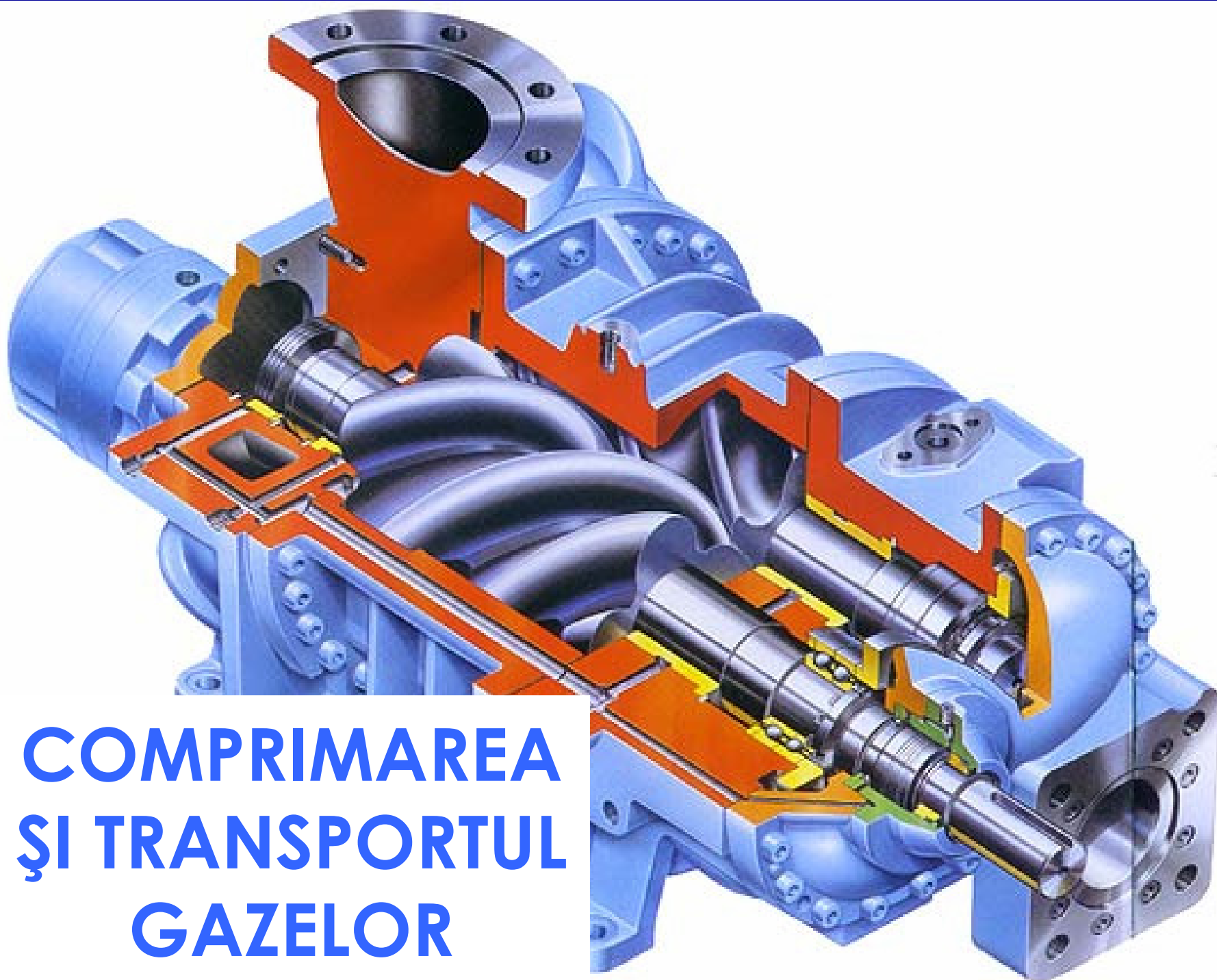




COMPRIMAREA ȘI TRANSPORTUL GAZELOR

CLASIFICAREA UTILAJELOR PENTRU COMPRIMAREA ȘI TRANSPORTUL GAZELOR

CLASIFICARE

Precizări:

- o termenul de **compresoare** se folosește și într-o accepțiune mai largă, echivalentă semnificației de "pompă pentru gaze";
- o **ejectoarele** sunt **injectoare** folosite pentru evacuarea gazelor;
- o **busterele** servesc pentru introducerea gazelor într-un recipient la presiune supraatmosferică;
- o **exhaustoarele** sunt ventilatoare utilizate pentru evacuarea în atmosferă a gazelor dintr-o încălț.
- o Orice tip de pompă pentru gaze poate fi adaptată, prin modificări constructive adecvate, pentru obținerea vidului.

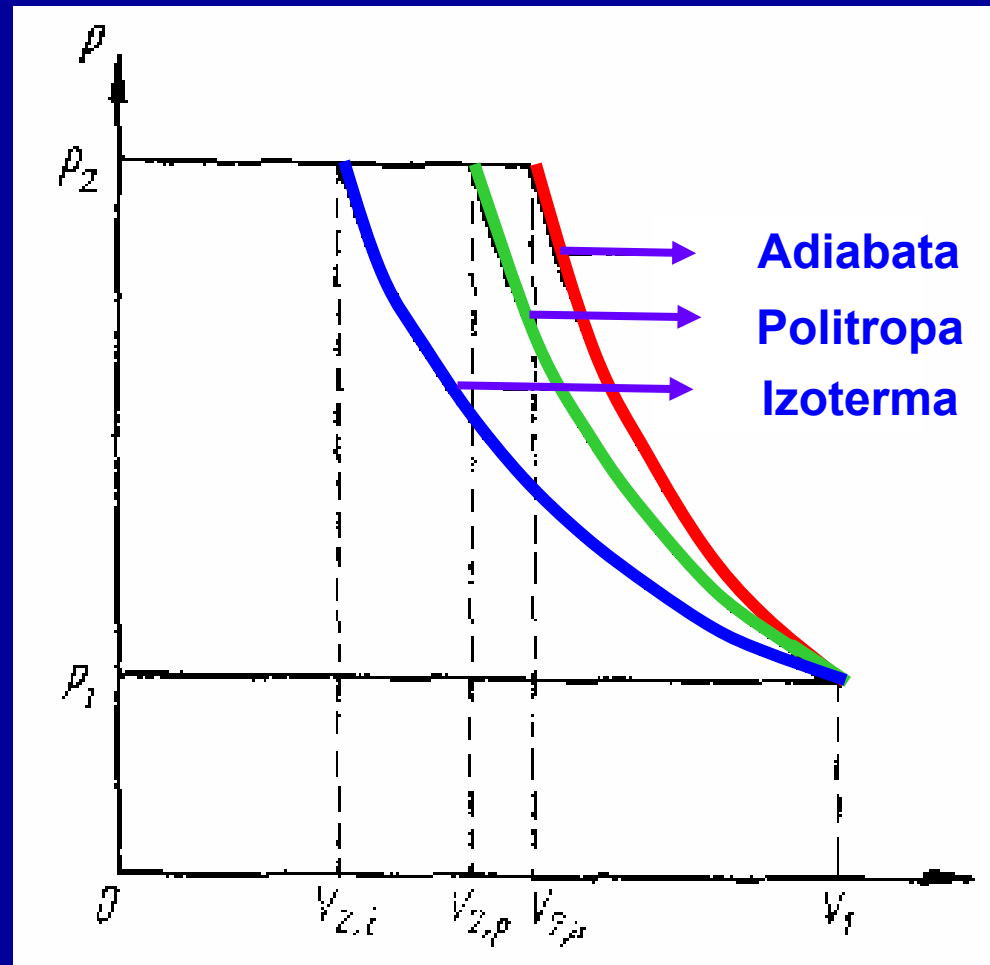
Categoriea		Denumiri	Tipuri	Variante constructive
Fără elem. mobile		Injectoare Ejectoare		-Monoetajate -Polietajate
Compre- soare volumice	Cu mișcări alter- native	Compresoare	Cu piston	-Monocilindrice -În echicurent -Multicilindrice în I, V, W, boxer -Polietajate
			Cu diafragmă	-Acționare mecanică directă -Acționare prin pulsare hidraulică
	Rotative	Suflante	Cu inel lichid	-Cu palete radiale -Cu palete curbe
			Cu tambur și lamelle culisante	-Lamele culisante în rotor -Lamele culisante în stator
			Cu pistoane rotative	-Pistoane cu 2 lobi în 8 (<i>Roots</i>) -Pistoane cu 3 lobi
			Elicoidale	
	Compresoare rotodinamice		Ventilatoare	Axiale
Centrifugale				-Palete radiale -Palete curbate în sens invers rotației -Palete curbate în sensul rotației (<i>Sirocco</i>)
Turbocom- presoare			Axiale	-Polietajate
			Centrifugale	-Polietajate

COMPRESOARE VOLUMICE CU MIȘCĂRI ALTERNATIVE

- o Sunt mașinile care comprimă gazul într-o incintă al cărei volum variază prin deplasarea, cu mișcări alternative, a unui piston, unui plunger, unui disc sau unei diafragme.
- o Deosebirea esențială față de pompele similare pentru lichide:
 - pentru lichide (fluide incompresibile), trecerea de la presiunea de aspirație la presiunea de refulare se face brusc,
 - la gaze, din cauza compresibilității, comprimarea până la presiunea de refulare se face progresiv, pe o mare porțiune a cursei pistonului, înainte de evacuarea gazului.

