

OPERATII UNITARE
HIDRODINAMICE
TRANSPORTUL FLUIDELOR
AMESTECAREA
SEDIMENTAREA
FILTRAREA

TEHNICI DE LUCRU HIDRODINAMICE

CENTRIFUGAREA
FLUIDIZAREA

TRANSPORTUL FLUIDELOR

- o În marea majoritate a cazurilor transportul fluidelor este preferat transportului solidelor. Astfel, este preferat transportul soluției în locul transportului separat al componentelor acesteia.
- o De multe ori, materialele solide sunt transportate prin antrenarea lor cu un fluid:
 - transportul pneumatic al materialelor solide pulverulente (cereale, făinuri etc.),
 - transportul hidraulic al unor materii prime ale industriei alimentare (sfecă, cartofi, tomate, fructe etc.), concomitent cu spălarea acestora.

TRANSPORTUL FLUIDELOR

- o În instalațiile de proces ale industriilor alimentare se transportă numeroase fluide cu proprietăți foarte diverse.
- o Fluidele se deplasează prin:
 - conducte,
 - canale,
 - aparate și reactoare
- o sub acțiunea unei energii primite din exterior,
- o în cazul lichidelor - sub acțiunea energiei potențiale create de o diferență de nivel.

TRANSPORTUL FLUIDELOR

- o Utilajele care servesc la transferul energiei de la o sursă exterioară la un fluid poartă denumirea generică de:
 - pompe (dacă fluidul este un lichid),
 - compresoare (dacă fluidul este un gaz).
- o Denumirea de pompe de vid este dată utilajelor care servesc la realizarea unei depresiuni sau la evacuarea unui recipient.

TRANSPORTUL FLUIDELOR

Pentru a provoca deplasarea (curgerea) fluidelor există mai multe posibilități, și anume:

1. prin acțiunea unei forțe centrifuge;
2. prin deplasarea unui volum de fluid: fie pe cale mecanică, fie prin intermediul altui fluid;
3. printr-un impuls mecanic;
4. prin transfer de impuls de la alt fluid;
5. prin acțiunea unui câmp magnetic;
6. prin acțiunea forțelor gravitaționale.

Pe baza acestor metode de principiu sunt construite toate echipamentele destinate transportului fluidelor.

FENOMENE ÎN FLUIDE

- o **ADEZIUNEA** este fenomenul prin care, datorită forțelor intermoleculare, pe conturul unui corp solid cu care un fluid vine în contact, se formează un strat foarte subțire de fluid care se mișcă solidar cu conturul solid considerat.
- o În consecință, stratul de fluid aflat în contact nemijlocit cu o suprafață solidă are aceeași viteză cu viteza acesteia.
- o Fenomenul de adeziune a fost verificat pentru fluidele newtoniene.
- o În cazul fluidelor neneutroniene se constată o alunecare a elementelor de fluid de-a lungul suprafeței solide.

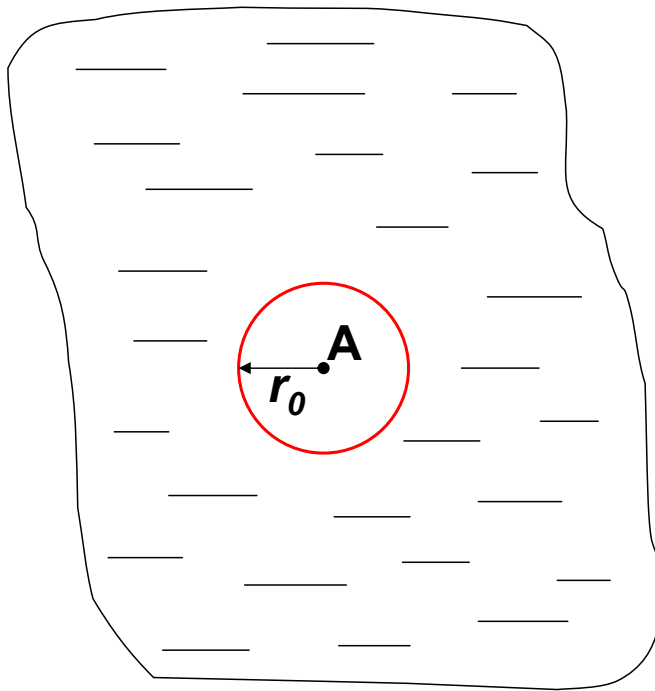
FENOMENE ÎN FLUIDE

o TENSIUNEA SUPERFICIALĂ

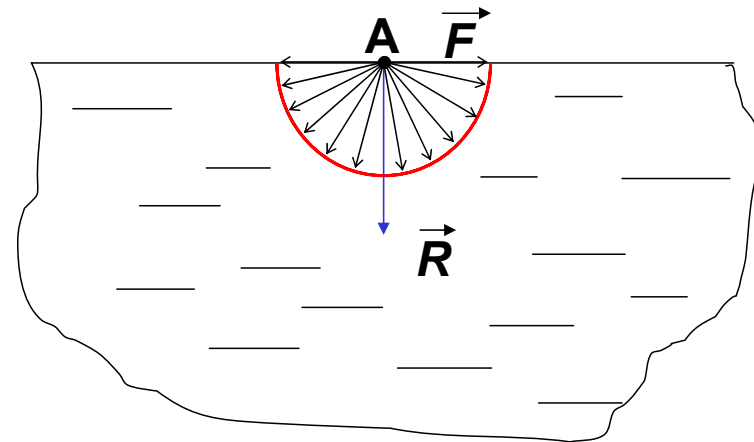
suprafața de contact între două fluide nemiscibile tinde să ia o formă a cărei arie este minimă

Fenomenul este rezultatul forțelor de coeziune (forțe moleculare de atracție)

TENSIUNEA SUPERFICIALĂ



a.



b.

TENSIUNEA SUPERFICIALĂ

- o În cazul redat în fig. a, forțele exercitate de moleculele aflate în sfera de acțiune moleculară sunt simetrice, iar rezultanta lor este nulă.
- o În cazul redat în fig. b, rezultanta **R** a forțelor de coeziune este nenulă și orientată înspre interiorul lichidului, acționând ca o compresiune.

TENSIUNEA SUPERFICIALĂ

- o Forțele de coeziune F tangente la suprafața liberă dau naștere unor eforturi pe această suprafață.
- o În cazul unui lichid izotrop și omogen se poate defini în fiecare punct al suprafeței libere o **tensiune superficială** (tensiune interfacială - dacă este vorba de suprafața de contact a două lichide nemiscibile):

$$\vec{\sigma} = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{F}}{\Delta l} = \frac{d\vec{F}}{dl} \quad (25)$$

TENSIUNEA SUPERFICIALĂ

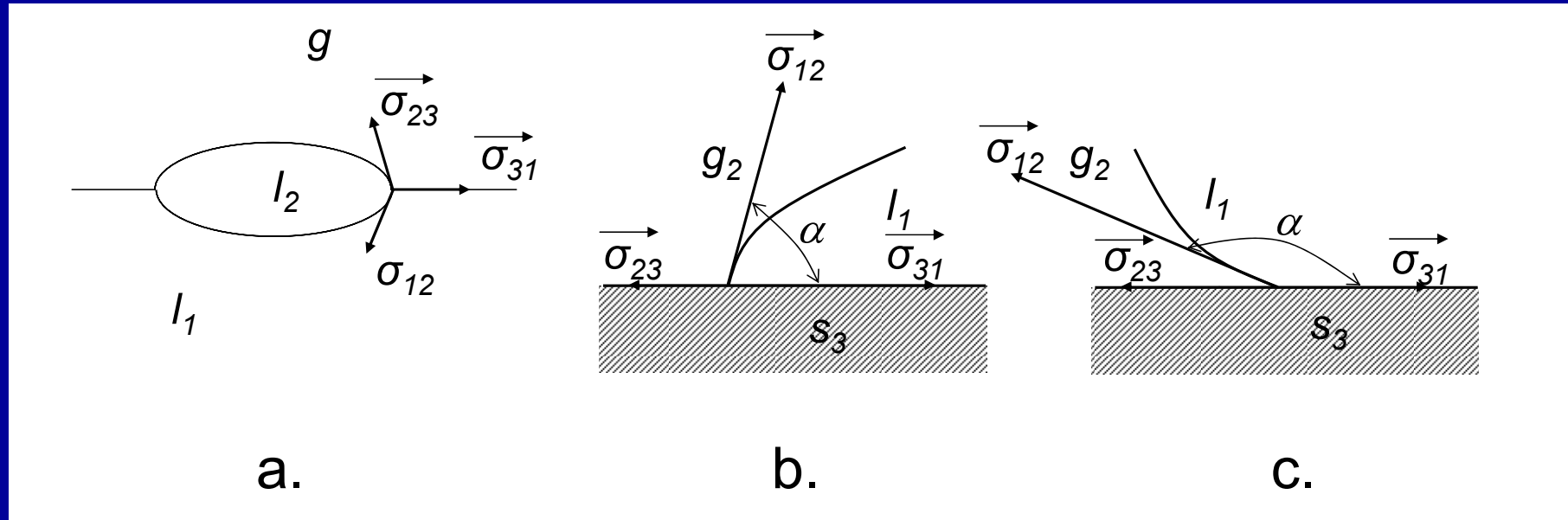
o Formula dimensională a tensiunii superficiale este:

$$|\sigma| = \left| \frac{F}{l} \right| = M \cdot T^{-2} \quad (26)$$

o Tensiunea superficială se exprimă în kg/s^2 sau N/m .

o Tensiunea superficială se manifestă și în punctele comune ale suprafeței de contact care separă două lichide nemiscibile și un gaz (fig. a), sau un gaz, un lichid și o suprafață solidă (fig. b și c).

