

STUDIUL CURGERII PRIN ORIFICII

CONSIDERAȚII TEORETICE

Orificiile sînt deschideri de diferite forme geometrice, practicate in peretii rezervoarelor in vederea golirii acestora.

Pentru definirea unor elemente specifice si analiza curgerii prin orificii, in cele ce urmeaza se va lua in considerare un orificiu circular de diametru d_0 practicat in peretele lateral al unui **rezervor cu pereti subtiri**, adica pereti a caror grosime $t \leq 2d_0$ (vezi Figura 1). Rezervorul, care contine un lichid de densitate ρ este inchis in partea superioara, presiunea p_1 pe suprafata libera a lichidului fiind diferita de presiunea p_0 a mediului ambiant. Se presupune ca nivelul suprafetei libere a lichidului din rezervor este mentinut constant la cota h fata de axa orificiului cu ajutorul unui preaplin si a unei conducte de alimentare, fiind asigurate astfel conditiile de stationaritate a miscarii.

La trecerea prin orificiul a carui sectiune este mult mai mica in comparatie cu sectiunea transversala a rezervorului, lichidul din rezervor iese in mediul ambiant ($p_0 = p_{atm}$) luind forma unei **vene de fluid** (numita si **jet fluid**).

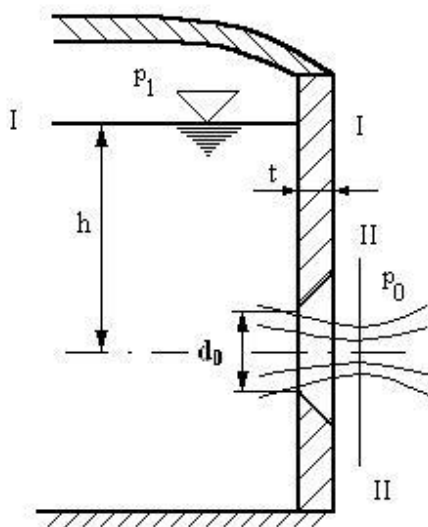


Figure 1

Se definește **sarcina orificiului H** prin relația:

$$H = h + \frac{P_1 - P_0}{\rho \cdot g} = h + \frac{P_1 - P_{atm}}{\rho \cdot g}$$

În ipoteza în care $H \geq 10 \cdot d_0$ se considera că orificiul practicat în peretele rezervorului este un **orificiu mic** iar datorită faptului că vena de fluid se dezvoltă într-un mediu cu densitatea mult mai mică decât cea a lichidului, în cazul de față în atmosferă, orificiul se considera a fi un **orificiu liber**

Așa cum se poate observa și în Figura 1, în cazul orificiului mic, vena de fluid va suferi o reducere de secțiune după contactul cu muchia orificiului. Fenomenul prin care se produce reducerea secțiunii transversale a venei fluide se numește **contractia venei fluide** iar secțiunea transversală minimă pe care o atinge vena fluidă se numește **secțiune contractată**. Se poate considera că în dreptul secțiunii minime contractate (secțiunea II-II), situată la o distanță $\delta \leq 0.5 \cdot d_0$ de peretele interior al rezervorului, liniile de curent sînt rectilinii și paralele și că presiunea în această secțiune are o distribuție apropiată de cea uniformă putînd fi considerată egală cu cea a mediului fluid ambiant p_{atm} . Prin urmare se poate considera că în secțiunea minim contractată și viteza va avea o distribuție uniformă avînd valoarea constantă v_2 .

Cuantificarea fenomenului de contractie se face prin **coeficientul de contractie** ε cu $\varepsilon \leq 1$, definit ca raportul între **aria A_c a secțiunii minime contractate** a venei de fluid și **aria A_0 a orificiului** (aria suprafeței orificiului continuată în suprafața interioară a peretelui rezervorului):

$$\varepsilon = \frac{A_c}{A_0}$$

Marimea coeficientului de contractie depinde de: regimul de curgere (prin cifra Reynolds), de forma și geometria orificiului, de poziția acestuia față de suprafața liberă și/sau față de peretele rezervorului.