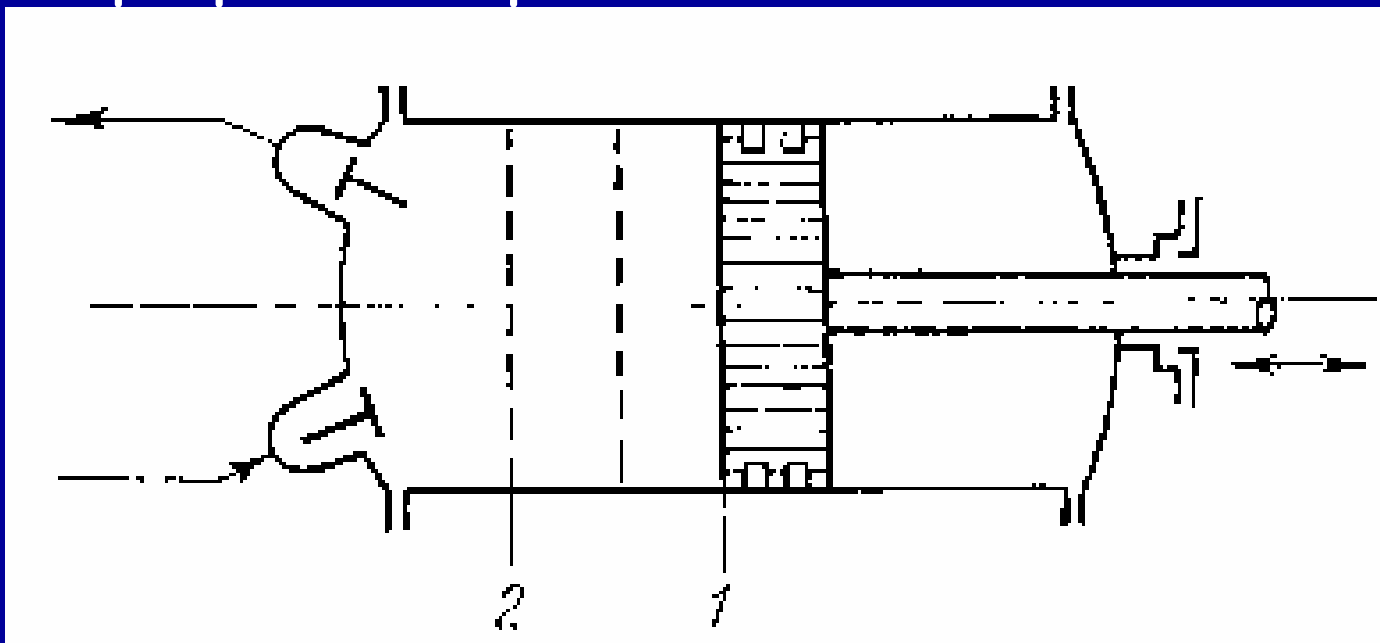
COMPRESOARE VOLUMICE CU MIȘCĂRI ALTERNATIVE

- o Variația stării unui gaz atunci când își schimbă presiunea și volumul se poate realiza prin trei procese:
 - izoterm,
 - adiabat,
 - politrop.



COMPRESOARE VOLUMICE CU MIȘCĂRI ALTERNATIVE

- o În compresoarele obișnuite, comprimarea este politropă, dar destul de apropiată de comprimarea adiabată; uneori se aproximează comprimarea politropă prin comprimarea adiabată.



COMPRESOARE VOLUMICE CU MIȘCĂRI ALTERNATIVE

- o Lucrul mecanic consumat în procesul de comprimare se obține din bilanțul lucrului mecanic:

$$\left[\begin{array}{c} \text{Lucrul mecanic} \\ \text{primit de sistem} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Lucrul mecanic cedat} \\ \text{de mediul exterior} \end{array} \right] \quad (1)$$

- o Din punct de vedere termodinamic, lucrul mecanic primit de sistem are semn negativ, el constituind o pierdere pentru mașina care-l furnizează.

COMPRESOARE VOLUMICE CU MIȘCĂRI ALTERNATIVE

o Teoretic, se consumă:

- lucrul mecanic L_a pentru aducerea gazului în sistem (compresor),
- lucrul mecanic L_c , pentru comprimarea gazului,
- lucrul mecanic L_r pentru evacuarea gazului din sistem.
- Conform ec. (1), lucrul mecanic primit de sistem, L_M , va fi:

$$L_M = -L_a - L_c - L_r \quad (2)$$

COMPRESOARE VOLUMICE CU MIȘCĂRI ALTERNATIVE

o Admițând că aspirația se face la presiunea constantă P_1 și refularea se face la presiunea constantă P_2 se poate scrie:

$$L_M = -P_1 \int_0^{V_1} dV - \int_{V_1}^{V_2} P \cdot dV - P_2 \int_{V_2}^0 dV = P_2 \cdot V_2 - P_1 \cdot V_1 - \int_{V_1}^{V_2} P \cdot dV \quad (3)$$

o Întrucât:

$$P_2 \cdot V_2 - P_1 \cdot V_1 = \int_1^2 d(P \cdot V) = \int_{V_1}^{V_2} P \cdot dV + \int_{P_1}^{P_2} V \cdot dP \quad (4)$$

COMPRESOARE VOLUMICE CU MIȘCĂRI ALTERNATIVE

o expresia lucrului mecanic primit de sistem devine:

$$L_M = \int_{P_1}^{P_2} V \cdot dP \quad (5)$$

o Cu ajutorul relației (5) se poate calcula lucrul mecanic în procesele de comprimare.

COMPRESOARE VOLUMICE CU MIȘCĂRI ALTERNATIVE

o Pentru **comprimarea izotermă**, din legea *Boyle-Mariotte* se poate scrie:

$$V = \frac{n \cdot \mathcal{R} \cdot T}{P} \quad (6)$$

- n = numărul de moli de gaz comprimat,
- $\mathcal{R}$ = constanta universală a gazelor [J/(mol.K)],
- T = temperatura absolută [K].

COMPRESOARE VOLUMICE CU MIȘCĂRI ALTERNATIVE

- o Înlocuind (6) în (5) rezultă relația cu care se calculează lucrul mecanic la comprimarea izotermă:

$$(L_M)_{IZ} = n \cdot \mathfrak{R} \cdot T \cdot \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (7)$$

- o Pentru comprimarea adiabată se ține cont de ecuația adiabatei:

$$P \cdot V^\chi = P_1 \cdot V_1^\chi = \dots = \text{const.} \quad (8)$$

- o χ = coeficientul adiabatic ($\chi = C_p/C_v$).

COMPRESOARE VOLUMICE CU MIȘCĂRI ALTERNATIVE

o Exprimând volumul din ecuația (8):