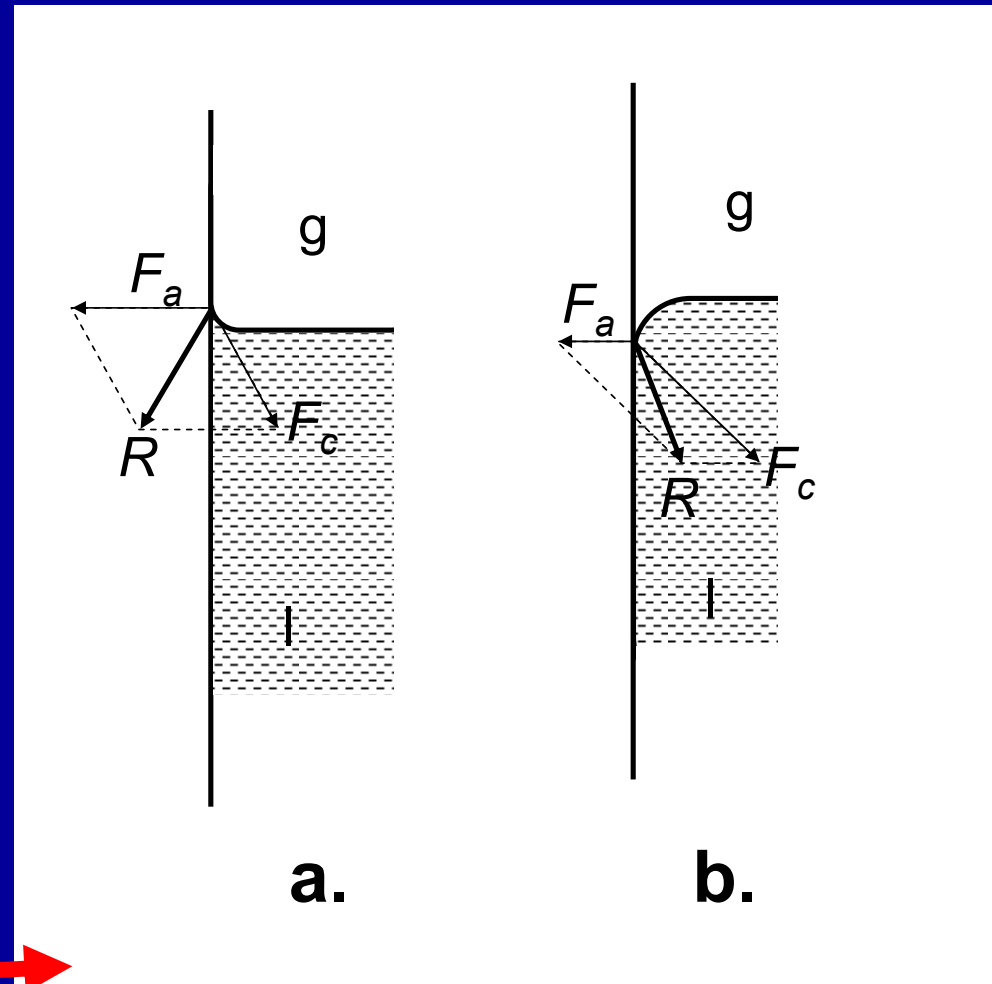
TENSIUNEA SUPERFICIALĂ



Manifestarea tensiunii superficiale în
punctele de contact l_1-l_2-g (a)
și $l-g-s$ (b și c)

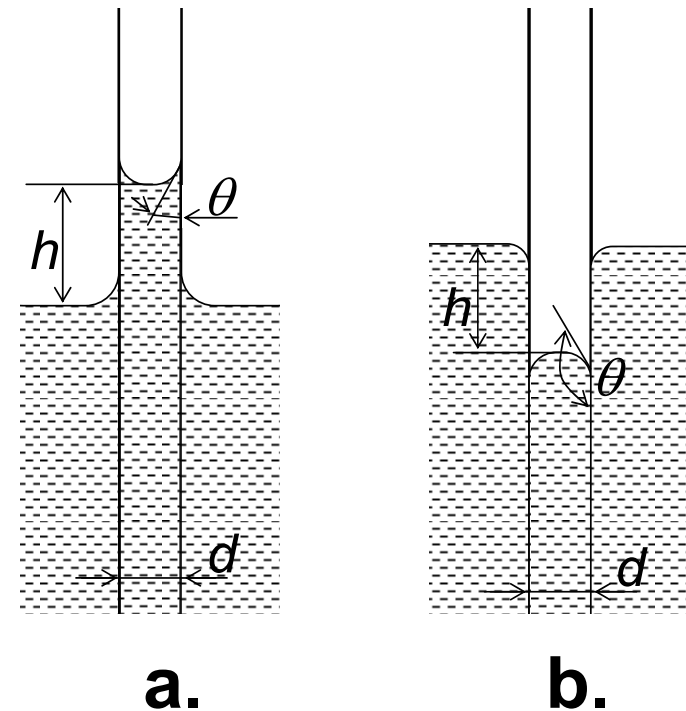
TENSIUNEA SUPERFICIALĂ

o Raportul dintre valoarea forțelor de adeziune (F_a) lichid - solid și valoarea forțelor intermoleculare de coeziune din lichid (F_c) influențează forma meniscului format între un lichid și un gaz în imediata apropiere a unei suprafețe solide (fig.).



TENSIUNEA SUPERFICIALĂ

- o Tensiunea superficială determină, de asemenea, fenomenul de **capilaritate**, fenomen care apare în spațiile mici (tuburi de diametru foarte mic).
- o Lichidele care udă suprafața provoacă **ascensiunea capilară (a)**, iar cele care nu udă suprafața provoacă **coborârea capilară (b)** (fig.).



TENSIUNEA SUPERFICIALĂ

o Denivelarea h a lichidelor în tuburi capilare se poate calcula cu relația:

$$h = \frac{4\sigma}{\rho \cdot g \cdot d} \cdot \cos \theta \quad (33)$$

o în care:

- σ = tensiunea superficială ($\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$),
- ρ = densitatea lichidului ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$),
- g = accelerația gravitațională ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$),
- d = diametrul capilarului (m),
- θ = unghiul de racordare al lichidului cu peretele capilarului.

TENSIUNEA SUPERFICIALĂ

- o Valoarea tensiunii superficiale depinde de natura fluidelor în contact și de temperatură.
- o Tensiunea superficială scade cu creșterea temperaturii.
- o Pentru același lichid în contact cu gaze diferite, tensiunea superficială variază puțin cu natura gazului.
- o Tensiunea superficială influențează dimensiunile și forma picăturilor de lichid și natura curgerii bifazice lichid - gaz.

CAVITAȚIA

- o Lichidele pot încorpora, datorită fenomenului de absorbție, o parte din gazele cu care vin în contact. Conform legii lui Henry, cantitatea de gaz absorbită este direct proporțională cu presiunea parțială a gazului, aceasta scăzând la creșterea temperaturii.
- o Procesul invers absorbției, desorbția, are loc la scăderea presiunii în sistem sau la creșterea temperaturii lichidului. Dacă presiunea scade sub valoarea presiunii de vapori a lichidului, corespunzătoare temperaturii la care se află acesta, apar în lichid bule de gaz, provenite pe de o parte din desorbția gazelor dizolvate și pe de altă parte prin vaporizarea lichidului.
- o Fenomenul de apariție și dezvoltare a bulelor de gaz în masa de lichid poartă denumirea de **cavitație**.

CAVITAȚIA

- o Cavitațiile (bulele) astfel formate pot fi transportate de către lichidul în mișcare în zone în care presiunea lichidului este mai mare decât presiunea de vapori, provocându-se astfel distrugerea bulelor prin **implozie** și refăcându-se astfel omogenitatea fazei lichide.
- o Același fenomen apare și în cazul lichidelor statice dacă în sistem crește presiunea sau scade temperatura, astfel încât să fie îndeplinită condiția $P > P_{vap}$. Implozia cavitațiilor decurge cu o reducere bruscă de volum.

CAVITAȚIA

- o Cavitația urmată de implozie acționează asupra contururilor solide care mărginesc lichidul (conducte, pompe etc.) prin:
 - presiunile mari dezvoltate în momentul imploziei;
 - fenomenele termice induse de comprimarea gazului în cavități;
 - coroziunea provocată de compușii care se pot forma.

CAVITAȚIA

- o Efectele mecanice nedorite datorate cavitației în instalațiile de transport și depozitare a fluidelor sunt:
 - uzura rapidă prin eroziune și coroziune a materialului solid din care este confecționat traseul lichidului;
 - vibrații și zgomote puternice;
 - micșorarea randamentului mecanic al instalațiilor.

