea fluidului într-un plan vertical ce trece prin axa rezervorului.

Cu alte cuvinte se poate face o integrare numerică pentru o curgere bidimensională a fluidului.

Se prezintă întregul spectru colorat al liniilor de curent cu ajutorul programului Sigma Plot.

Ca și în studiile anterioare ale autorilor [3], [4], [5], [6], [7], [8], se consideră că mișcarea fazei lichide este permanentă și axial simetrică.

Se adimensionalizează ecuațiile de curgere ale lichidului, se utilizează dezvoltările Taylor finite pentru funcția de curent adimensională și din ecuația algebrică asociată ecuației cu derivate parțiale se obține prin integrare numerică în final spectrul hidrodinamic al curgerii. Calculul se face iterativ, pornind din partea stângă jos, parcurgând în sens trigonometric rezervorul și ajungând în partea stângă sus, utilizând de fiecare dată valorile funcției de curent determinate anterior.

Se consideră că precizia este suficient de bună dacă diferența a două valori succesive ale funcției de curent Ψ din fiecare punct al rețelei este inferioară valorii 0,001.

Cu alte cuvinte o precizie de 1 la mie este considerată suficientă.

3. Exemple de calcul și interpretarea rezultatelor

Primul caz corespunde curgerii printr-un rezervor cilindric cu suprafață liberă alimentat uniform pe la partea superioară printr-o curgere asemănătoare unei ploii.

Evacuarea lichidului se face prin partea inferioară a rezervorului, printr-un orificiu situat la $R/2$ de peretele vertical dreapta, unde R reprezintă raza interioară a rezervorului.

Funcția de curent Ψ ia valori între 0 și 1. Așa cum s-a precizat anterior curgerea se produce la $Re = 700$.

Spectrul hidodinamic este prezentat colorat în figura 1.

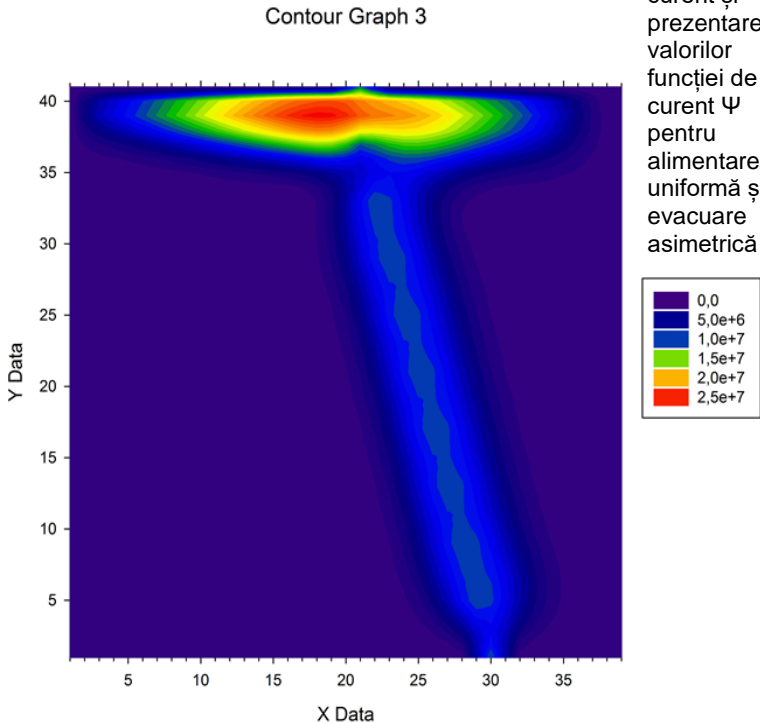


Fig.1
Vizualizarea liniilor de curent și prezentarea valorilor funcției de curent Ψ pentru alimentare uniformă și evacuare asimetrică

S-a obținut un coeficient de contracție egal cu 0,645 în zona constructivă a orificiului.

Al doilea caz corespunde curgerii printr-un rezervor cilindric cu suprafață liberă alimentat uniform pe la partea superioară tot printr-o

curgere asemănătoare unei ploii.