$$V = \frac{(P_1)^{1/\chi} \cdot V_1}{(P)^{1/\chi}} \quad (9)$$

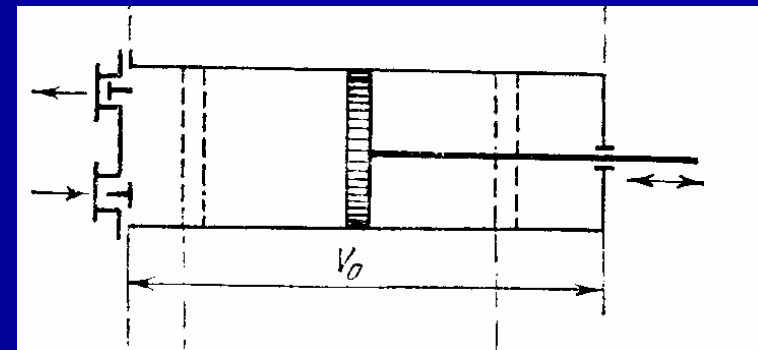
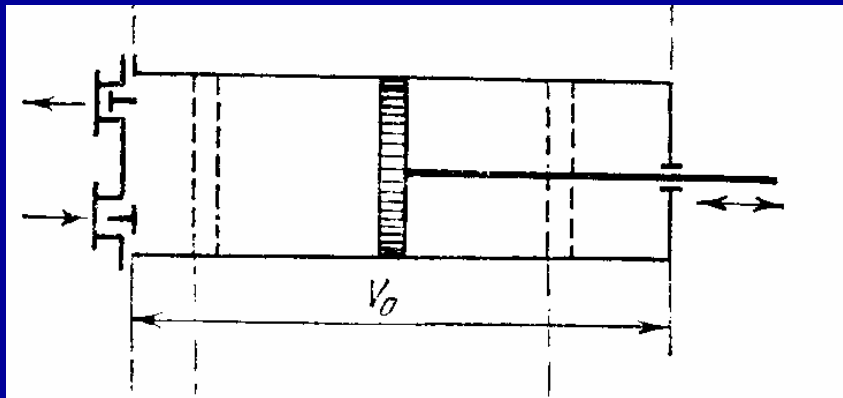
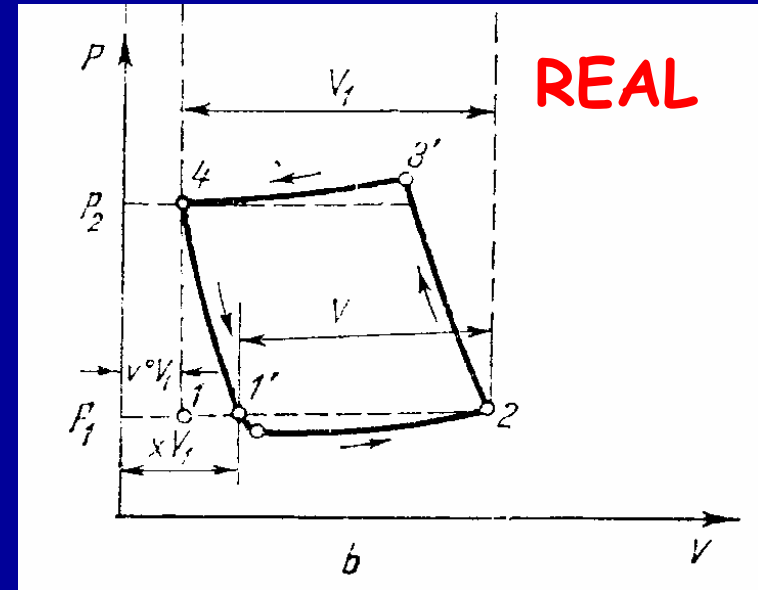
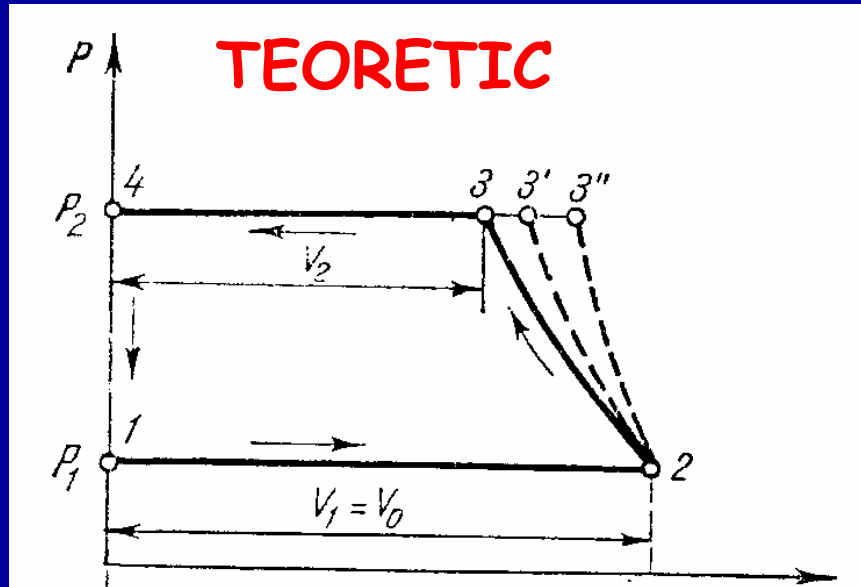
și introducându-l în (5) se obține ec. de calcul a L_M la comprimarea adiabată:

$$(L_M)_{AD} = \frac{\chi}{\chi - 1} \cdot P_1 \cdot V_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\chi-1}{\chi}} - 1 \right] \quad (10)$$

COMPRESOARE VOLUMICE CU MIȘCĂRI ALTERNATIVE

- o Lucrul mecanic la comprimarea politropă, $(L_M)_P$, se calculează cu o relație similară relației (10), în care în locul coeficientului adiabatic χ se utilizează un coeficient politropic, n . Pentru aer, $n = 1,13$.
- o Lucrul mecanic este măsurat în jouli. Dacă în locul volumului $[m^3]$ se introduce debitul gazului $[m^3/s]$, lucrul mecanic consumat, L $[J]$ devine puterea consumată, N $[W]$.

DIAGRAMA DE LUCRU A COMPRESORULUI



RANDAMENTUL ȘI PUTEREA

- o În realitate, nu tot volumul de gaz aspirat este comprimat și evacuat, pentru că la comprimare, datorită neetanșeității supapelor și prin spațiul dintre cilindru și piston au loc pierderi de gaze.
- o Se definește astfel **randamentul de producție** sau **coeficientul de eficacitate al aspirației**, ca raport între volumul de gaz evacuat V_c și volumul V de gaz aspirat:

$$\eta_v' = \frac{V_c}{V} = \frac{V_c}{\eta_v \cdot V_1} \quad (20)$$

RANDAMENTUL ȘI PUTEREA

- o Randamentul de utilizare sau gradul de utilizare este dat de raportul dintre volumul de gaz comprimat, V_c și volumul corespunzător cursei pistonului, V_1 :

$$\eta_u = \frac{V_c}{V_1} = \eta_v \cdot \eta_v' \quad (21)$$

DEBITUL VOLUMIC

- o **Debitul volumic** al compresorului la o turație a arborelui motor de n_1 rotații pe secundă va fi:

$$m_V = \eta_u \cdot V_1 \cdot n_1 = \eta_u \cdot A \cdot l \cdot n_1 \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (22)$$

- o A = secțiunea pistonului $[\text{m}^2]$,
- o l = lungimea cursei pistonului $[\text{m}]$.

PUTEREA

- o **Puterea teoretică**, N , necesară la axul compresorului se calculează cu relația (10) în care se înlocuiește coeficientul adiabatic χ cu coeficientul politropic n , iar volumul descris de piston este înlocuit cu debitul volumic:

$$N = 0,001 \cdot \frac{n}{n-1} \cdot P_1 \cdot m_V \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \text{ [kW]} \quad (23)$$

PUTEREA

- o Puterea motorului care acționează compresorul este:

$$N_{mot} = \frac{N}{\eta} \quad (24)$$

- o în care η este randamentul total al instalației de comprimare, acesta având valori cuprinse între 0,45 - 0,65.

COMPIMAREA ÎN TREPTE

o DEOARECE

- în condiții practice sunt necesare debite mari de gaze,
- pentru a reduce dimensiunile de gabarit ale compresoarelor, viteza gazelor vehiculate este mare,

o comprimarea izotermă, cu consum minim de lucru mecanic nu este posibilă.

o Comprimarea este întotdeauna politropă, destul de apropiată de adiabată, cu consum ridicat de lucru mecanic.

o Comprimarea politropă implică temperaturi ridicate, uneori periculoase pentru compresor.

COMPIMAREA ÎN TREPTE

- o Pentru ridicarea randamentului energetic și pentru scăderea temperaturii, apropiind comprimarea de regimul izoterm, sunt posibile două soluții:
 - răcirea compresorului cu apă sau aer: efectul este slab, fiind aplicat mai mult pentru menajarea lubrifierii;
 - comprimarea în trepte.
- o Comprimarea în trepte este necesară și din considerente tehnologice, pentru micșorarea temperaturii gazelor în compresor.