TRANSPORTUL LICHIDELOR

TRANSPORTUL LICHIDELOR

o Ecuația Bernoulli pentru regim staționar poate fi pusă sub forma:

$$W = g(z_2 - z_1) + \frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2) + (H_2 - H_1) - Q \quad (1)$$

o Sau:

$$W = g(z_2 - z_1) + \frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2) + \int_1^2 v_s dP + F \quad (2)$$

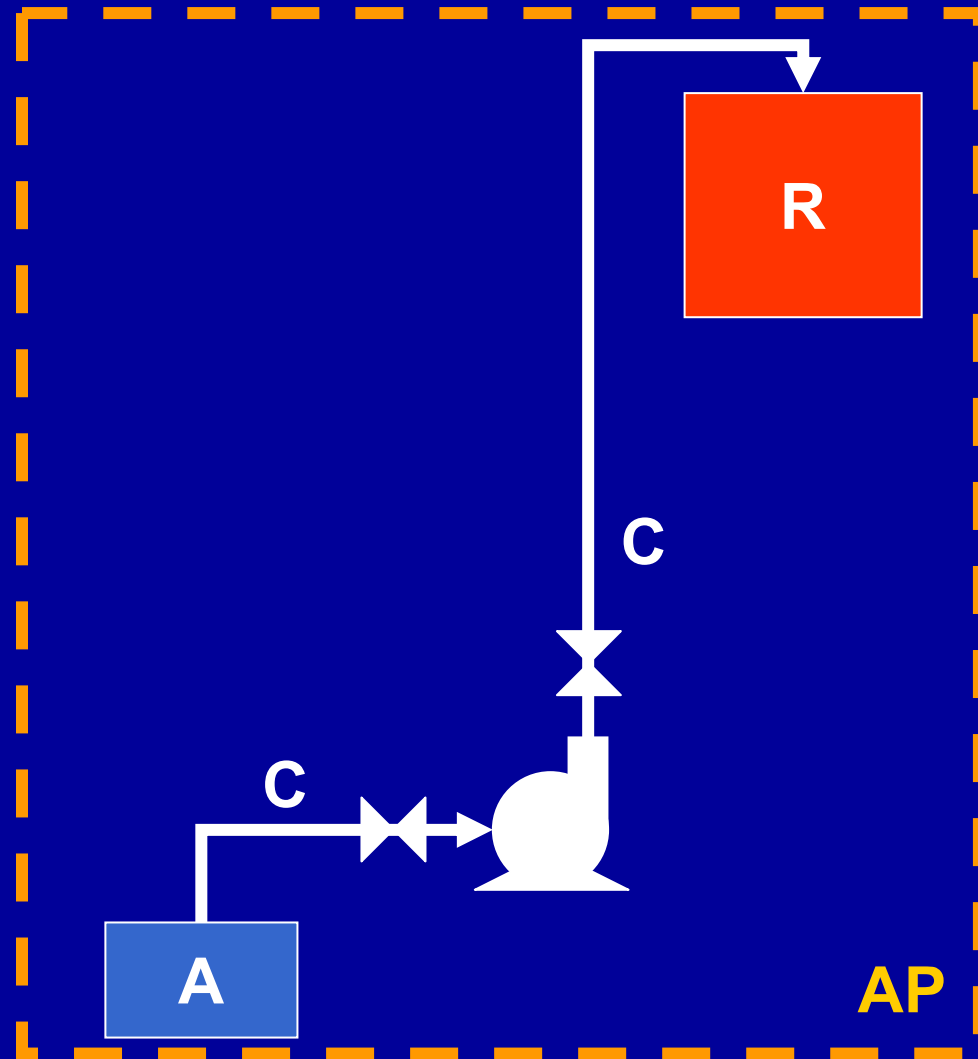
TRANSPORTUL LICHIDELOR

o Pe baza acestor două ecuații se poate afirma că energia **W** furnizată pompei are rolul de a:

- ridica un lichid de la înălțimea z_1 la înălțimea z_2 ;
- mări viteza unui fluid de la v_1 la v_2 ;
- ridica presiunea unui fluid de la P_1 la P_2 ;
- mări entalpia unui gaz de la H_1 la H_2 ;
- Transporta fluidul prin învingerea frecării F .

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

- o O pompă sau un grup de pompe deservește un sistem alcătuit din:
 - spațiul de aspirație (A),
 - ansamblul de conducte și armături (C),
 - spațiul de refulare (R).
- o Sistemul împreună cu pompa sau grupul de pompe alcătuiesc **agregatul de pompare (AP)**.



RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

DEBITUL POMPELOR

- o Debitul masic al pompelor este definit ca fiind masa de lichid transportată de pompă în unitatea de timp.
- o Debitul volumic este definit ca volumul de lichid transportat în unitatea de timp.
- o Raportul dintre debitul volumic real (M_v) și debitul volumic teoretic (M_{vt}) poartă denumirea de randament volumic al pompei:

$$\eta_v = \frac{M_v}{M_{vt}} \quad (3)$$

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

ÎNĂLȚIMEA MANOMETRICĂ

o Dacă ecuația (2) se împarte prin accelerația gravitațională g , se obține:

$$\left(z_2 - z_1\right) + \frac{1}{2g} \left(v_2^2 - v_1^2\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{F}{g} = \frac{W}{g} = Z_m \quad (4)$$

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

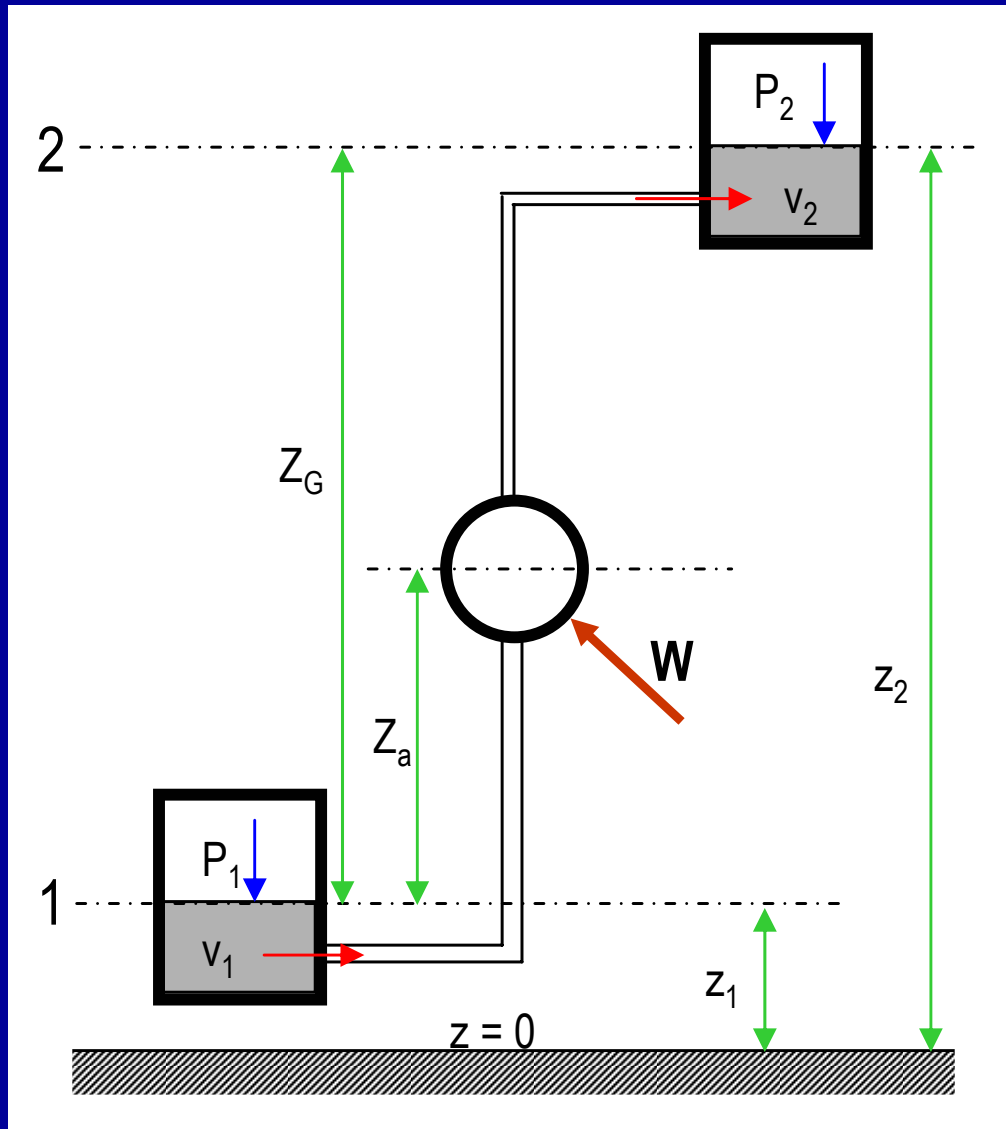
o care se mai poate scrie sub forma:

$$Z_m = \Delta z + \frac{\Delta v^2}{2g} + \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} + \frac{\Delta P_{fr}}{\rho \cdot g} \quad (5)$$

o unde Z_m este înălțimea manometrică a sistemului.

o Sensul fizic al acestei mărimi este echivalentul în presiune (înălțime coloană de lichid) al energiei care trebuie transferată fluidului de către pompa sau grupul de pompe care deservesc sistemul.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR



Pompa va trebui să transfere lichidului energia necesară trecerii sale din vasul inferior (1) în cel superior (2), adică:

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

- o **energia necesară măririi vitezei lichidului** de la valoarea v_1 la intrare în conducta de aspirație la valoarea v_2 la ieșire din conducta de refulare. Dacă ambele conducte au același diametru interior, viteza lichidului în conducta de aspirație va fi tot v_2 ;
- o **energia necesară măririi presiunii statice a lichidului** de la valoarea P_1 , deasupra lichidului în spațiul de aspirație, la valoarea P_2 , deasupra lichidului în spațiul de refulare;
- o **energia necesară ridicării lichidului** de la cota z_1 la cota z_2 ;
- o **energia necesară învingerii rezistențelor prin frecare și a rezistențelor hidraulice locale** pe traseul pe care se deplasează lichidul.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

o Pentru sistemul din fig., ec. (5) devine:

$$Z_m = z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} + \frac{\Delta P_{fr}}{\rho \cdot g} \quad (6)$$

în care diferența:

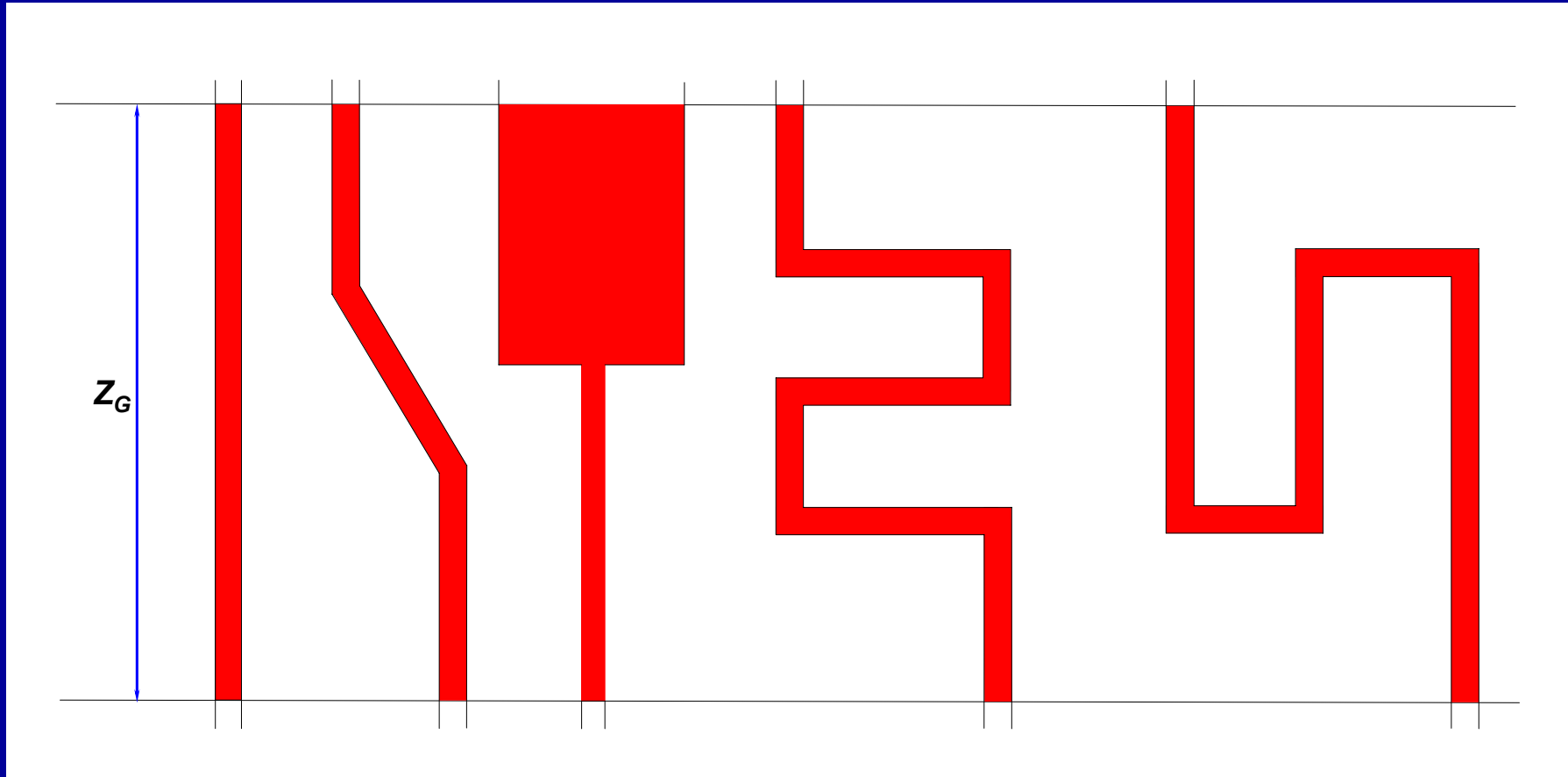
$$Z_G = z_2 - z_1 \quad (7)$$

poartă denumirea de **înălțime geometrică** și este înălțimea pe verticală până la care trebuie ridicat lichidul.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

- o Această înălțime depinde de modul în care sunt amplasate utilajele, respectiv de distanța pe verticală între cele două puncte.
- o Aceeași înălțime geometrică va produce presiuni hidrostactice egale, indiferent de configurația conductei dintre cele 2 puncte.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR



Ilustrarea relației dintre înălțimea geometrică și presiunea
hidrostatică

Lucian Gavrilă – OPERAȚII UNITARE I

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

o Dacă unei pompe în funcțiune i se măsoară presiunea statică a lichidului la intrarea în pompă, P_a , presiunea statică a lichidului la ieșirea din pompă, P_r , diferența pe verticală între punctele de măsură a presiunilor, Z_0 , viteza lichidului la intrarea în pompă, v_a și viteza medie a lichidului la ieșire din pompă, v_r , energia transferată efectiv lichidului se poate scrie, în termeni de înălțimi:

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

$$Z_{me} = \frac{P_r - P_a}{\rho \cdot g} + \frac{v_r^2 - v_a^2}{2 \cdot g} + Z_0 \quad (8)$$

unde Z_{me} este **înălțimea manometrică efectivă** a pompei.

o Aceasta nu conține termenul corespunzător energiei transferate lichidului pentru învingerea frecărilor și șocurilor acestuia în corpul pompei.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

o Luând în considerare această energie prin termenul ΔP_p , ecuația (8) devine:

$$Z_{mt} = \frac{P_r - P_a}{\rho \cdot g} + \frac{v_r^2 - v_a^2}{2 \cdot g} + Z_0 + \frac{\Delta P_p}{\rho \cdot g} \quad (9)$$

în care Z_{mt} poartă denumirea de **înălțime manometrică teoretică** a pompei.

o **Randamentul hidraulic** al pompei, η_h :

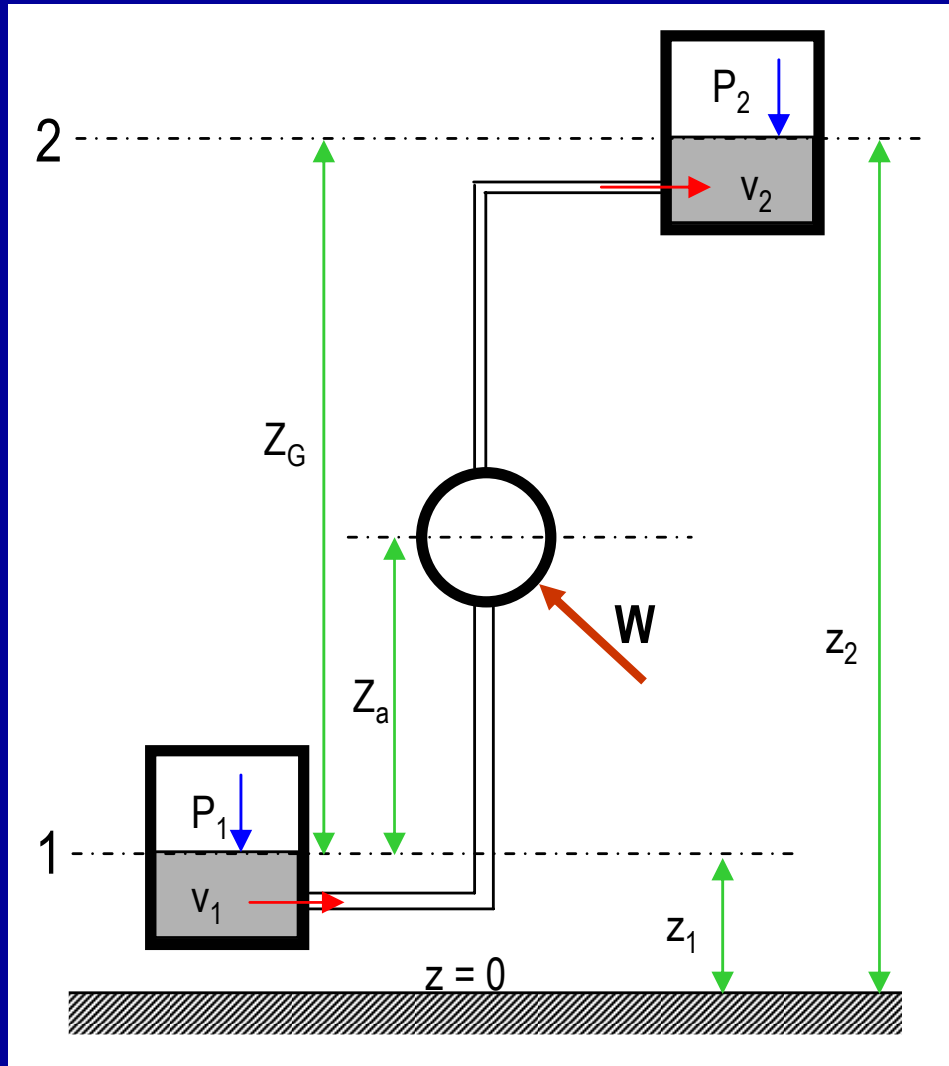
$$\eta_h = \frac{Z_{me}}{Z_{mt}} \quad (10)$$