Evacuarea lichidului se face prin partea inferioară a rezervorului, printr-un orificiu situat central, tot pe axa de simetrie a rezervorului. Funcția de curent Ψ ia valori tot între 0 și 1, iar curgerea se produce tot la $Re = 700$.

Spectrul hidrodinamic este prezentat colorat în figura 2.

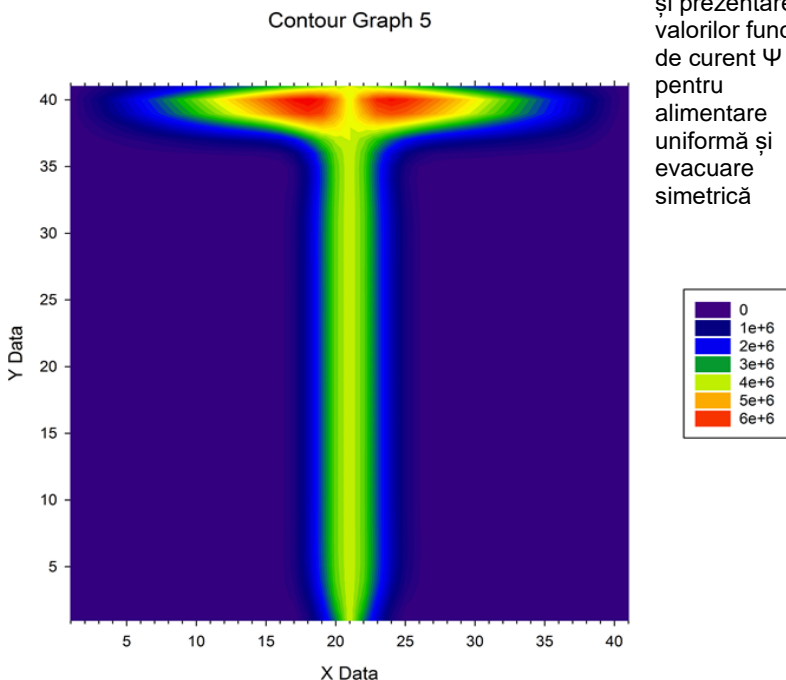


Fig.2
Vizualizarea liniilor de curent și prezentarea valorilor funcției de curent Ψ pentru alimentare uniformă și evacuare simetrică

S-a obținut un coeficient de contracție egal cu 0,615 în zona constructivă a orificiului.

Al treilea caz corespunde curgerii printr-un rezervor cilindric cu suprafață liberă alimentat printr-un orificiu central plasat la partea superioară, pe axa de simetrie a rezervorului.

Evacuarea lichidului se face prin partea inferioară a rezervorului, printr-un orificiu situat central, tot pe axa de simetrie a rezervorului.

Funcția de curent Ψ ia valori tot între 0 și 1, iar curgerea se produce tot la $Re = 700$.

Spectrul hidrodinamic este prezentat colorat în figura 3.