COMPIMAREA ÎN TREPTE

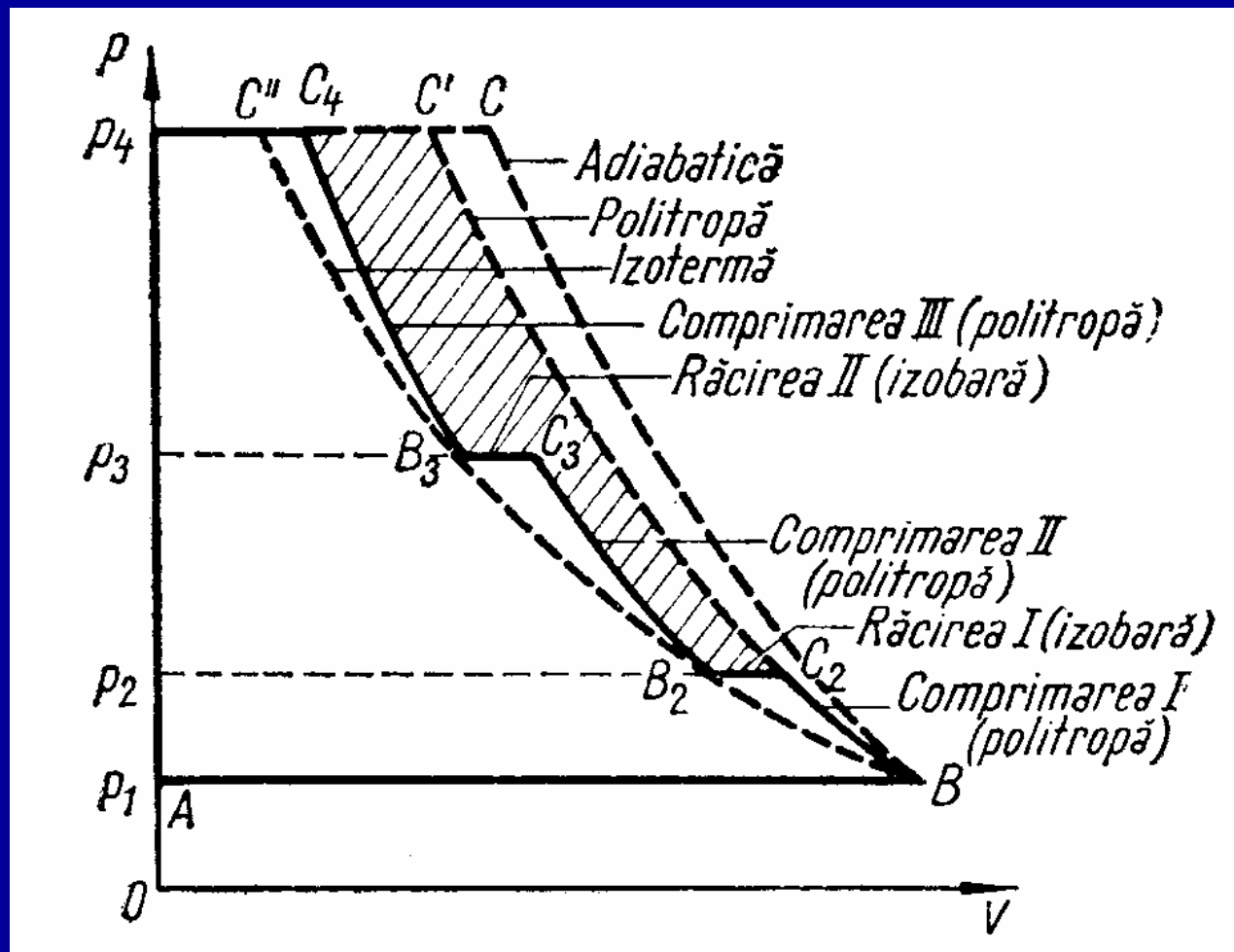


Diagrama P - V a comprimării în trepte

Suprafața hașurată = L_M economisit, prin comprimare în trepte, față de L_M necesar pentru comprimarea politropă BC' , într-o singură treaptă

COMPIMAREA ÎN TREPTE

- o Una din problemele comprimării în trepte: **stabilirea presiunilor intermediare optime în treptele compresorului.**
- o Acestea rezultă din condiția de extrem ca lucrul mecanic economisit să fie maxim.
- o Uneori, presiunile intermediare rezultă din condiția de securitate = în nici o treaptă a compresorului temperatura gazului să nu depășească o valoare limită.

COMPIMAREA ÎN TREPTE

o Pentru comprimarea de la presiunea P_1 la presiunea P_2 , în două trepte - cu presiunea intermediară P_x - lucrul mecanic este:

- în prima treaptă:

$$L_1 = P_1 \cdot V_1 \cdot \frac{n}{n-1} \cdot \left[\left(\frac{P_x}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (25)$$

- în treapta a 2-a:

$$L_2 = P_1 \cdot V_1 \cdot \frac{n}{n-1} \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_x} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (26)$$

COMPIMAREA ÎN TREPTE

o lucrul mecanic total:

$$L = L_1 + L_2 = P_1 \cdot V_1 \cdot \frac{n}{n-1} \cdot \left[\left(\frac{P_x}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} + \left(\frac{P_2}{P_x} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 2 \right] \quad (27)$$

o Lucrul mecanic este minim atunci când expresia din paranteza dreaptă este minimă, adică:

$$\frac{\partial}{\partial P_x} \left[\left(\frac{P_x}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} + \left(\frac{P_2}{P_x} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] = 0 \quad (28)$$

COMPIMAREA ÎN TREPTE

- o Derivând și efectuând calculele, se obține în final valoarea presiunii intermediare optime:

$$P_x = \sqrt{P_1 \cdot P_2} \quad (29)$$

- o care este egală cu media geometrică între presiunea inițială și presiunea finală.

COMPIMAREA ÎN TREPTE

- o Pentru un compresor cu **N** trepte, se definește raportul de comprimare, egal cu raportul dintre presiunea finală și presiunea inițială în fiecare treaptă:

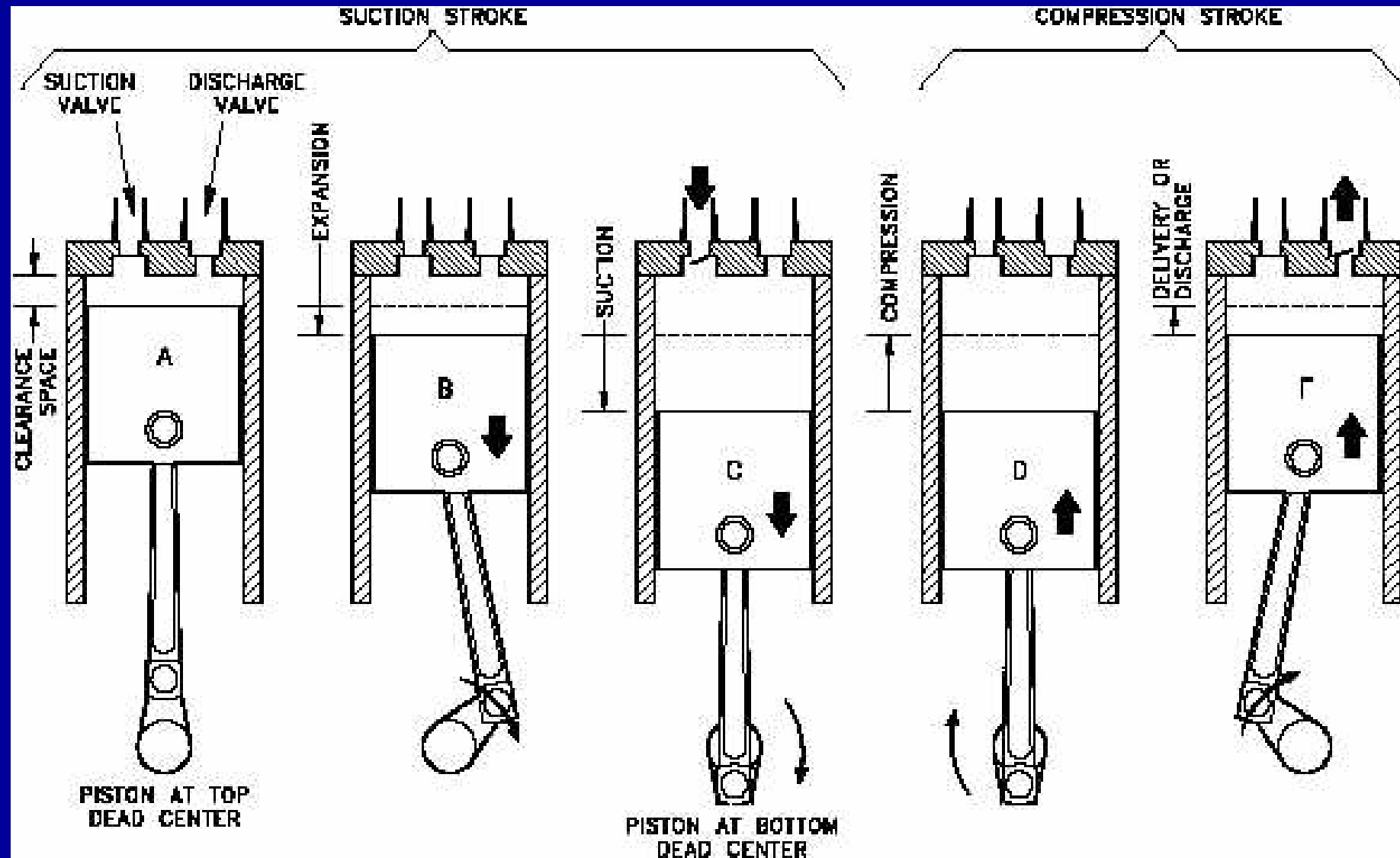
$$P^0 = \frac{P_1}{P_0} = \frac{P_2}{P_1} = \dots = \frac{P_N}{P_{N-1}} \quad (30)$$

- o P_0 = presiunea inițială,
- o P_N = presiunea finală,
- o $P_1, P_2, \dots, P_{N-1}$ = presiunile intermediare.

