

UTILIZAREA SIMULĂRII NUMERICE ÎN CADRUL LUCRĂRILOR DE LABORATOR

THE USE OF NUMERICAL SIMULATION IN THE WORK OF LABORATORY

Conf. univ. dr. ing. Ion PANĂ

Universitatea de Petrol și Gaze din Ploiești
Ploiești, b-dul București, nr. 39, Romania
e-mail: pana.ion@upg-ploiesti.ro

Rezumat: *Articolul prezintă utilizarea unui nou instrument: modelul pompei cu jet din programul Matlab R 2011, în cadrul unei lucrări de laborator. Se realizează modelul echivalent al unui stand experimental existent în laborator și sunt evidențiate avantajele și limitele de utilizare ale acestui tip de model în activitatea didactică.*

Cuvinte cheie: *simulare numerică, pompa cu jet, programul Matlab*

Abstract: *The paper presents the using of jet pump model, a new instrument in Matlab R 2011 program, in a laboratory application. It is build the equivalent model of an existing experimental laboratory stand and they are highlighted the advantages and limits of using of this type of teaching model.*

Keywords: *numerical simulation, jet pump, Matlab program*

1. INTRODUCERE

Dezvoltarea programelor de simulare numerică, accesul on line la documentația științifică prin intermediul internetului, obligă cadrele didactice la o abordare cu permanente schimbări a modului de predare și instruire. Pentru a avea o legătură bună cu noile serii de studenți care sunt formate pe baza unei informații vizuale majoritare față de lectura unor materiale bibliografice, utilizarea prezentărilor video, a folosirii programelor de calcul se impune. Lucrarea prezintă constituie un punct de vedere referitor la această problemă, împărtășit de un număr din ce în ce mai mare de colegi. Compresoarele / pompele cu jet constituie o modalitate simplă de vehiculare a produselor lichide sau solide folosind ca agent de motor gaze sau lichide [1-4,7,9]. Există număr uriaș de lucrări științifice cu acest subiect. În domeniul petrolier aplicațiile sunt numeroase [5,6]. În cadrul lucrărilor de laborator din Universitatea de Petrol Gaze din Ploiești sunt introduse aplicații referitoare la construcția, proiectarea și exploatarea acestor agregate. O schemă de principiu a lucrării de laborator referitoare la pompa cu jet este dată în figura 1. În cadrul acestui stand o pompă cu piston de

tip duplex cu dublu efect (antrenată de un motor de curent continuu cu turație variabilă, Motor CC) acționează o pompă cu jet. Acesta vehiculează apă între rezervoarele TFE și T.