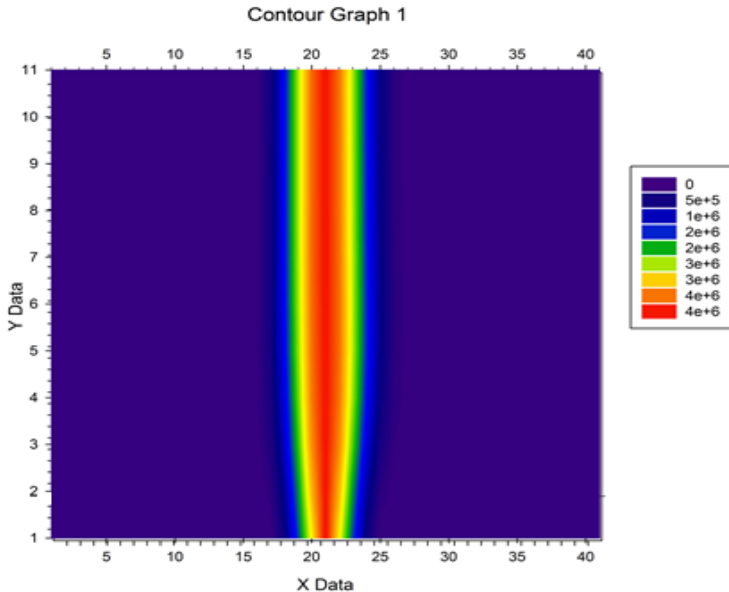


Fig. 3 Vizualizarea liniilor de curent și prezentarea valorilor funcției de curent Ψ pentru alimentare simetrică și evacuare simetrică

S-a obținut un coeficient de contracție egal cu 0,628 în zona constructivă a orificiului.

Valorile coeficientului de contracție la diverse depărtări de orificiul constructiv sunt prezentate în tabelul următor.

	Cazul 1	Cazul 2	Cazul 3
Frontieră rezervor	0,645	0,615	0,628
0,5 D	0,65	0,62	0,633
1 D	0,66	0,625	0,639

Coeficienții au rezultat prin interpolare polinomială cu un polinom de ordin 6 a ecuațiilor liniilor de curent, cu aplicația MathCAD.

4. Concluzii

■ Utilizarea metodelor numerice reprezintă o metodă foarte convenabilă și destul de precisă pentru estimarea coeficientului de

conracție al unui orificiu pentru diverse cazuri de curgere.

■ Metoda are avantajul rezolvării problemei pentru diverse poziționări ale orificiului de evacuare și pentru diverse tipuri de alimentare și scutește personalul de realizarea a numeroase modele experimentale pentru studiul problemei pentru fiecare caz constructiv în parte.

■ Pentru cazurile analizate în lucrarea de față se observă că valorile coeficientului de debit variază în general între 0,615 și 0,66, deci este necesară analiza fiecărui caz practic de poziționare a orificiului de evacuare pe baza rezervorului prin analiză numerică.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Florea, J., Panaitescu, V., *Mecanica fluidelor*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979.
- [2] Degrez, G., Dick, E., Grundmann, E., *Course of computational fluid dynamics*. Von Karman Institute for Fluid Dynamics, 1992.
- [3] Băran, G., Mândrea, L., *Studiul curgerii în reactoarele de omogenizare*, Revista Hidrotehnică nr. 2, 1998, pag. 39-44.
- [4] Băran, G., Mândrea, L., *Influența geometriei reactoarelor de omogenizare, asupra curgerii*, Revista Hidrotehnică nr. 8, 1998, pag. 147 – 149.
- [5] Mândrea, L., Băran, G., *Optimizarea formei reactoarelor de omogenizare, hidraulică*, Revista Hidrotehnică nr. 6, 2001, pag.187-190.
- [6] Mândrea, L., *Influența formei asupra curgerii în reactoarele de omogenizare*, Revista Hidrotehnică, Nr.4-5, Vol 56, 2011, pag. 33-37.
- [7] Mândrea, L., Voinea, A.L., *Utilizarea metodelor numerice pentru estimarea coeficientului de contracție al unui orificiu*, Conferința internațională multidisciplinară "Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești" Sebeș-Alba, 5-6 iunie, 2015, Volumul Știință și Inginerie, pag. 381-390, ISSN 2067-7138.
- [8] Mândrea, L., Voinea, A.L., *Studiul curgerii în rezervoare prevăzute cu orificii asimetrice*, Conferința internațională multidisciplinară "Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești", Sebeș-Alba, 10-11 iunie, 2016, pag. 545-550, ISSN 2067-7138.

Conf. Dr. Ing. Lucian MÂNDREA

Departamentul de Hidraulică, Mașini Hidraulice și Ingineria Mediului,
Universitatea Politehnică București, membru AGIR,
e-mail: mandrea_lucian@hotmail.com

Conf. Dr. Ing. Sanda BUDEA

Departamentul de Hidraulică, Mașini Hidraulice și Ingineria Mediului,
Universitatea Politehnică București,
e-mail: s_budea@yahoo.com