Analiza mișcării printr-un orificiu urmărește determinarea vitezei și a debitului prin acesta

În ipoteza neglijării efectelor viscozității (asimilînd lichidul cu un fluid ideal), ecuația energiei (relația lui Bernoulli) scrisă între secțiunea I-I care coincide cu suprafața liberă a lichidului din rezervor și secțiunea minimă contractată II-II este:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 \quad (3)$$

Avind in vedere diferenta dintre sectiunea transversala a rezervorului si cea a orificiului, se poate considera ca valoarea vitezei v_1 pe suprafata libera este $v_1 \approx 0$. Tinind cont de aceasta ipoteza si de cele prezentate anterior se poate scrie ca:

$$v_1 = 0; \quad z_1 = h; \quad z_2 = 0, \quad p_2 = p_{atm}. \quad (4)$$

Inlocuind (4) in relatia (3) se poate scrie relatia:

$$H = h + \frac{p_1 - p_{atm}}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} \quad (5)$$

din care se poate exprima viteza v_2 la iesirea din orificiu:

$$v_2 = \sqrt{2g \left(h + \frac{p_1 - p_{atm}}{\rho g} \right)} = \sqrt{2gH} \quad (6)$$

In cazul considerarii curgerii prin orificiu a fluidului real se introduce si se noteaza cu φ **coeficientul de viteza al orificiului**, o marime adimensionala care reflecta pierderile de sarcina la curgerea prin orificiu. Astfel, viteza in orificiu (in sectiunea minima contractata) va fi data de expresia

$$v_{orificiu} = v_2 = \varphi \cdot \sqrt{2g \left(h + \frac{p_1 - p_{atm}}{\rho g} \right)} = \varphi \sqrt{2gH} \quad (7)$$

Debitul prin orificiu se poate calcula din ecuatia de continuitate:

$$Q = V_2 A_c \quad (8)$$

in care viteza medie V_2 din sectiunea contractata de arie A_c este egala cu viteza data de expresia (7), avind in vedere faptul ca viteza in aceasta sectiune are o distributie uniforma.

Debitul prin orificiu va avea expresia:

$$Q = v_2 \cdot A_c = \varphi \cdot A_c \sqrt{2g \left(h + \frac{p_1 - p_{atm}}{\rho g} \right)} = \varphi A_c \sqrt{2gH} \quad (9)$$

Se introduce **coeficientul de debit al orificiului** α definit prin relatia:

$$\alpha = \varphi \cdot \varepsilon \quad (10)$$

Debitul prin orificiul mic liber dat de relatia (10) se va scrie in functie de aria A_0 a orificiului, tinind cont de relatiile (10) si (2) sub forma:

$$Q_{orificiu} = Q = \varepsilon \varphi A_0 \sqrt{2gH} = \alpha A_0 \sqrt{2gH} = \alpha A_0 \sqrt{2g \left(h + \frac{p_1 - p_{atm}}{\rho g} \right)} = \alpha A_0 \sqrt{2gH} \quad (11)$$

Ajutajele sint conducte scurte, de diferite forme geometrice, care se ataseaza orificiilor in scopul obtinerii unui jet dirijat si a imbunatatirii parametrilor de curgere. Imbunatatirea parametrilor de curgere vizeaza marirea debitului. Pentru ca un ajutaj atasat unui orificiu cu diametrul d_0 sa fie eficient sub aspectul curgerii, acesta trebuie sa aiba o lungime $L = (3 \div 5)d_0$.

Caracteristic curgerii prin ajutaje este faptul că, indiferent de tipul de ajutaj, vena de fluid sufera initial o contractie (sectiunea II-II) urmată de o destindere, pentru ca, in final, vena sa se ataseze de peretele ajutajului, in *sectiunea de iesire din ajutaj III-III*, avind aceeasi arie A_0 cu cea a orificiului. Avind in vedere ca lichidul ocupa intreaga sectiune a ajutajului, **coeficientul de contractie al ajutajului** va fi :