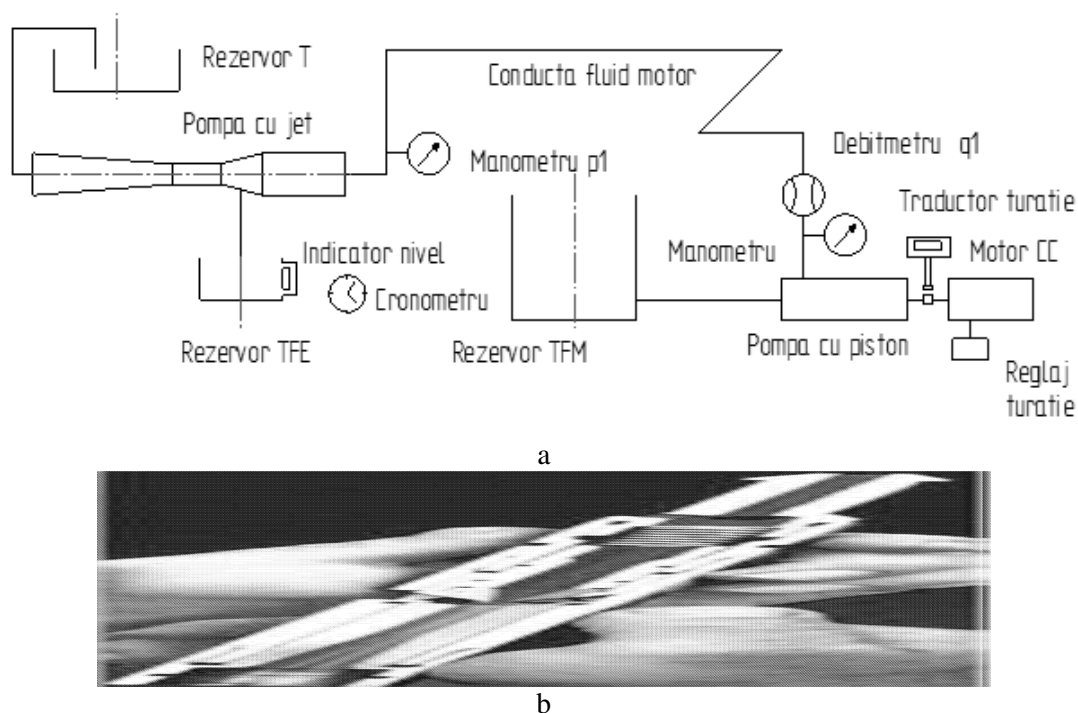


Fig. 1. Schema standului de laborator: a) elementele standului experimental; b) pompa cu jet.

Studentii determină pe baza parametrilor din sistem: presiunea la intrarea în pompa cu jet, debitul pompei cu pistoane, debitul de fluid extras, elementele geometrice ale rețelei de conducte și ale pompelor, randamentul acestui sistem de pompare. Modificările din sistem sunt obținute prin modificarea debitului la pompa cu piston. Programul Matlab cunoaște o evoluție rapidă introducând cu fiecare versiune noi mijloace de modelare a problemelor ingineresti. În ediția R 2011 a fost introdus și modelul pompei cu jet [8], a cărui utilizare face subiectul prezentei lucrări.

2. UTILIZAREA MODELULUI NUMERIC LA LUCRAREA DE LABORATOR

Modelul pompei cu jet este realizat în acord cu ecuațiile teoretice deduse în cadrul mecanicii fluidelor [2], fiind simplificat pentru o implementare simplă și stabilă fig. 2 (convergența rapidă a parametrilor de calcul în cadrul metodelor numerice utilizate în cadrul programului Matlab).

$$q_1 = \frac{A_n}{\sqrt{1+K_n}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_1 - p_0)} \quad (1) \quad q_2 = \frac{c \cdot A_n}{\sqrt{1+K_{en}}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_2 - p_0)} \quad (2)$$

$$p_d = p_0 + Z b^2 \left(\frac{2}{b} + \frac{2}{1-b} M^2 - (1 + M^2)(1 + K_{th} + K_{di} + \alpha^2) \right) \quad (3)$$

$$M = \frac{q_2}{q_1} \quad (4) \quad \alpha = \frac{A_{th}}{A_d} \quad (5) \quad b = \frac{A_n}{A_{th}} \quad (6)$$

$$c = \frac{1-b}{b} \quad (7) \quad Z = \rho \frac{V_n^2}{2} = \rho \frac{q_1^2}{2A_n^2} \quad (8) \quad \eta = \frac{q_2(p_d - p_2)}{q_1(p_1 - p_d)} \quad (9)$$

Pe baza schemei standului din fig. 1 se realizează un fișier model în Matlab folosind blocurile din biblioteca Simulink, fig. 3.

