
CAPITOLUL V

OPERATIILE TRANSFERULUI DE IMPULS

Operatiile transferului de impuls reprezinta aplicatii practice ale curgerii fluidelor. Aceste operatii se refera la: **transportul fluidelor**, **separarea sistemelor eterogene** si la **amestecarea in sisteme fluide**.

V.1. TRANSPORTUL FLUIDELOR

Fluidele se deplaseaza prin conducte, canale sau utilaje sub actiunea unei energii mecanice din exterior sau (in cazul lichidelor) sub actiunea energiei potentiale data de o diferenta de nivel.

Transferul energiei de la o sursa exterioara la fluid se realizeaza cu utilaje statice sau cu utilaje avand subansamble mecanice in miscare. In practica ambele tipuri de utilaje sunt cunoscute sub nume generice ca: **pompe**, **ventilatoare**, **suflyante**, **compresoare**, **injectoare**, **ejectoare**, **etc.** Pentru utilajele care transporta lichide s-a incetatenit denumirea de **pompe**.

Energia mecanica primita de fluid de la sursa exterioara este convertita cu ajutorul utilajelor de transport in energie de presiune, energie cinetica si energie potentiala, iar o parte se pierde datorita frecarillor si a inertiei.

Florin Vitan - Ingineria proceselor in textile si pielarie

Vol. II – OPERATII UNITARE

Transportul si distributia fluidelor intre utilajele unei instalatii tehnologice sau la distante mari, se realizeaza prin **conducte**. In functie de destinatia lor conductele se clasifica in : **conducte magistrale** si **conducte tehnologice**

Conductele magistrale servesc pentru transportul unor fluide pe distante mari si foarte mari. Din aceasta categorie fac parte: conductele de aductiune a apei, magistralele de transport ale gazelor naturale (gazoducte) sau ale titeiului (oleoducte).

Conductele tehnologice fac legatura dintre utilajele unei linii de fabricatie.

O conducta este formata, in principal, din urmatoarele elemente:

- **tevi** sau **tuburi**;
- piese de imbinare intre tevi sau tuburi: **flanse, mufe, nipluri, coturi, teuri, reductii**, etc;
- armaturi pentru comanda si controlul curgerii fluidelor: **robinete, vane, instrumente de masura a debitului si a unor parametrii ai fluidului**;
- **dispozitive de fixare ,de rezemare si compensatoare de dilatare termica.**

Traseul unei conducte tehnologice trebuie astfel ales incat sa indeplineasca urmatoarele conditii:

- sa fie cel mai scurt posibil;
- schimbarile de directie sa fie cat mai putine;
- conducta sa nu afecteze amplasarea utilajelor;
- accesul la robinete, aparate de masura, etc, sa fie usor.

Conductele tehnologice sunt marcate prin culori si semne conventionale care indica natura si proprietatile fluidelor care circula prin ele.

V.1.1. Transportul lichidelor

Pentru deplasarea unui lichid printr-o conducta sau utilaj este necesara asigurarea unei diferente de presiune la capetele conductei sau intre punctul de intrare si cel de iesire al fluidului din utilaj. **Pompele sunt utilajele care maresc presiunea fluidului , prin utilizarea unei parti din energia mecanica exterioara consumata la pompa.**

V.1.1.1. Marimi si relatii caracteristice in transportul fluidelor

Marimile caracteristice referitoare la transportul fluidelor pot fi grupate in trei categorii: **marimi care se refera la sistem, marimi care se refera la utilajul de transport si marimi care se refera atat la sistem cat si la pompa.**

Prin **sistem** se intelege traseul pe care este transportat fluidul, fiind format din: spatiul din care aspira utilajul, conducta de transport impreuna cu armaturile, dispozitivele de masura si de control a curgerii si spatiul in care refuleaza utilajul de transport.

Dintre marimile care se refera la sistem se mentioneaza: **debitul** care trebuie transportat in sistem, **inaltimea manometrica a sistemului**, **puterea** necesara transportului fluidului in sistemul dat.

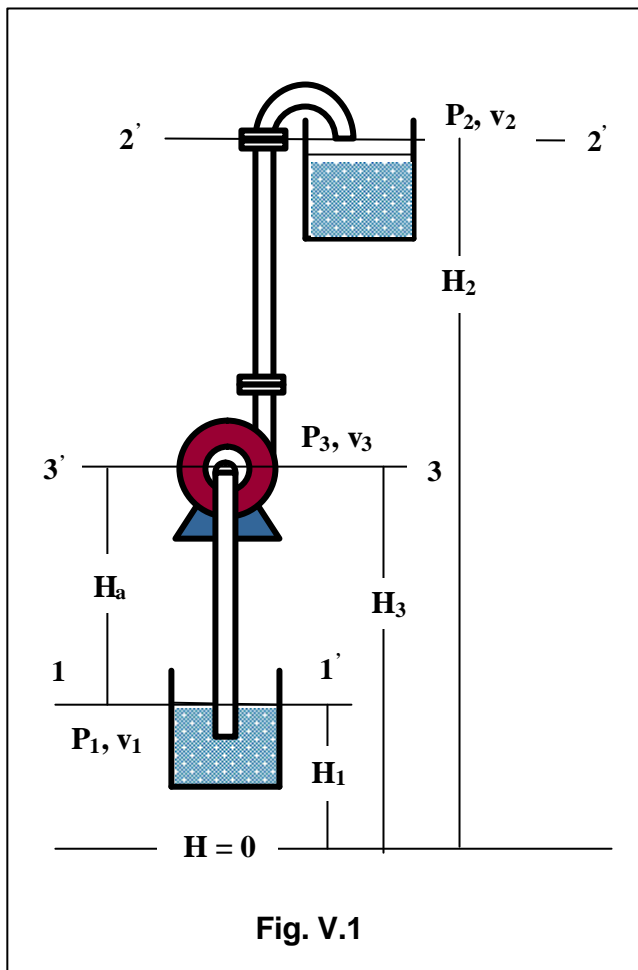
a. Debitul pompei, reprezinta cantitatea de fluid transportata de pompa in unitatea de timp. Cantitatea poate fi exprimata prin masa sau