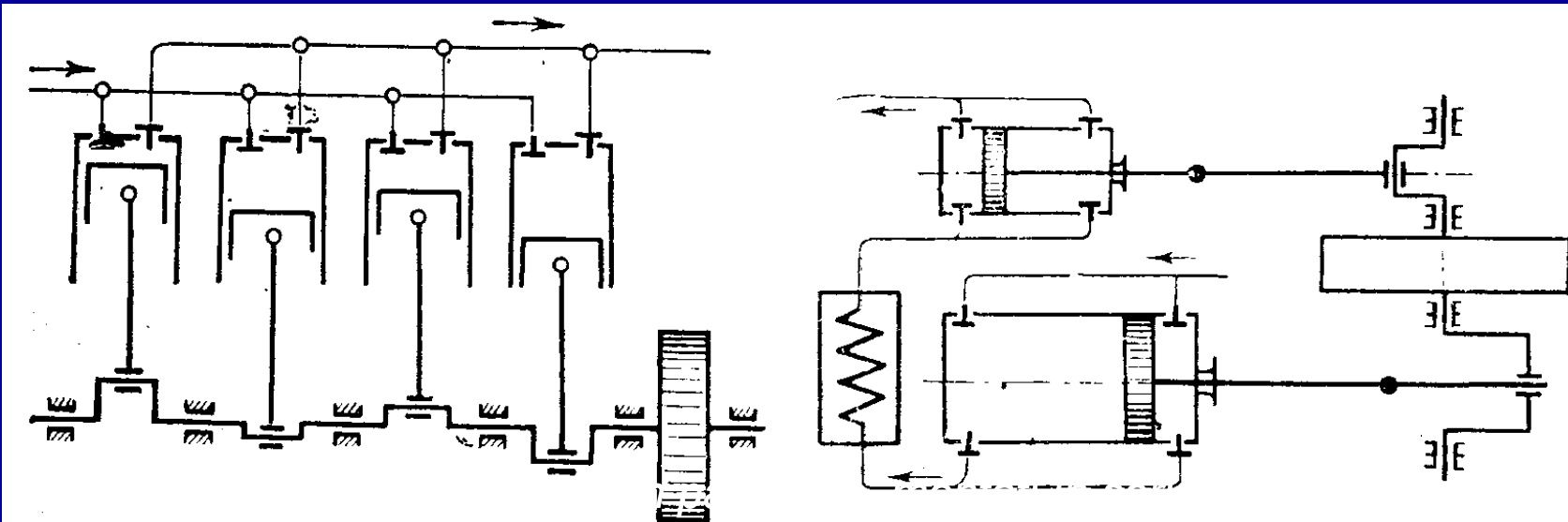
COMPIMAREA ÎN TREPTE

- o Numărul treptelor de comprimare este limitat, din motive constructive.
- o Valoarea recomandată pentru raportul de comprimare este între 3 și 4 pentru compresoarele cu piston; unele compresoare de construcții speciale lucrează cu valori mai mari ale raportului de comprimare.
- o Numărul treptelor de comprimare se calculează și pe baza temperaturii maxime admise în cilindru pentru a menține o ungere satisfăcătoare și pentru a evita exploziile (posibile, de exemplu, în amestecul exploziv ulei - aer).
- o La comprimarea aerului, de exemplu, temperatura din cilindrii nu trebuie să depășească 413 K.

COMPRESOARE CU PISTON



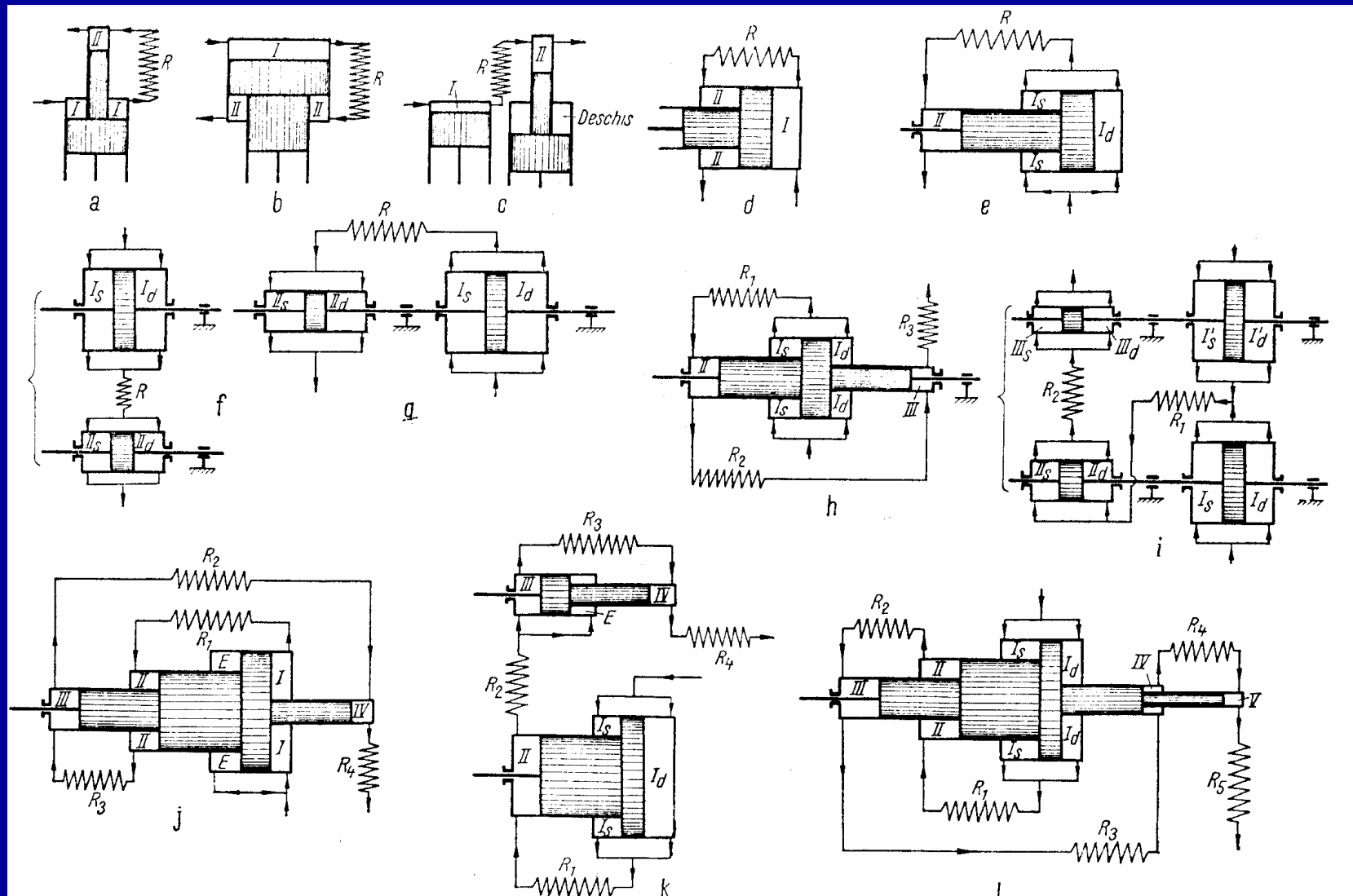
COMPRESOARE CU PISTON



a - montați în paralel;

b- montați în serie

- o Un compresor cu piston este alcătuit din următoarele părți principale: cilindrii, pistoanele, sistemul de acționare, supapele de admisie și evacuare, canalele de admisie și evacuare, sistemul de răcire, regulatorul de debit, separatoarele de ulei și apă.