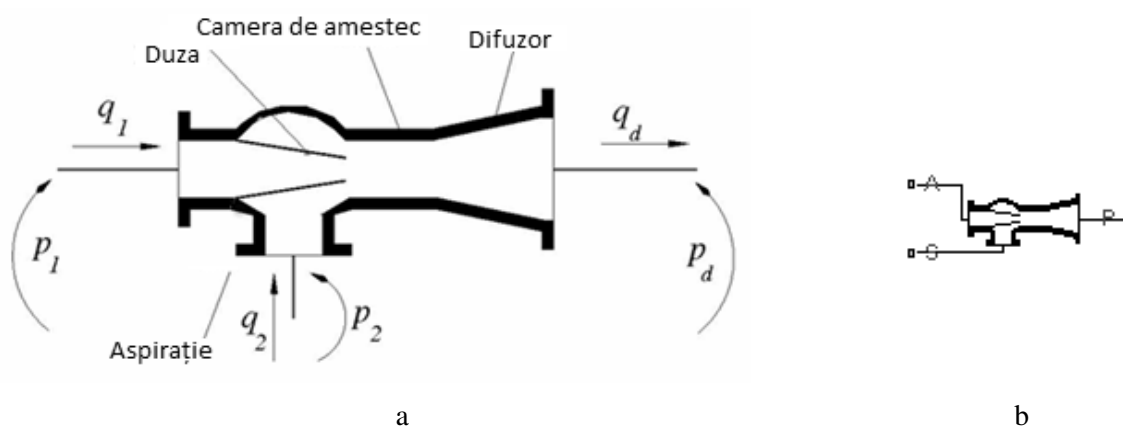


Fig. 2. Modelul Matlab al pompei cu jet: a) schema cu principalele notații; b) simbolizarea elementului.

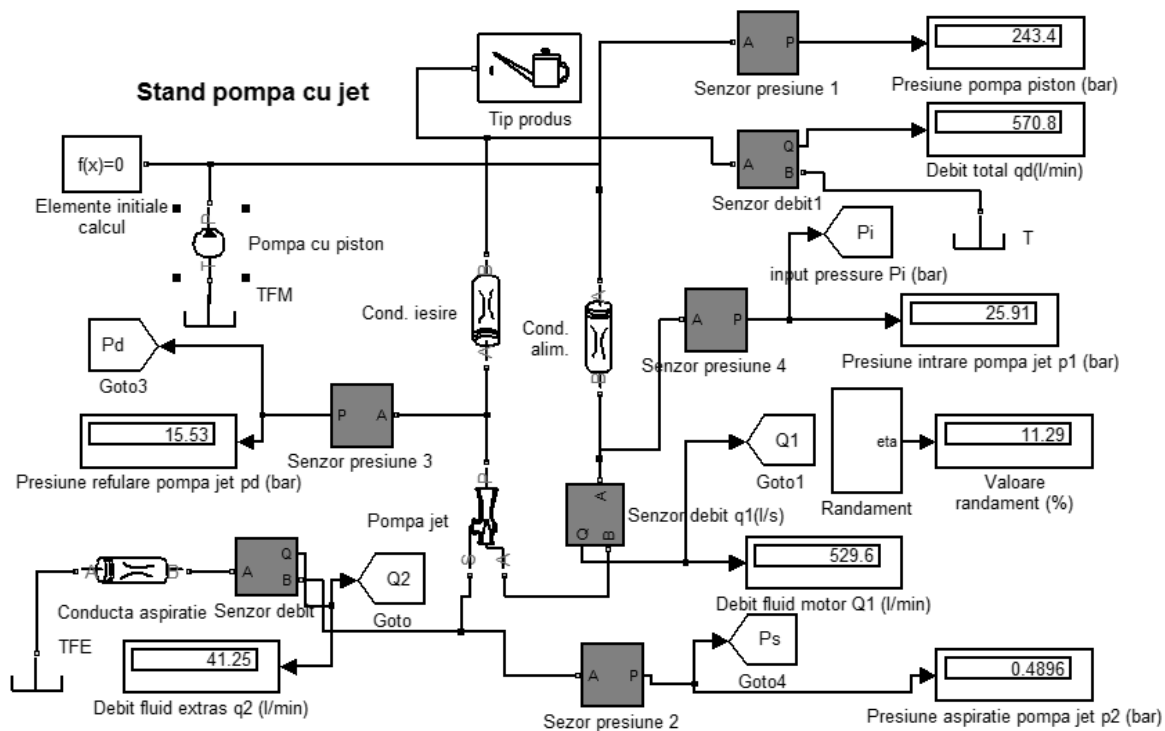


Fig. 3. Schema modelului din Simulink.