$$\varepsilon_a = A_{iesire} / A_{orificiu} = 1$$

Relatiile pentru calculul vitezei si debitului prin ajutaj sint identice cu relatiile (7) si (11) scrise pentru orificiul mic, cu deosebirea ca valorile coeficientilor de viteza si de debit sint diferite in cazul ajutajului. Intr-adevar, avind in vedere relatia (12) **coeficientul de debit al ajutajului** care se determina cu relatia $\alpha = \varepsilon_a \cdot \varphi$ este egal cu coeficientul de viteza φ al ajutajului si, prin urmare relatiile de calcul ale debitului sint identice ca forma. Diferenta intre valoarea debitului printr-un orificiu mic si a celui prin ajutaj lucrind sub aceeasi sarcina h apare datorita valorilor diferite ale coeficientului de debit pentru orificiu, respectiv pentru ajutaj.

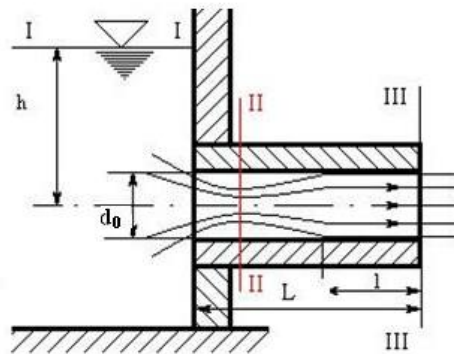


Figure 2

OBIECTIVELE LUCRARI

1. Determinarea coeficientului de contractie, de viteza si de debit pentru citeva configuratii de orificii.

METODA UTILIZATA

1. Determinarea coeficientului de contractie in cazul unui orificiu cu muchia ascutita prin masurarea diametrului jetului in sectiunea minim contractata.
2. Determinarea coeficientului de viteza utilizind un tub Pitot si valoarea sarcinii sub care acesta functioneaza.
3. Determinarea coeficientului de debit utilizind valoarea debitului determinata prin metoda directa a vasului etalonat

DESCRIEREA APARATURII

Echipamentul utilizat consta din: unitatea hidraulica de baza (centralina) furnizata de firma ARMFIELD, la partea superioara a careia se va aseza modulul pentru studiul curgerii prin orificii si ajutaje, produs de aceeasi firma si reprezentat schematic in Figura 3.

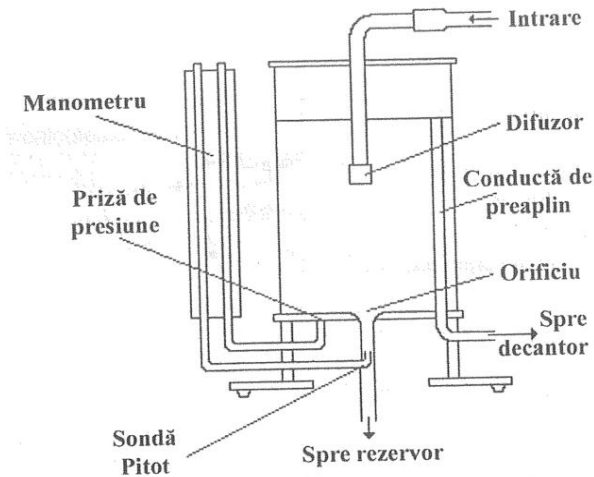


Figure 3 Modulul Armfield pentru studiul curgerii prin orificii si ajutaje

Modulul Armfield destinat studiului curgerii prin orificii si ajutaje consta dintr-un rezervor cilindric, in a carui suprafata de fund este practicata o deschidere circulara care permite montarea, cu etansare prin inel O, a unuia din cele cinci tipuri de orificii sau ajutaje prezentate in Figura 4.

Conducta de alimentare a rezervorului, conducta a carei inaltime este reglabila, se conecteaza prin furtun flexibil la racordul pentru cupla rapida aflat in canalul unitatii hidraulice de baza. La celalalt capat al conductei de alimentare este montata o piesa de linistire (difuzor), in vederea reducerii perturbatiilor care pot aparea la intrarea apei in rezervor. O conducta de preaplin asigura mentinerea constanta a nivelului apei in rezervor, prin returnarea apei in exces in rezervorul unitatii hidraulice de baza.