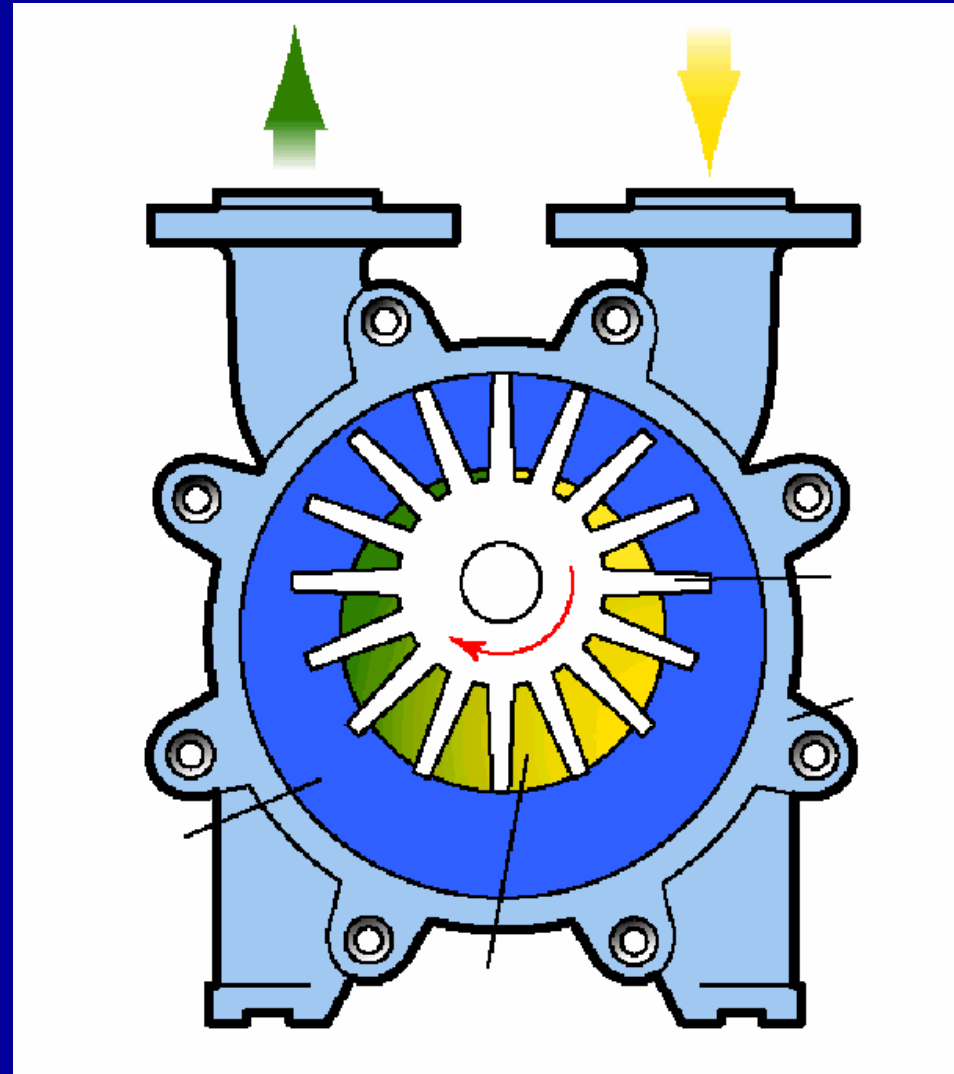
Scheme de compresoare cu piston cu mai multe trepte: a, b, c - compresoare verticale cu 2 trepte de comprimare; d, e, f, g, h, i - compresoare cu 3 trepte de comprimare; j, k - compresoare cu 4 trepte de comprimare și spațiu de echilibrare; l - compresor cu 5 trepte de comprimare.

Lucian Gavrila – OPERATII UNITARE I

COMPRESOARE CU PISTON

Tipul compresoarelor	Debit volumic, m_v [m ³ /min]	Cursa pistonului, l [m]	Turația, n [rot/min]	Viteza medie, v_m [m/s]
Mici, verticale, o singură treaptă	0,1 - 0,8	0,03 - 0,60	1500 - 1000	1,5 - 2,0
Mici și mijlocii, verticale, una sau două trepte	1,0 - 2,0	0,08 - 0,18	600 - 300	1,5 - 2,5
Mari, orizontale, dublu efect, o singură treaptă	3,0 - 3,5	0,15 - 0,50	350 - 180	1,8 - 3,0

COMPRESOARE VOLUMICE ROTATIVE



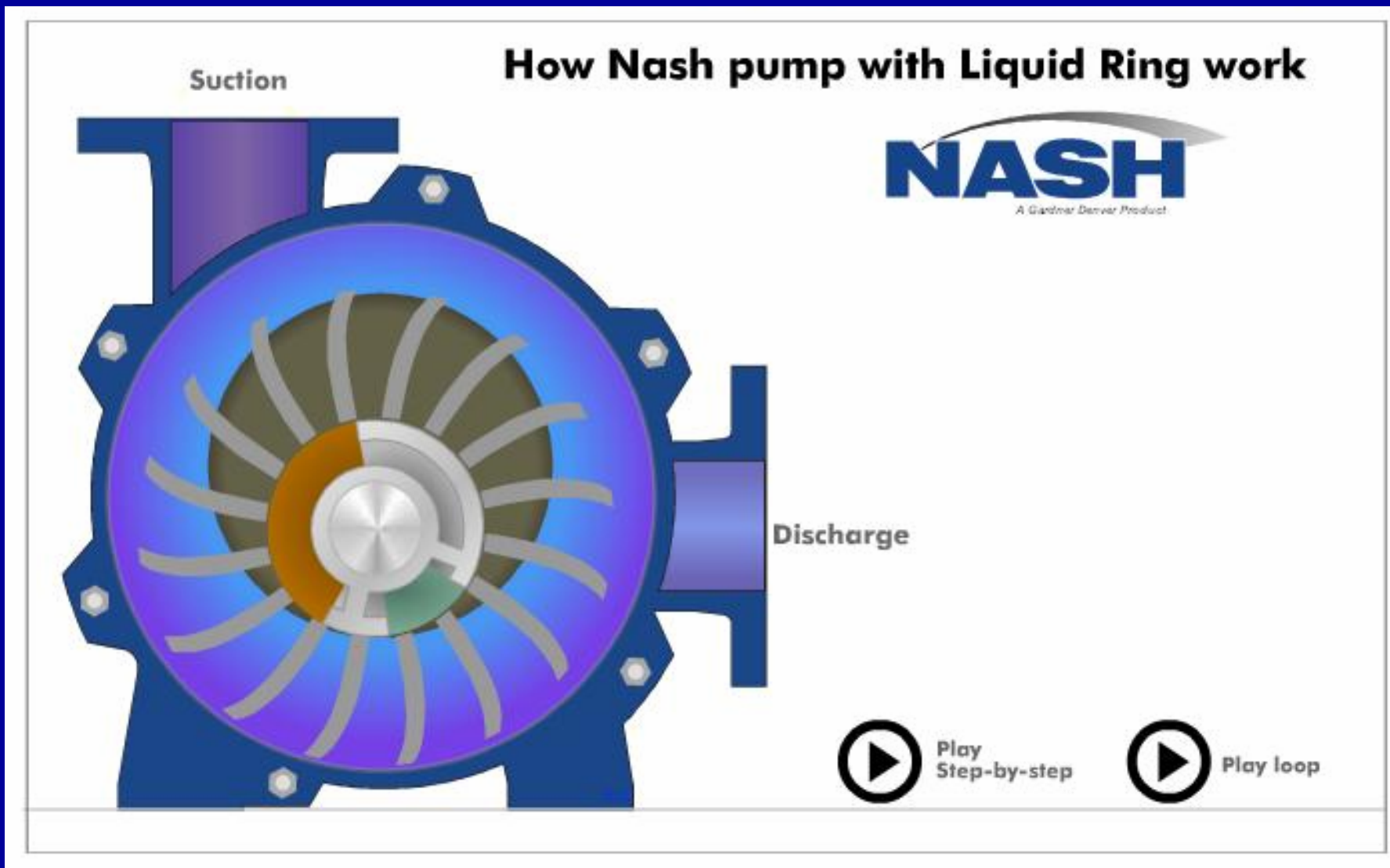
COMPRESOARE VOLUMICE ROTATIVE

- o Sunt asemănătoare dpdv constructiv și funcționează pe baza aceluiași principiu ca și pompele rotative pentru lichide.
- o Gazul este transportat de la intrare spre ieșire de către un element rotativ: rotor, tambur, piston, piesă în șurub.
- o Comprimarea:
 - în interiorul mașinii,
 - în conducta de refulare.
- o Deoarece realizează depresiuni mari la aspirație pot fi utilizate și ca pompe de vid.