Elementul central al schemei îl constituie pompa cu jet (PJ). Parametrii PJ sunt indicați în fig. 4 și pot fi stabiliți astfel: aria duzei prin măsurarea diametrului acesteia și calcul; aria camerei de amestec prin măsurarea diametrului acesteia și calcul; raportul dintre aria difuzorului la intrare și la ieșire prin măsurarea diametrelor corespunzătoare și calcul; coeficienții de pierderi pentru duză, intrarea în camera de amestec, de-a lungul camerei de amestec și pentru difuzor sunt luați din literatura de specialitate. PJ este alimentată din rezervorul TFE (rezervorul de fluid extras) prin conducta de aspirație de către pompa cu piston (presupusă o sursă constantă de debit).

Conducta are parametrii necesari pentru calcul indicați în fig. 5. Se observă că fiecare bloc are în caseta de valori toate elementele necesare pentru definirea elementului respectiv, în vederea folosirii în modelul realizat. Pe traseul acestei conducte sunt montați: un senzor de debit (*Senzor debit*) și un senzor de presiune (*Senzor presiune 2*). În continuarea acestor instrumente sunt afișate indicatoarele numerice cu debitul de fluid extras și presiunea de aspirație. Sensorii sunt realizați astfel încât putem selecta unitatea de măsură a semnalului fizic detectat de senzor, fig. 6. Semnalele fizice sunt separate de valorile numerice (există și blocurile de transfer corespunzătoare de la valoare numerică la o mărime cu o anumită semnificație fizică și invers). Intrarea în PJ (alimentarea cu fluidul motor) se face prin conducta alimentare de la rezervorul TFM iar ieșirea amestecului prin conducta ieșire la rezervorul T (rezervoarele sunt de fapt în program elemente de referință pentru semnalele fizice). Caracteristicile acestor conducte sunt introduse prin casetele de valori (fig. 5) în acord cu dimensiunile instalației din laborator. Se observă că avem senzori de presiune pentru presiunea la ieșirea din PJ și pentru presiunea la intrarea în PJ. Sensorii sunt fixați astfel încât valoarea presiunii să fie afișată în bar, la fel ca în fig. 6 unde este exemplificat un senzor de debit. Schema este completată cu blocul pentru introducerea condițiilor numerice pentru simulare, blocul *Elemente inițiale de calcul* și blocul cu elementele caracteristice pentru fluidul de lucru (*Tip produs*): tip (apă), viscozitate, temperatură, cantitatea de aer înglobată.

Parameters

Nozzle area:	<input type="text" value="1.13"/>	<input type="text" value="cm^2"/>
Throat area:	<input type="text" value="1.32"/>	<input type="text" value="cm^2"/>
Diffuser inlet/outlet area ratio:	<input type="text" value="0.224"/>	
Nozzle loss coefficient:	<input type="text" value="0.05"/>	
Throat entry loss coefficient:	<input type="text" value="0.005"/>	
Throat loss coefficient:	<input type="text" value="0.1"/>	
Diffuser loss coefficient:	<input type="text" value="0.1"/>	

a

Parameters

Source flow rate:	<input type="text" value="0.662*70"/>	<input type="text" value="lpm"/>
-------------------	---------------------------------------	----------------------------------

b

Fig. 4. Parametrii pompelor: a)parametrii pompei cu jet; b) debitul pompei cu piston.