volumul de fluid, ceea ce corespunde unui **debit masic**, respectiv unui **debit volumic**. In cazul pompelor se deosebeste un **debit real** si un **debit teoretic**. Raportul dintre debitul volumic real si cel teoretic defineste **randamentul volumic al pompei**, η_v :

$$\eta_v = \frac{M_v}{M_{vt}} \quad (V.1)$$

b. Inaltimea manometrica a sistemului, reprezinta consumul de energie necesar transportului fluidului in sistemul considerat. Daca se considera sistemul din fig. V.1, inaltimea manometrica a acestuia se calculeaza cu ecuatia Bernoulli:

$$L_M = g(H_2 - H_1) + \frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + E_p \quad (V.2)$$



Impartind relatia (V.2) prin **g** se obtine expresia de calcul a inaltimei manometrice a sistemului:

$$H_M = (H_2 - H_1) + \frac{1}{2g}(v_2^2 - v_1^2) + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + H_p \quad (V.3)$$

c. Inaltimea manometrica efectiva si teoretica a pompei, este o expresie a energiei primite de fluid la trecerea lui prin pompa. Aceasta marime caracteristica se determina pentru fiecare pompa, la bancul de proba, prezentat, schematic in fig. V.2. Pompa aspira

lichid dintr-un rezervor, pe care-l refuleaza in acelasi rezervor. Pe conducta de aspiratie este montat un vacometru, care masoara presiunea de aspiratie, P_a , iar pe conducta de refulare se afla un manometru, care masoara presiunea de refulare, P_r . Dupa punerea in functiune a pompei se deschide treptat ventilul de reglare (1) si pentru fiecare debit se citesc presiunile din conducta de aspiratie si din cea de refulare. Distanța, H_0 , pe verticala, dintre priza de masurare a depresiunii de pe conducta de aspiratie si priza de masurare a presiunii de refulare, este cunoscuta. Inaltimea manometrica efectiva a pompei este data de relatia:

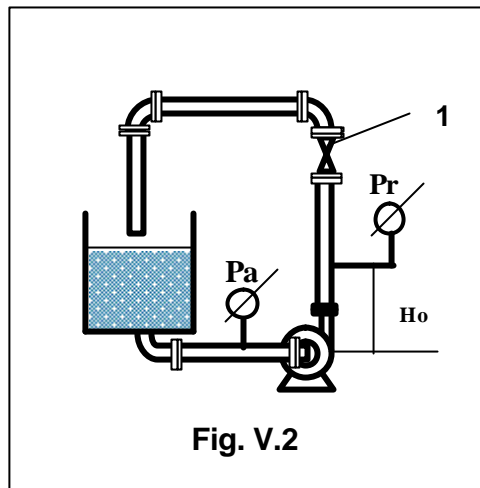


Fig. V.2

$$H_{me} = \frac{P_r - P_a}{\rho g} + \frac{v_r^2 - v_a^2}{2g} + H_0 \quad (V.4)$$

in care, v_r si v_a reprezinta, respectiv, viteza din conducta de refulare si viteza din conducta de aspiratie. Daca diametrele celor doua conducte sunt egale, atunci $v_r = v_a$ si relatia (V.4) devine:

$$H_{me} = \frac{P_r - P_a}{\rho g} + H_0 \quad (V.5)$$

In cazul in care in relatiile (V.4) si (V.5) se tine cont si de consumul de energie suplimentar, pentru invingerea frecarilor si a inertiei lichidului din pompa, se obtine **inaltimea manometrica teoretica a pompei, H_{mt}** :

$$H_{mt} = \frac{P_r - P_a}{\rho g} + H_0 + H_p \quad (V.6)$$

Raportul dintre inaltimea manometrica efectiva si inaltimea manometrica teoretica, defineste randamentul hidraulic al pompei, η_h :

$$\eta_h = \frac{H_{me}}{H_{mt}} \quad (V.7)$$

d. Inaltimea de aspiratie a pompei, H_a , este o marime importanta pentru amplasarea pompei in sistemul pe care-l deserveste. Pentru determinarea acestei marimi se aplica ecuatia Bernoulli, pentru sistemul prezentat in fig.V.1, intre sectiunea 1-1' si sectiunea 3-3', sectiunea 3-3' fiind considerata in axul racordului de aspiratie al pompei. Curgerea