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

ÎNĂLȚIMEA DE ASPIRAȚIE

- o mărime deosebit de importantă pentru amplasarea pompei în sistem
- o Pt. calculul înălțimii de aspirație, Z_a , se scrie bilanțul energetic între nivelul lichidului în rezervorul de aspirație (punctul 1 din fig.) și cota axului racordului de aspirație (centrul pompei din fig.):

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR



$$\begin{aligned} \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z_1 &= \\ &= \frac{P_{asp}}{\rho \cdot g} + \frac{v_{asp}^2}{2 \cdot g} + \\ &+ (z_a + z_1) + \frac{\Delta P_{fasp}}{\rho \cdot g} \end{aligned}$$

(11)

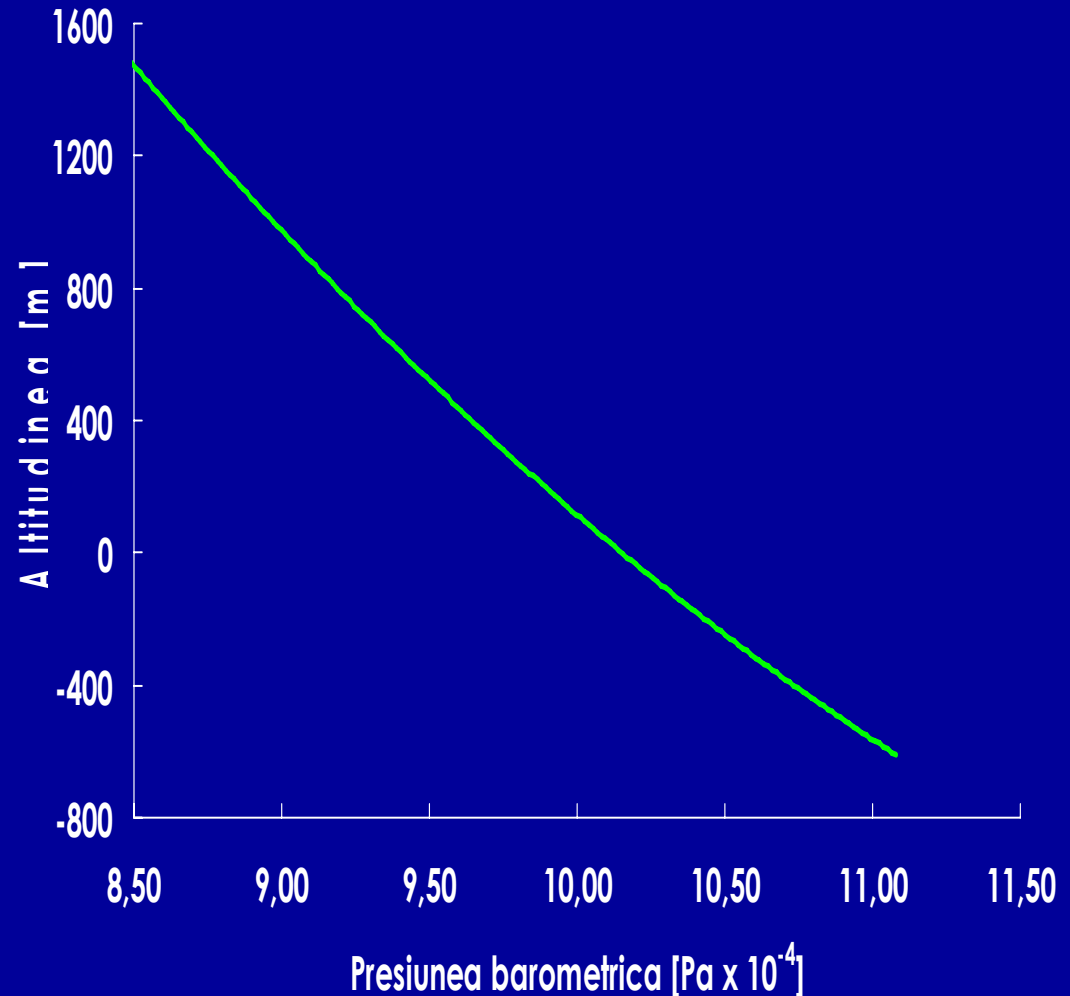
RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

In ec. (11):

- o P_{asp} = presiunea statică a lichidului în corpul pompei când se realizează aspirația;
- o v_{asp} = viteza medie de deplasare a lichidului în corpul pompei;
- o ΔP_{fasp} = pierderea de presiune prin frecare și rezistențe locale pe porțiunea dintre spațiul de aspirație și intrarea în pompă.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

- o Dacă spațiul de aspirație este deschis, P_1 este tocmai presiunea barometrică P_b exercitată la suprafața lichidului.
- o Aceasta este funcție de altitudinea amplasamentului (tab. 4.1 - Trsp. fluidelor).



RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

- o Presiunea P_{asp} a lichidului în corpul pompei când se realizează aspirația nu trebuie să fie mai mică decât presiunea de vapori a lichidului, P_{vap} , la temperatura la care se face aspirația (tab. 4.2).
- o În caz contrar, o parte din lichidul aspirat se poate transforma în vapori, ducând la apariția fenomenului nedorit de **cavitație**.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

o Înlocuind în (11) P_1 cu P_b și P_{asp} cu P_{vap} și explicitând înălțimea de aspirație, se obține:

$$Z_a = \frac{P_b}{\rho \cdot g} - \frac{P_{vap}}{\rho \cdot g} - \frac{\Delta P_{fasp}}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2 - v_{asp}^2}{2 \cdot g} \quad (12)$$

o De obicei, termenul cinetic din (12) are valoare mică și poate fi neglijat.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

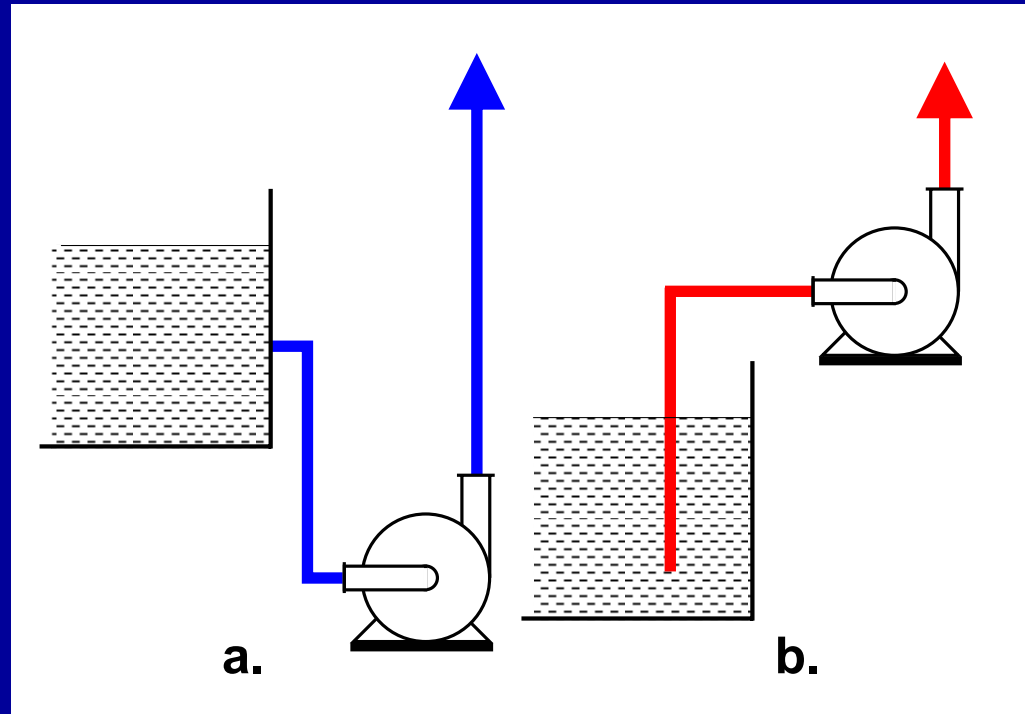
- o În practică, Z aspirație se calculează din condiția derivată din ecuația (12):

$$Z_a \leq \frac{P_b - P_{vap} - \Delta P_{fasp}}{\rho \cdot g} \quad (13)$$

- o Pentru majoritatea lichidelor, când aspirația se face la 288 - 293 K (15 - 20 °C), înălțimea de aspirație este mai mică de 6 m.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

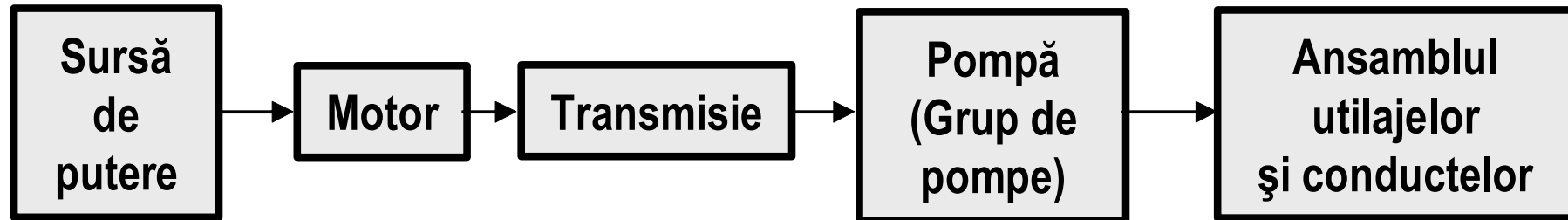
- o Dacă în condițiile în care se face aspirația rezultă din calcul $Z_a < 0$, pompa se va amplasa sub nivelul lichidului din vasul de aspirație, pentru ca lichidul să curgă liber în pompă (b).



RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

- o Când lichidul se găsește la nivel mai adânc decât înălțimea de aspirație, se folosesc pompe speciale (numite pompe **submersibile** sau **pompe imersate**) cu electromotorul închis etanș, introdus împreună cu pompa în lichid.
- o La capătul conductei de aspirație se montează un sorb cu supapă. Capătul inferior al conductei trebuie să fie la cel puțin 0,5 m sub nivelul apei din rezervor și la cel puțin 0,5 m distanță de fund.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR



N_{ins}

N_{mot}

N_a

N_i N_e N_u

N_n

PUTEREA ȘI RANDAMENTUL

N_{ins} = puterea instalată a sistemului de acționare;

o N_{mot} = puterea motorului;

o N_a = puterea de antrenare;

o N_i = puterea indicată;

o N_e = puterea efectivă;

o N_u = puterea utilă;

o N_n = puterea necesară.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

- o Raportând două câte două puterile, se definesc următoarele **randamente**:
- randamentul transmisiei dintre motor și pompă, $\eta_{tr} = N_a / N_{mot}$. Acesta ține seama de pierderile de energie determinate de sistemul de transmisie;
 - randamentul mecanic al pompei, $\eta_m = N_i / N_a$, ține seama de pierderile de energie datorate frecării subansamblurilor în mișcare (arbore și lagăre, piston și cilindru, supape și ghidaje, rotor și carcasă etc.);

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

- randamentul hidraulic al pompei, $\eta_h = N_e / N_i$, ține seama de pierderile de energie prin frecarea și șocurile lichidului în pompă;
- randamentul volumic al pompei, η_v , definit prin ecuația (10), ține seama de consumul suplimentar de energie pentru a acoperi pierderile de debit. Se poate scrie și:
$$\eta_v = N_u / N_e$$

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

o randamentul total al pompei, η_p , este dat de produsul dintre randamentul mecanic, hidraulic și volumic al pompei:

$$\eta_p = \eta_m \cdot \eta_h \cdot \eta_v$$

o randamentul total al agregatului de pompare, η_T , se calculează ca produs între randamentul pompei, randamentul transmisiei și randamentul motorului:

$$\eta_T = \eta_p \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_{mot}$$

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

- o Puterea necesară se calculează pe baza înălțimii manometrice și a debitului volumic (m_v) de lichid transportat prin sistem:

$$N_n = \frac{z_m \cdot \rho \cdot g \cdot m_v}{1000} \quad [\text{kW}] \quad (14)$$

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

- o Puterea de antrenare se calculează după alegerea pompei, ținând cont de debitul volumic real (m_v), înălțimea manometrică efectivă (Z_{me}) și randamentul η_p :

$$N_a = \frac{Z_{me} \cdot \rho \cdot g \cdot m_v}{1000 \cdot \eta_p} \quad [\text{kW}] \quad (15)$$

- o Dacă pompa aleasă nu satisface condiția: $Z_{me} \geq Z_m$ și/sau cerințele de debit, atunci fie se leagă în serie sau în paralel mai multe pompe, fie se alege un alt tip de pompă.

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

- o Puterea motorului se calculează luând în considerare randamentul total al agregatului de pompare:

$$N_{mot} = \frac{Z_{me} \cdot \rho \cdot g \cdot m_v}{1000 \cdot \eta_T} \quad [\text{kW}] \quad (16)$$

RELAȚII ȘI MĂRIMI CARACTERISTICE ÎN TRANSPORTUL LICHIDELOR

o Puterea instalată este mai mare decât puterea motorului, pentru a asigura o rezervă în caz de supraîncărcare:

$$N_{ins} = \beta \cdot N_{mot} \quad [\text{kW}] \quad (17)$$

Puterea necesară [kW]	< 1	1 - 5	5 - 50	> 50
Factor de instalare β	2 - 1,50	1,50 - 1,20	1,20 - 1,15	1,10

CLASIFICAREA POMPELOR DUPA PRINCIPIUL CONSTRUCTIV

Pompe fără elemente mobile	Pompe având organe principale în mișcare	
	<i>Pompe volumice</i>	
	Pompe cu mișcări alternative (pompe cu piston)	Pompe rotative
	<i>Pompe centrifuge</i>	