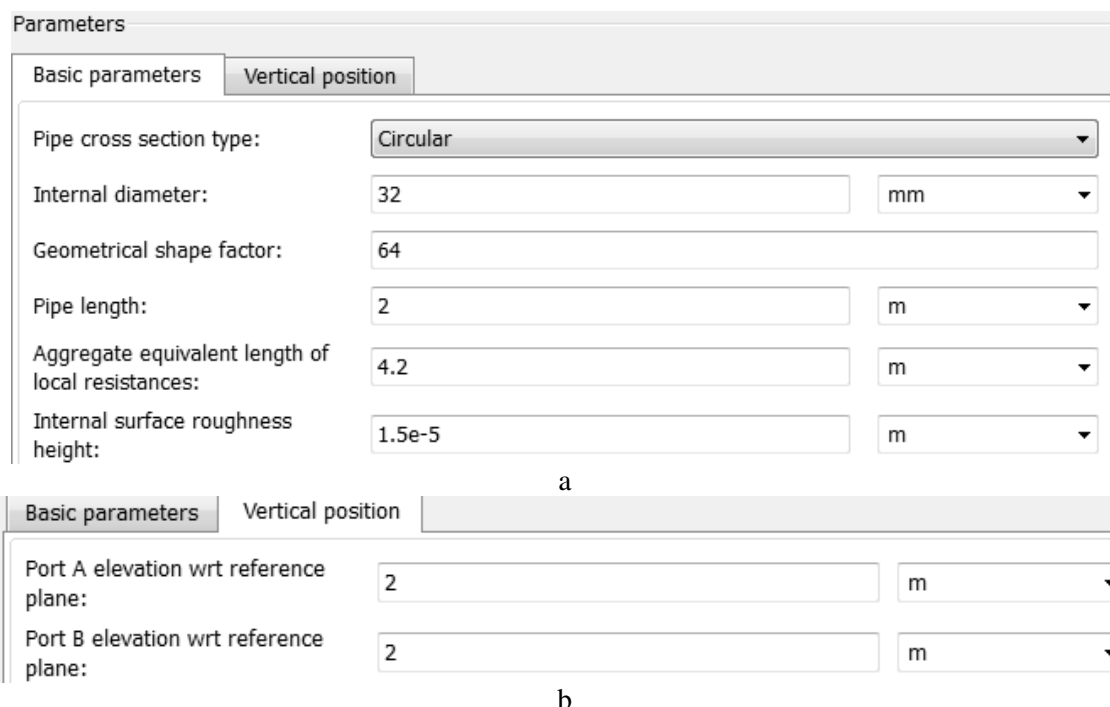


Fig. 5. Parametrii conductei: a) caracteristicile geometrice ale conductei; b) cotele de amplasare pentru extremitățile conductei.

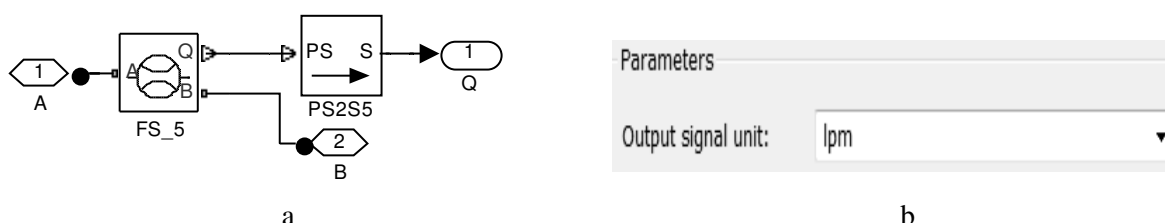


Fig. 6. Modelul senzorului de debit (a) și posibilitatea de fixare a unității de măsură pentru semnalul de ieșire.

Prin mijloace simple se poate realiza astfel un model similar standului, cu caracteristicile acestuia obținute prin măsurarea elementelor geometrice sau printr-un calcul hidraulic (de exemplu lungimea echivalentă a armăturilor de pe traseu). Pentru o modelare mai simplă putem introduce câteva armături existente în biblioteca programului și renunțăm la acest calcul. O idee bună constă în evitarea oricărui calcul și utilizarea exclusivă a blocurilor din bibliotecă. Foarte importante sunt instrumentele de măsură cu care putem vizualiza imediat valorile simulării numerice. Modelul este completat cu subsistemul pentru calculul randamentului *Randament* fig. 7. Sunt folosite blocurile *Goto* și *From* pentru preluarea unui semnal și transmiterea lui în alt punct al schemei, fără conectarea elementelor respective printr-o linie de comunicație. Acest aspect simplifică schema și o face mai ușor de urmărit. Utilizând modelul pentru elementele geometrice ale standului din fig. 1, se obțin rezultatele din tab. 1. Randamentul redus este explicabil prin folosirea unei PJ industriale pe standul de laborator la care parametrii de utilizare sunt mult diferiți.