Florin Vitan - Ingineria proceselor in textile si pielarie
Vol. II – OPERATII UNITARE

lichidului între secțiunile 1-1' și 3-3' este determinată de diferența de presiune ($P_1 - P_2$), P_3 fiind presiunea din racordul de aspirație al pompei. Prin urmare curgerea între secțiunile menționate se face fără consum de energie mecanică din exterior și deci $L_m=0$. Ecuația lui Bernoulli, în termeni de înălțimi devine:

$$0 = (H_3 - H_1) + \frac{1}{2g}(v_3^2 - v_1^2) + \frac{P_3 - P_1}{\rho g} + H_p \quad (\text{V.8})$$

Deoarece $v_1 \ll v_2$ și ținând cont că $H_3 - H_1 = H_a$, iar $P_3 = P_a$ (presiunea de aspirație), ecuația (V.8) devine:

$$H_a = \frac{P_1}{\rho g} - \frac{P_a}{\rho g} - \frac{v^2}{2g} - H_p \quad (\text{V.9})$$

în care P_1 este presiunea la suprafața liberă a lichidului în rezervorul din care aspiră pompa, iar v este viteza în conducta de aspirație. Dacă rezervorul este deschis, P_1 este presiunea barometrică notată, cu P_b . Presiunea de aspirație nu poate fi mai mică decât presiunea de vapori a lichidului transportat, la temperatura la care se face aspirația. În caz contrar o parte din lichidul aspirat se transformă în interiorul pompei în vapori, determinând apariția fenomenului de **cavitatie**. Cavitatia constă în coalescența și spargerea bulelor de vapori, datorită unor presiuni locale mai mari decât presiunea de vapori, lichidul din jur umple spațiul ocupat de bule cu viteze locale foarte mari, care au efectul unor lovituri de berbec asupra subsansamblurilor pompei, pe care le pot deteriora. Acest efect poate avea drept consecință chiar scoaterea din funcțiune a pompei. Rezultă, deci:

$$H_a = \frac{P_b}{\rho g} - \frac{P_v}{\rho g} - \frac{v^2}{2g} - H_p \quad (\text{V.10})$$

Din relația (V.10) rezultă că înălțimea de aspirație depinde de temperatura lichidului care determină valoarea lui P_v . Cu cât temperatura este mai mare cu atât înălțimea de aspirație este mai mică, astfel încât dacă temperatura lichidului este egală cu temperatura de fierbere, atunci $P_v = P_b$ și lichidul nu mai poate fi aspirat. În aceste condiții lichidul poate fi transportat cu pompa numai dacă pompa se amplasează astfel încât cota de montare să fie sub nivelul lichidului din vasul din care se transportă. În acest caz se spune că pompa funcționează "**inecat**".

Dacă se neglijează toți termenii negativi din relația (V.10) se obține expresia **înălțimii teoretice de aspirație**, H_{at} :

$$H_{at} = \frac{P_b}{\rho g} \quad (\text{V.11})$$

Florin Vitan - Ingineria proceselor in textile si pielarie
Vol. II – OPERATII UNITARE

Pentru apa, considerand $P_b = 1 \text{ ata} = 9.81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$, rezulta:

$$H_{at} = \frac{9,81 \cdot 10^4}{9,81 \cdot 10^3} = 10\text{m}$$

Pentru majoritatea lichidelor, cand aspiratia se face la temperaturi cuprinse intre 15-20°C, $H_{at} = 6\text{m}$.

e. Puterea si randamentul pompelor. Puterea necesara transportului lichidului se calculeaza ca produs dintre debitul masic de fluid, M_m , si lucrul mecanic, L_M , determinat din ecuatia Bernoulli:

$$P = \frac{L_M \cdot M_m}{1000 \cdot \eta_t} \quad [\text{Kw}] \quad (\text{V.12})$$

Tinand cont de relatiile dintre L_M , H_m si ΔP_T , rezulta:

$$P = \frac{H_m \cdot g \cdot M_m}{1000 \cdot \eta_t} = \frac{\rho \cdot g \cdot H_m \cdot M_v}{1000 \cdot \eta_t} = \frac{\Delta P_T \cdot M_v}{1000 \cdot \eta_t} \quad (\text{V.13})$$

In relatiile (V.12) si (V.13), η_t , reprezinta **randamentul total (global)** al utilajului de transport, care este dat de relatia:

$$\eta_t = \eta_p \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_m \quad (\text{V.14})$$

in care: η_p , este randamentul pompei, η_{tr} , este randamentul transmisiei iar, η_m , este randamentul motorului. La randul sau randamentul pompei este dat de produsul:

$$\eta_p = \eta_{mec} \cdot \eta_h \cdot \eta_v \quad (\text{V.15})$$

in care: η_{mec} , este randamentul mecanic al pompei, η_h , este randamentul hidraulic iar, η_v , este randamentul volumic al pompei.