POMPE FĂRĂ ELEMENTE MOBILE

Sifonul

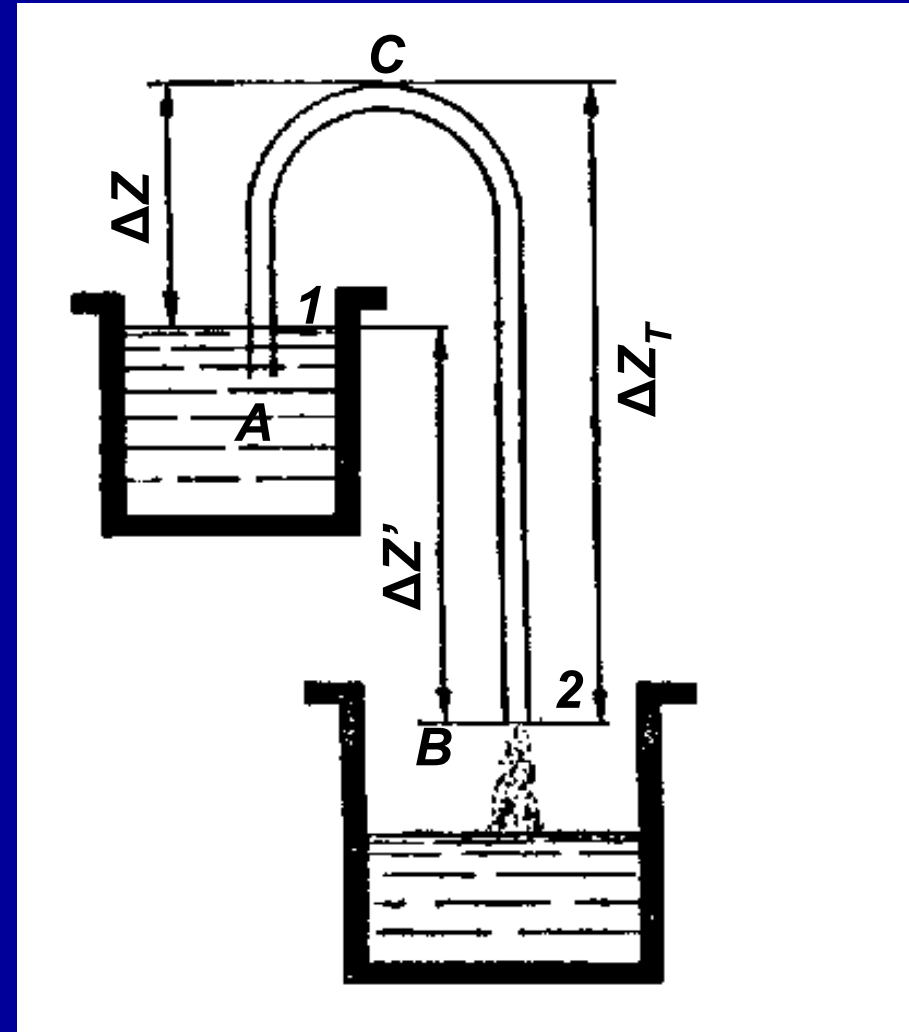
Montejusul

Gaz-liftul

Injectoare, ejectoare

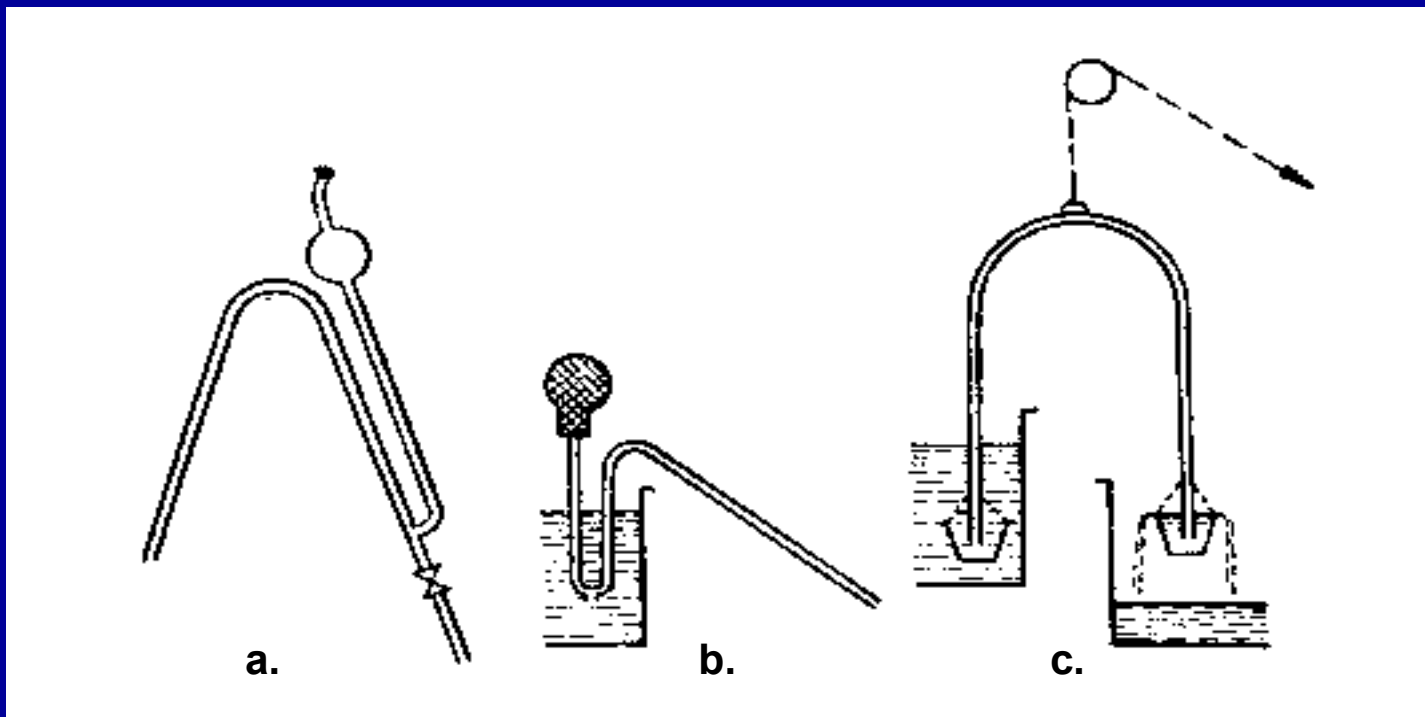
SIFONUL

- o Sifonul este în principiu o țevă - din sticlă, metal, material plastic - îndoită sub formă de U.
- o Servește la transvazarea lichidelor de la un nivel superior la unul inferior, până la egalizarea celor două nivele (fig. 4.5).



SIFONUL

- o Amorsarea se face prin umplerea sifonului cu lichidul de transvazat sau cu un alt lichid, dacă amestecarea celor două lichide nu este dăunătoare.
- o Necesitatea amorsării este principalul dezavantaj al sifonului și de aceea există multe soluții constructive care evită amorsarea directă (fig. 4.6).



SIFONUL

- o O a doua condiție de funcționare este ca presiunea în punctul cel mai înalt (punctul C) al sifonului să fie superioară presiunii de saturație a lichidului la temperatura de lucru.
- o Aplicând ecuația Bernoulli pe porțiunea AC a sifonului din fig. 4.5, se obține:

$$g \cdot \Delta z - \frac{v^2}{2} + \frac{P_1 - P_C}{\rho} - F = 0 \quad (18)$$

SIFONUL

o Ecuația (18) se poate pune sub forma:

$$P_C = P_1 + \rho \cdot g \left(\Delta z - \frac{v^2}{2g} - f \right) > P_S \quad (19)$$

- Δz = diferența de nivel dintre punctul C și suprafața lichidului,
- v = viteza lichidului în sifon,
- P_1 = presiunea la suprafața lichidului,
- P_C = presiunea în punctul C,
- ρ = densitatea lichidului,
- F = energia de frecare pe unitatea de masă de lichid,
- $f = F/g$ = frecarea lichidului până în punctul C (inclusiv rezistența de la intrarea în sifon),
- P_S = presiunea de saturație a lichidului la temperatura de lucru.

SIFONUL

o Debitul sifonului se determină aplicând ecuația *Bernoulli* între punctele 1 și 2, de intrare, respectiv ieșire a lichidului din sifon:

$$g \cdot \Delta z' - \frac{v^2}{2} + \frac{P_1 - P_2}{\rho} - F' = 0$$

$$v = \sqrt{2 \left(g \cdot \Delta z' + \frac{P_1 - P_2}{\rho} - F' \right)}$$

(20)

SIFONUL

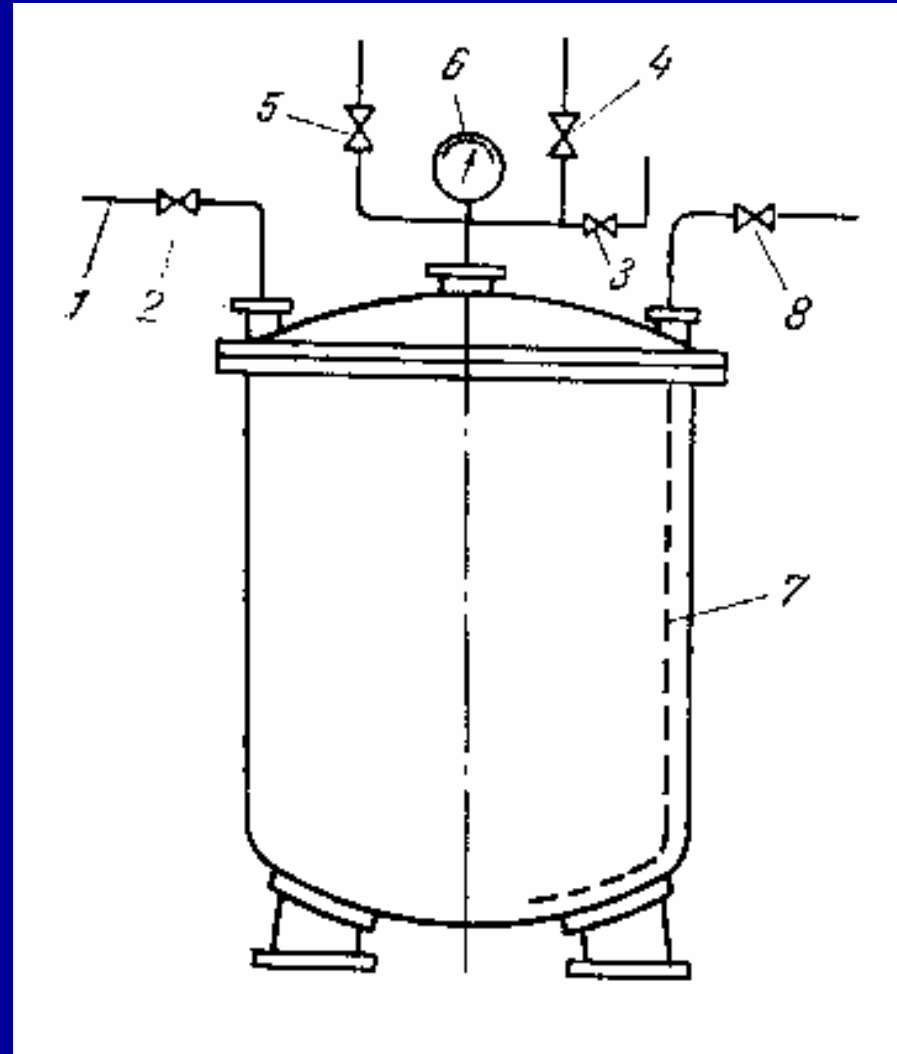
- o Dacă presiunile în punctele 1 și 2 sunt egale ($P_1 = P_2$) și dacă se neglijează frecarea ($F' = 0$), ecuația (20 b) devine:

$$v = \sqrt{2g \cdot \Delta z'} \quad (21)$$

- o Analizând ecuația (21) se poate constata că în momentul în care nivelul lichidului este același în ambele rezervoare, adică $\Delta z' = 0$, viteza de curgere a lichidului prin sifon devine $v = 0$, deci debitul devine și el nul, respectiv funcționarea sifonului încetează.

MONTEJUSUL

- o Este un utilaj static, cu funcționare intermitentă, utilizat pentru transvazarea unor fluide a căror agresivitate chimică este foarte mare. Pentru transvazare se folosește aerul comprimat (0,3 - 0,4 MPa) sau alt gaz inert.