Rezultatele utilizării modelului

Q1	Q2	Pd	Ps	Pi	Pp	Eta
l/min	l/min	bar	bar	bar	bar	%
26,48	3,73	0,01	0,009	0,033	0,239	0,64
33,1	4,53	0,016	0,009	0,055	0,310	2,18
39,72	5,35	0,022	0,009	0,079	0,395	2,29
46,34	6,18	0,029	0,009	0,106	0,494	3,33

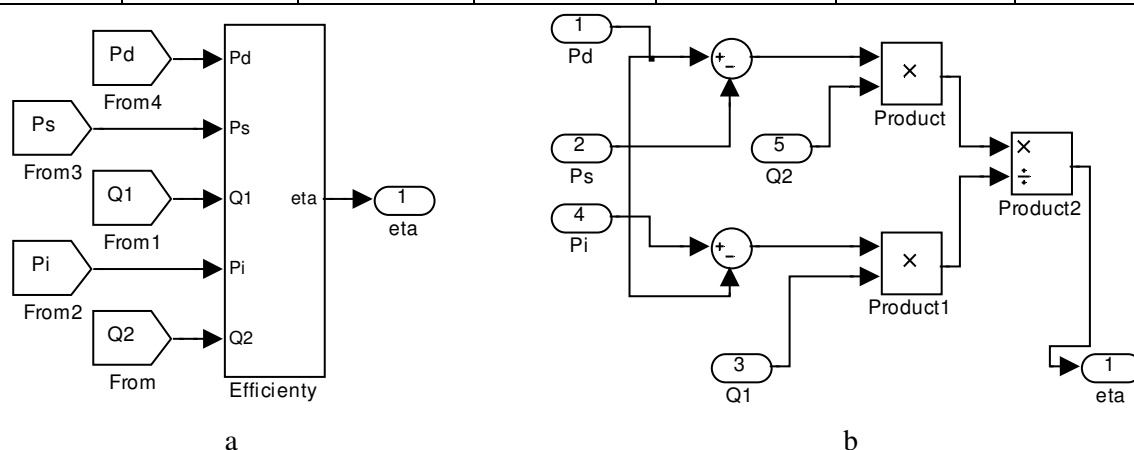


Fig. 7. Subsistemul pentru calculul randamentului (a) transpunerea formulei (9) (b).

3. CONCLUZII

Utilizarea în cadrul lucrării de laborator a modelelor realizate în Simulink oferă următoarele avantaje:

- Fixează modelul de laborator prin similitudinea dintre modelul real și cel realizat în Simulink
- Evită calculele (dificile) pe un model format din relațiile (1-9)
- Simplitatea realizării
- Posibilitatea de a afișa mult mai multe elemente decât cele afișate de instrumentele de pe stand
- Posibilitatea dezvoltării aplicației prin adaptarea modelului cu datele de utilizarea a unei pompe cu jet la extracția petrolului, v. fig. 8
- Comparația dintre rezultatele experimentale și cel de pe modelul Simulink (sunt abateri mari care pot fi explicate prin utilizarea unor valori din literatura de specialitate)
- Sublinierea importanței experimentului real.

Ce nu se poate face cu ajutorul acestui program de simulare:

- Nu putem folosi fluide diferite pentru agentul motor și fluidul extras;
- Nu se pot obține informații cu valoare de cercetare științifică prin utilizarea acestui model .