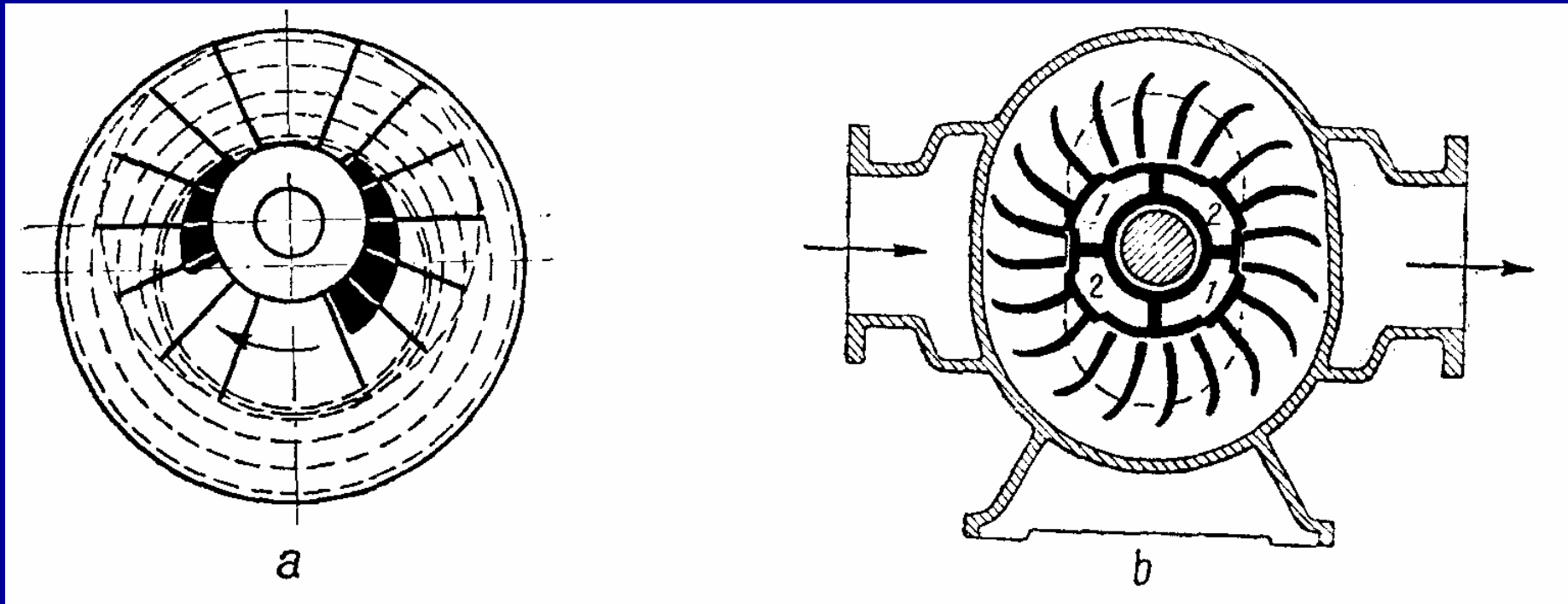
COMPRESOARE CU INEL LICHID

- o Compresorul rotativ cu inel lichid constă dintr-o carcasă cilindrică, cu secțiune circulară (fig. a) sau ovală (fig. b) și un rotor excentric cu palete fixe, radiale sau curbe.
- o În pereții frontali ai carcasei sunt deschiderile de intrare și de ieșire.
- o În carcasă este introdus un lichid (uzual apă), care - atunci când rotorul se pune în mișcare - este proiectat către periferie, formând un inel lichid care se rotește și el cu o viteză apropiată de viteza extremităților paletelor.
- o Între rotorul excentric și inelul lichid, concentric în raport cu carcasa, se formează compartimente de volum variabil, în care gazul este transportat și comprimat.
- o Căldura de comprimare a gazului provoacă încălzirea și vaporizarea parțială a lichidului care trebuie completat periodic sau continuu.

COMPRESOARE CU INEL LICHID



COMPRESOARE CU INEL LICHID



Pompe cu inel lichid:

a - principiul de funcționare; b - pompa Nash Hytor;
1 - deschideri de intrare; 2 - deschideri de ieșire

COMPRESOARE CU INEL LICHID

- o debite până la $8000 \text{ m}^3/\text{h}$,
- o raporturi de comprimare până la 7,
- o presiuni maxime de refulare 2 MPa (în 2 trepte),
- o presiunea maxima în conducta de aspirație 430 Pa.
- o Avantaje:
 - curgere fără pulsații,
 - lipsa frecărilor între elementele mobile și cele staționare,
 - lipsa necesității ungerii = absența uleiului în gazul comprimat.
- o Utilizari:
 - vehicularea gazelor corozive (clor) sau explozive (acetilenă, hidrogen).
- o Dezavantaje:
 - gazul comprimat iese saturat cu vaporii lichidului care formează inelul,
 - randamentul lor nu depășește 70%.

COMPRESOARE

CU TAMBUR ȘI LAMELE CULISANTE

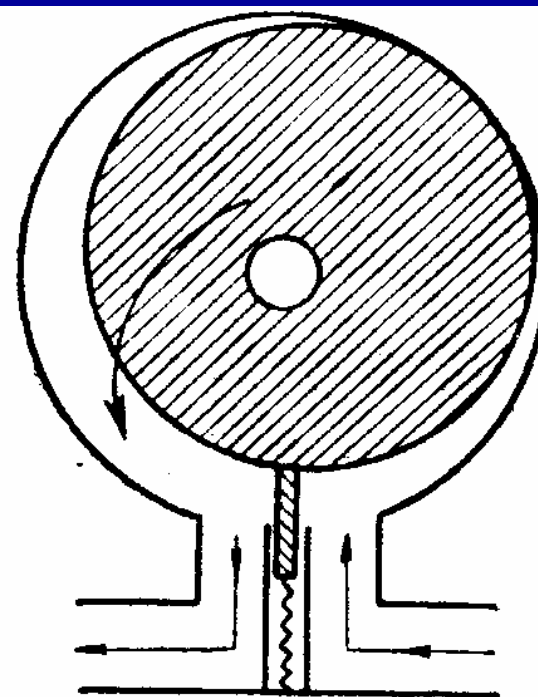
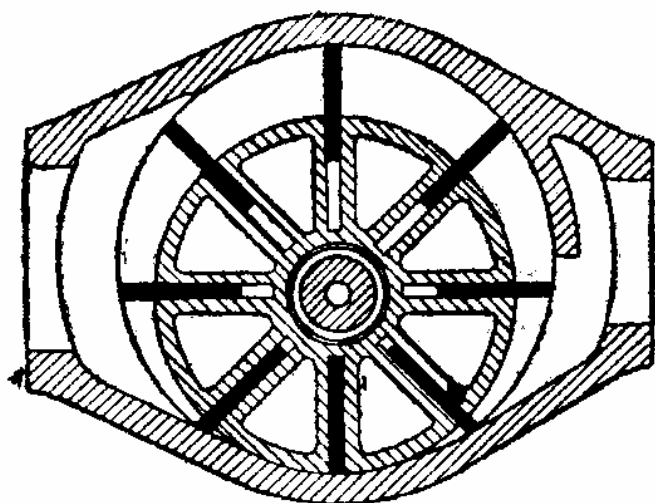
- o Compresorul cu lamele culisante în rotor este alcătuit dintr-o carcasă cilindrică și un rotor tambur al cărui ax este excentric față de carcasă.
- o În tambur sunt prevăzute spații în care glisează palete sub formă de lame rectangulare.
- o Ca urmare a învârtirii rotorului, paletetele împart camera de pompare în spații de aspirație și de refulare, al căror volum scade de la racordul de aspirație la cel de refulare.
- o La mișcarea rotorului, paletetele sunt împinse de forța centrifugă (sau de arcuri introduse sub lamele, la compresoarele cu turație mică) și asigură etanșarea spațiilor dintre palete.

COMPRESOARE

CU TAMBUR ȘI LAMELE CULISANTE

o Se construiesc în două variante principale:

- 1 - cu lamele culisante în rotor;
- 2 - cu lamele culisante în stator.



COMPRESOARE

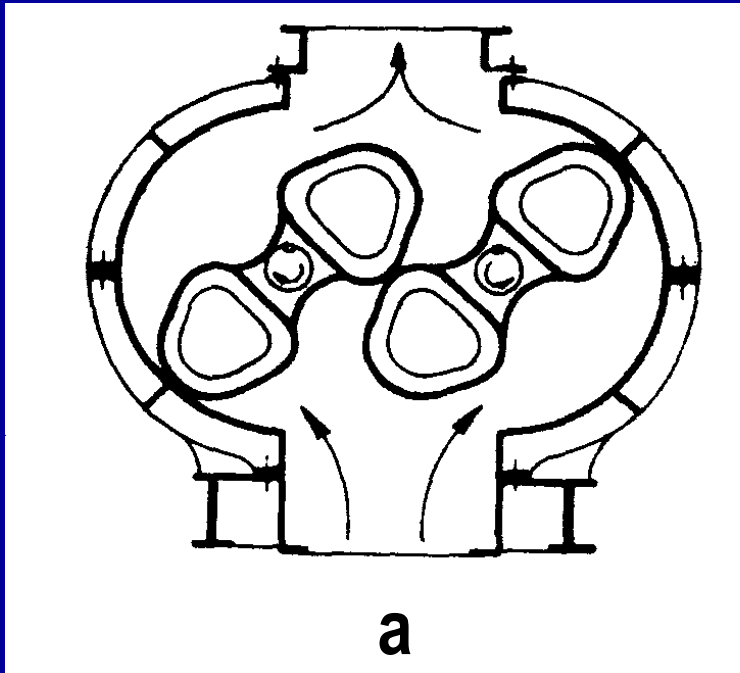
CU TAMBUR ȘI LAMELE CULISANTE

- o Debitele (pe aspirație): $80 - 7000 \text{ m}^3/\text{h}$,
- o Raportul de comprimare: $2,5 - 4$,
- o Randamentul: de până la 50%.
- o Pentru obținerea unei presiuni finale mai mari se pot folosi mai multe trepte de comprimare.
- o Au avantajul unei debitări continue, turații mari și spațiu necesar redus.
- o Datorită necesității ungerii, gazul comprimat conține ulei.