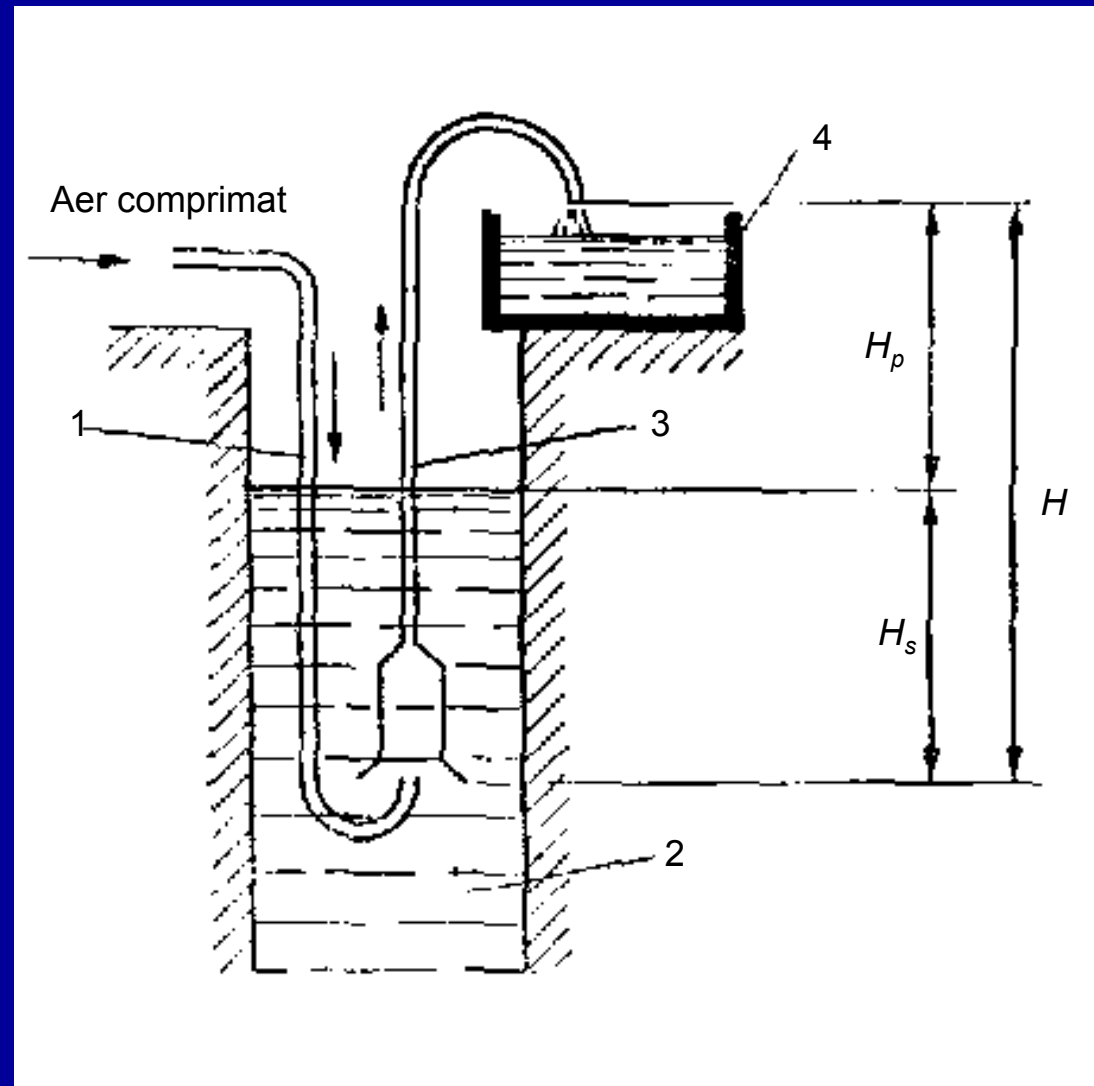


GAZ-LIFTUL

- o Numit și pompa Mammot, acest aparat poate ridica lichide curate sau conținând materii fine în suspensie (nisip, nămol) sau chiar corpuri mari (sfecle întregi, de exemplu).
- o Gaz-liftul utilizează un fluid motor, uzual aer comprimat, care, dispersat sub formă de bule în lichid, formează un sistem eterogen gaz - lichid a cărui densitate este mai mică decât densitatea lichidului.
- o Dispersia de gaz în lichid se ridică prin țeava de refulare, afundată adânc în lichid, pe principiul vaselor comunicante.

GAZ-LIFTUL

- o În principiu, un gaz-lift (fig. 4.8) este alcătuit dintr-o țevă de lungime H afundată pe porțiunea H_s în lichidul de pompat. La extremitatea inferioară a țevii intră o țevă mai subțire prin care este adus aerul comprimat.



GAZ-LIFTUL

- o Suspensia lichid - aer se ridică până la capătul superior al țevii de refulare dacă este îndeplinită condiția:

$$H \cdot \rho_m = H_s \cdot \rho_l = (H - H_p) \cdot \rho_l \quad (22)$$

- o unde ρ_l și ρ_m sunt respectiv densitatea lichidului și densitatea suspensiei lichid - aer,

- o $H_p = H - H_s$ este înălțimea de pompare (23).

GAZ-LIFTUL

- o Din ecuația (22) rezultă necesitatea afundării adânci a conductei de refulare:

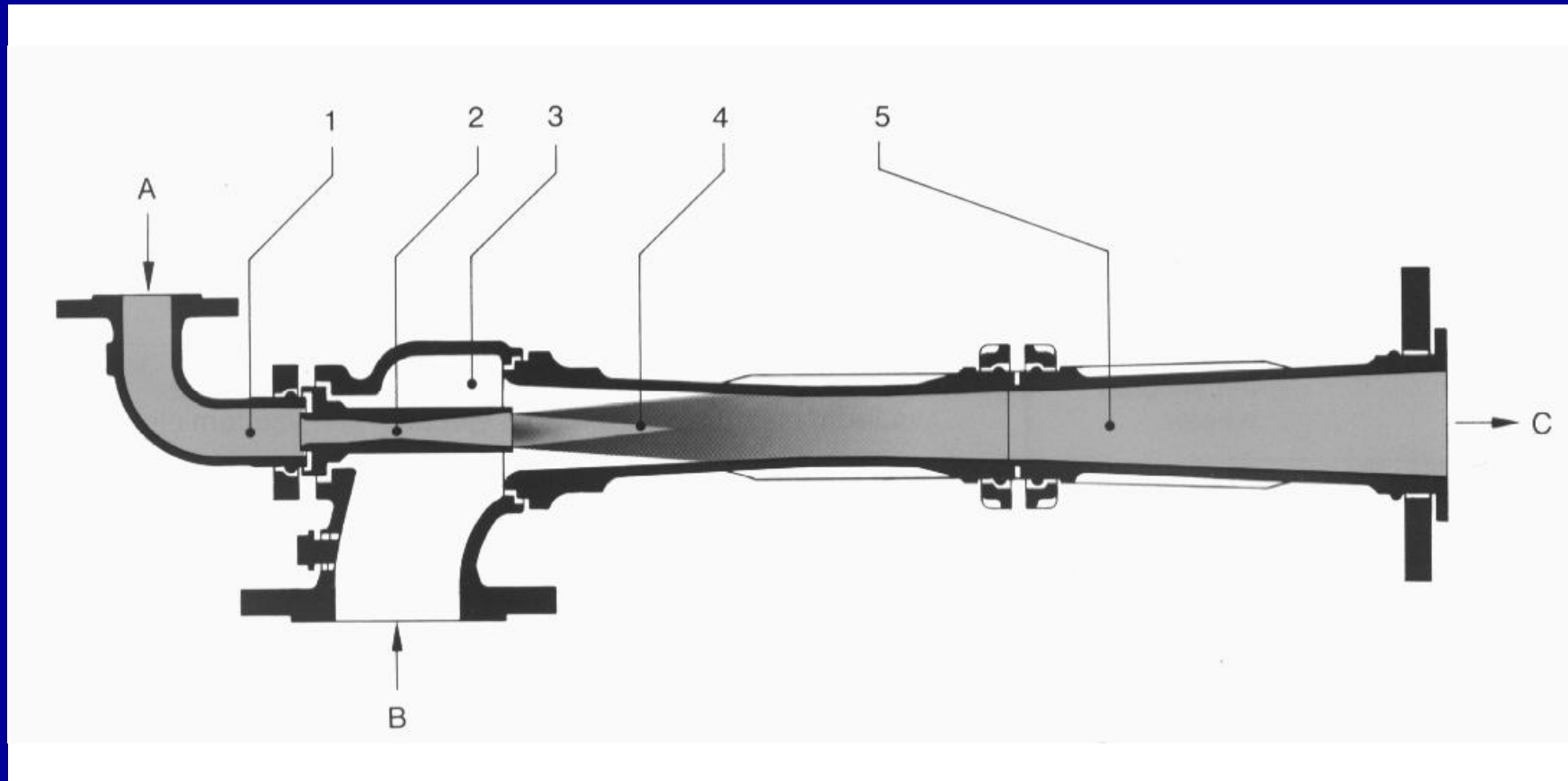
$$H_s = H_p \cdot \frac{\rho_m}{\rho_l - \rho_m} \quad (24)$$

- o Marea lungime de afundare a conductei de refulare, alături de randamentul total scăzut (între 36 - 50%) sunt principalele inconveniente în utilizarea acestor tipuri de pompe.

INJECTOARE ȘI EJECTOARE

- o **Injectoarele** = aparate care servesc la ridicarea și transportul lichidelor, sau la pomparea lor într-un recipient sub presiune, folosind energia cinetică a unui fluid motor: abur, aer comprimat, apă sub presiune.
- o **Ejectoarele** au o construcție similară cu cea a injectoarelor, dar au rolul funcțional de a evacua un fluid dintr-o incintă.

INJECTOARE ȘI EJECTOARE



Injector: 1 - racord intrare fluid motor; 2 - duza; 3 - ajutoraj de amestec; 4 - difuzor interior; 5 - difuzor exterior.

INJECTOARE ȘI EJECTOARE

- o Fluidul motor **A** intră prin racordul 1 în duza 2, unde energia de presiune este transformată în energie cinetică, străbate cu viteză mare ajutorul de amestec 3, antrenând **lichidul de pompat B**;
- o Se formează un amestec între fluidul motor și lichidul de pompat **C**, a cărui energie cinetică atinge valoarea maximă în gâtul injectorului;
- o Amestecul **C** trece apoi în difuzorul interior 4 și în difuzorul exterior 5, unde energia cinetică este transformată treptat în energie de presiune.

INJECTOARE ȘI EJECTOARE

o AVANTAJE:

- aparate ieftine și sigure,
- transportă și lichide cu materii în suspensie,
- se pot construi din materiale anticorozive.

o DEZAVANTAJE:

- necesită debite mari de fluid motor,
- au randament energetic scăzut (15 - 30%).

o Amestecarea lichidului de pompat cu fluidul motor poate deveni un avantaj atunci când, pe lângă pompare, este dorită și încălzirea lichidului.