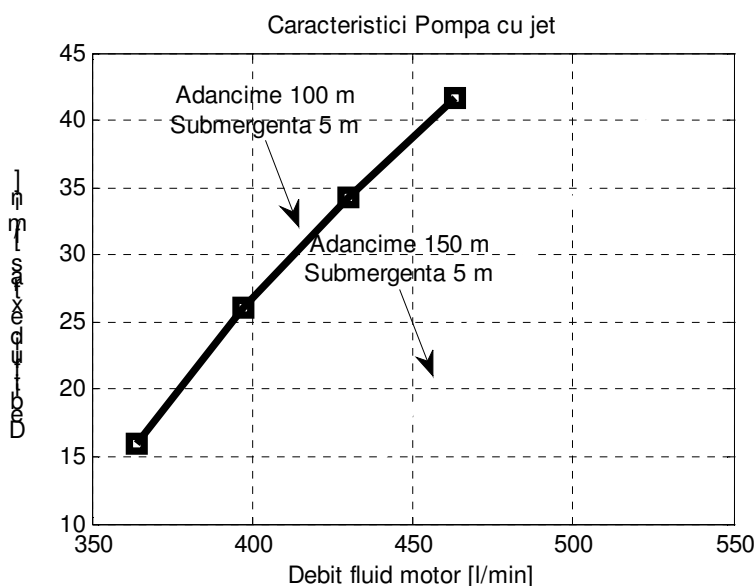


Fig. 8. Utilizarea modelului pentru studiul influenței adâncimii sondei.

Notațiile utilizate

A_d aria secțiunii difuzorului la ieșire

A_n aria secțiunii duzei

$A_{c,h}$ aria camerei de amestec

K_{dt} coeficientul de pierderi hidraulice al difuzorului

K_{en} coeficientul de pierderi hidraulice al camerei de amestec la intrare

K_n coeficientul de pierderi hidraulice al duzei

$K_{c,h}$ coeficientul de pierderi hidraulice prin camera de amestec

M raportul debitelor

Z pierderile hidraulice prin duza pompei cu jet

a raportul dintre aria camerei de amestec și aria secțiunii difuzorului la ieșire

b raportul dintre aria secțiunii duzei și aria secțiunii difuzorului la ieșire

c coeficient de calcul

p_0 presiunea la intrarea în camera de amestec

p_1 presiunea la intrarea în duză

p_2 presiunea la aspirația pompei

p_d presiunea la ieșirea din pompă

q_1 debitul de fluid motor (activ) prin duza pompei

q_2 debitul de fluid extras

q_d debitul total de fluid extras și fluid motor

η randamentul pompei cu jet

ρ densitatea fluidului

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Chamlong P., Shinichi T., Katsumi A., Yasuki N.** - „*Numerical Prediction on the Optimum Mixing Throat Length for Drive Nozzle Position of the Central Jet Pump*”, The 10th International Symposium on Flow , August 26-29, 2002, Kyoto, Japan.
- [2] **Karassic, I.J., Messina, J.P., Cooper, P., Heald, C.C.** - „*Pump Handbook*”, Fourth edition, McGraw-Hill, NY, 2008.
- [3] **Mikhail, S.** - *Two-phase Flow in Jet Pumps for Different Liquids*, J. Fluids Eng. September 2005 Volume 127, Issue 5, 1038 (5 pages).
- [4] **Sarshar M. M., Beg Caltec N. A.**, - „*The Applications and Performance of Jet Pumps in Oil and Gas Production Handling Multiphase Flow*”, 2th Nord American Conference of Multiphase Technology, Banff, Canada, 2000.
- [5] **Săvulescu, P.** - „*Cercetări privind utilajul petrolier pentru exploatarea sondelor prin metode neconvenționale*”, teză de doctorat , Universitatea de Petrol și Gaze din Ploiești, 2004.
- [6] **Săvulescu, P., Pană I.** - „*Utilizarea ejectorului la etanșarea pompelor centrifuge*”, în Buletinul Universității de petrol și gaze, vol. LIV, seria tehnică, nr. 3, 2002, pp. 185-189.
- [7] *** *Petroleum Engineer Magazine*, USA, 2000-2008.
- [8] *** *Matlab – Product help*, Mathworks, 2011.
- [9] *** *Hydraulic Pumping Systems* – Kobe Catalog, Huntington Park, California, 1996-1997.