Un ansamblu traversa este montat sub suprafata de fund a rezervorului astfel incit sa permita pozitionarea sondei Pitot si a firului atasat de capatul acesteia de o maniera care sa faca posibila determinarea diametrului jetului in sectiunea minim contractata (in cazul orificiului cu muchie ascutita). Ansamblul incorporeaza un tambur presat pe capul unui surub care face posibila deplasarea cu 1mm a sondei Pitot la o rotatie completa a tamburului. Pe portiunea conica a tamburului sint trasate diviziuni, fiecare diviziune corespunde unei miscari de 0.1 mm.

Cele doua tuburi piezometrice adiacente rezervorului sint conectate cu sonda Pitot respectiv cu priza de presiune practicata pe suprafata de fund a rezervorului, facind posibila determinarea sarcinii sub care lucreaza orificiul respectiv sonda Pitot.

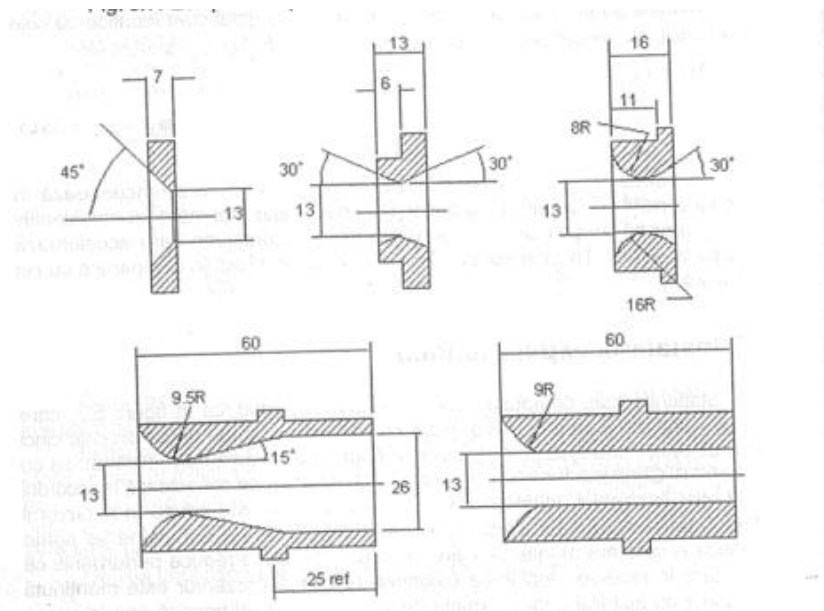


Figure 4

- **MODUL DE DESFASURARE A LUCRARI**

1. Se aseaza modulul pentru studiul curgerii prin orificii si ajutaje peste canalul aflat in partea superioara a unitatii hidraulice de baza, asigurandu-se atit orizontalitatea modulului
2. Se conecteaza conducta de alimentare a rezervorului la unitatea hidraulica de baza prin intermediul furtunului flexibil si al racordului pe cupla rapida aflat in canalul unitatii hidraulice de baza.
3. Se plaseaza capatul conductei de preaplin direct in preaplinul unitatii hidraulice de baza situat in peretele lateral al rezervorului destinat masurarii volumului de lichid.
4. Se ajusteaza nivelul conductei de alimentare la nivelul caderii necesare pentru efectuarea masuratorilor.
5. Se monteaza orificiul sau ajutajul de investigat in deschiderea practicata in suprafata de fund a rezervorului cilindric, prin stringere cu doua suruburi. Orificiul cu muchia ascutita se monteaza cu aceasta in partea superioara.
6. Se porneste pompa unitatii hidraulice si se deschide treptat robinetul de control al centralinei. Cind nivelul suprafetei libere a apei din rezervor se apropie de preaplin, se manevreaza robinetul de control astfel incit nivelului suprafetei libere sa fie mentinut la 2-3 mm deasupra nivelului de preaplin, capatul conductei de alimentare fiind complet imersat in lichid. Se asigura astfel o functionare sub sarcina constanta a orificiului si, implicit, o miscare stationara prin acesta.
7. Se trece la efectuarea masuratorilor, functie de obiectivul urmarit. Pentru fiecare obiectiv urmarit se vor face cite 8 masuratori, la valori din ce in ce mai mici ale sarcinii sub care lucreaza orificiul. Scaderea sarcinii se realizeaza prin reducerea treptata a debitului de alimentare a rezervorului care se obtine manevrind corespunzator robinetul de control al centralinei, avind grija insa ca sarcina orificiului sa nu scada sub nivelul dat de piesa de linistire. Dupa fiecare reglare a debitului se asteapta stabilizarea sarcinii si se trece la determinarea marimilor necesare indeplinirii fiecarui obiectiv in parte, dupa cum urmeaza:

8. **Determinarea coeficientului de contractie ϵ** (se vor efectua masuratori doar pentru orificiul cu muchie ascutita)

In vederea determinarii diametrului jetului in sectiunea minim contractata se va utiliza firul atasat sondei Pitot, situat intr-un plan perpendicular pe traversa. Firul positionat imediat sub rezervor va fi adus pe rind la fiecare margine a jetului. Pozitia sondei se citeste pe gradatiile de pe tamburul ansamblului traversa, diferenta citirilor reprezentind diametrul jetului d_c exprimat in mm.

9. **Determinarea coeficientului de viteza φ**

- Se introduce sonda Pitot in interiorul jetului care iese din orificiu, imediat sub suprafata de fund a rezervorului.
- Se citeste nivelul h_0 la care se ridica lichidul in tubul piezometric conectat la priza de presiune practicata in peretele de fund a rezervorului. Inaltimea coloanei de lichid va reprezenta sarcina sub care lucreaza orificiul.
- Se citeste nivelul lichidului in tubul piezometric conectat la sonda Pitot. Inaltimea h_c va reprezenta sarcina sub care lucreaza sonda Pitot.

10. **Determinarea coeficientului de debit α**

- Se cronometreaza timpul t in care un volumul V de apa precizat este colectat, la iesirea din orificiu,
- Se citeste inaltimea la care se ridica apa in tubul piezometric conectat la priza de presiune din suprafata de fund a rezervorului. Inaltimea reprezinta sarcina h_0 sub care functioneaza orificiul

PRELUCRAREA REZULTATELOR

A. DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE CONTRACTIE

- Determinarea diametrului d_c al jetului in zona contractata:

$$d_c = \text{nr. diviziuni stinga} - \text{nr. diviziuni dreapta}$$

- Determinarea coeficientului de contractie

$$\varepsilon = \frac{A_c}{A_0} = \frac{\pi d_c^2}{4} \cdot \frac{4}{\pi d_0^2} = \frac{d_c^2}{d_0^2}$$

B. DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE VITEZA

- Viteza in orificiu, exprimata din relatia (7) pentru cazul $H=h_0$ este :

$$v_{orificiu} = \varphi \sqrt{2gh_0}$$

- Viteza in orificiu exprimata cu ajutorul sarcinii h_c sub care functioneaza tubul Pitot

$$v_{orificiu} = \sqrt{2gh_c}$$

- Din egalarea celor doua expresii se obtine pentru coeficientul de viteza relatia:

$$\varphi = \frac{\sqrt{h_c}}{\sqrt{h_0}}$$

C. DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE DEBIT

- Debitul prin orificiu se calculeaza din valorile pentru volumul V si timpul t determinate experimental, cu relatia:

$$Q = \frac{V}{t}$$

- Coeficientul de debit se determina tinind cont de relatia (11) care particularizata pentru cazul $H=h_0$ devine:

$$Q_{orificiu} = Q = \varepsilon \varphi A_0 \sqrt{2gh_0} = \alpha A_0 \sqrt{2gh_0}$$

obtinindu-se in final:

$$\alpha = \frac{4Q}{\pi d_0^2 \sqrt{2gh_0}}$$

- Se va completa tabelul cu datele obtinute prin masuratori si cu cele calculate
- Se vor trasa graficele $\alpha = f(Q)$