COMPRESOARE CU TAMBUR ȘI LAMELE CULISANTE

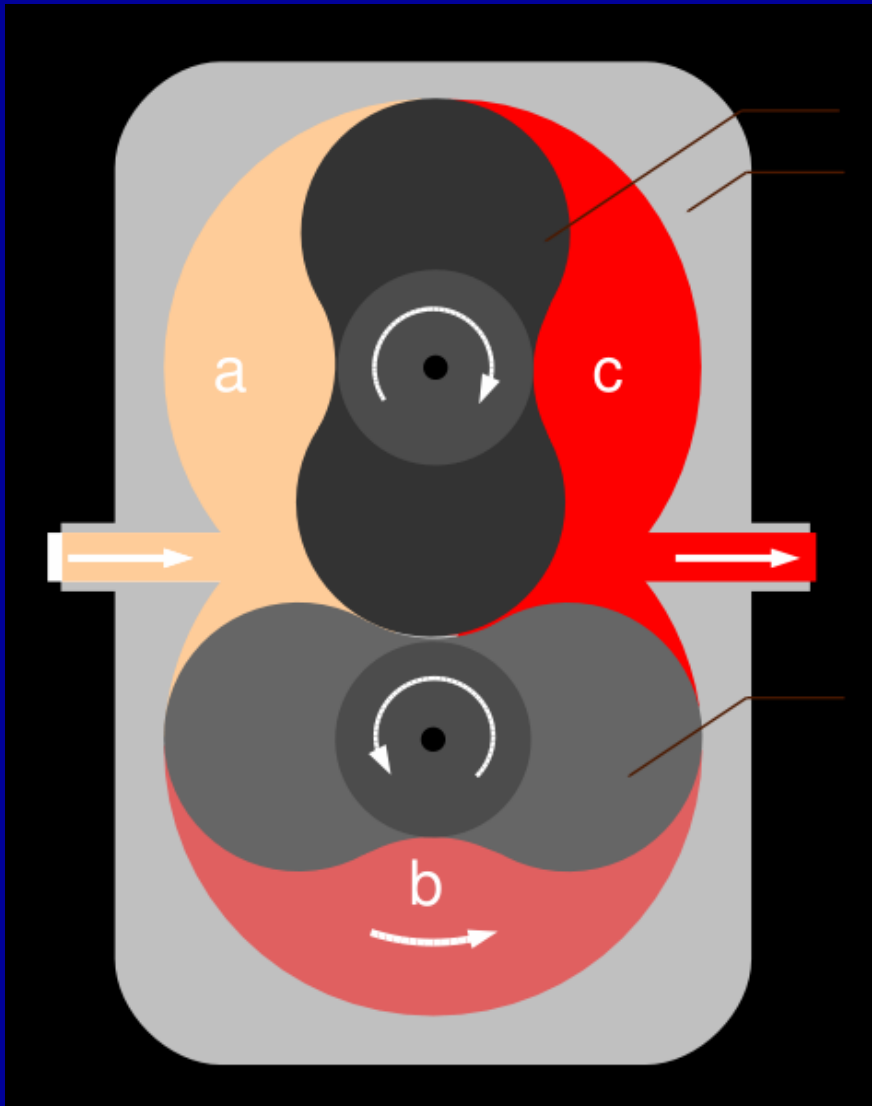
- o Compresorul cu lamela culisanta in rotor este alcătuit dintr-un tambur care se rotește excentric în jurul unui arbore a cărui axă coincide cu axa carcasei (statorului).
- o În timpul rotirii, tamburul este tangent și etanș față de carcasă: spațiul de presiune este separat de cel de aspirație printr-o lamelă plană apăsată pe tambur prin greutatea ei sau printr-un arc.
- o Pentru ameliorarea neuniformității debitului de gaz comprimat se folosesc două compresoare identice, montate în paralel, cu un decalaj de 180° în poziția tamburului.

COMPRESOARE CU PISTOANE ROTATIVE



- o Sunt alcătuite dintr-o carcasă în care se rotesc, în sensuri opuse, două pistoane de diferite forme (fig. 5.9).
- o Pistoanele nu sunt în contact etanș între ele și nici între ele și carcasă (pentru a evita necesitatea ungerii și pentru a îmbunătăți randamentul mecanic).
- o În timpul unei rotații, fiecare piston transportă de la intrare spre ieșire un volum de gaz egal cu produsul dintre lățimea carcasei și aria secțiunii libere cuprinse între carcasă și pistoane (din care se scad pierderile de gaz prin neetanșeitățile dintre pistoane și dintre pistoane și carcasă).
- o Comprimarea se face la ieșirea gazului din compresor.

COMPRESOARE CU PISTOANE ROTATIVE



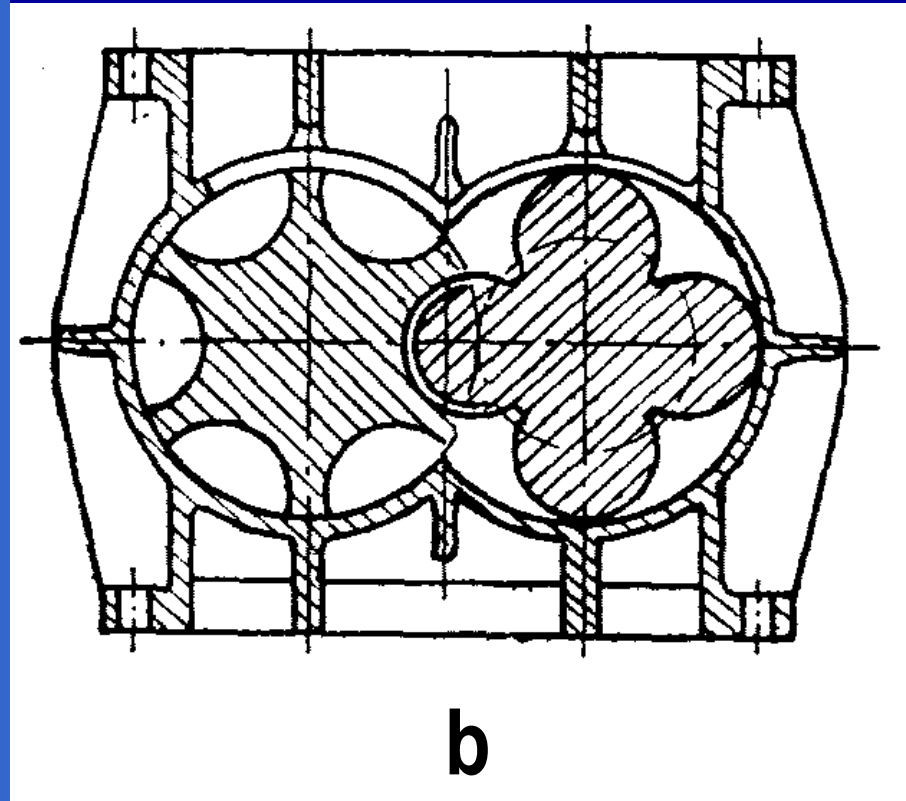
o Compresoarele Roots

- debite de până la $20 \text{ m}^3/\text{s}$;
- raportul de comprimare este mai mare decât 2;
- presiunile de până la 3,5 MPa.
- **Avantaje:** debit continuu, fără pulsații sensibile, necontaminarea gazului cu ulei,
- **Dezavantaj:** funcționare zgomotoasă.

COMPRESOARE CU PISTOANE ROTATIVE

o Compresoarele elicoidale

- debite cuprinse între 0,1 - 9,7 m^3/s ,
- raportul de comprimare de aproximativ 4,5,
- randamentul de 50 - 60%.
- **Avantaje:** debitează gazul lipsit de ulei și sunt mai puțin influențate de densitatea gazului, pot fi construite în mai multe trepte.
- **Dezavantajul principal:** gazul comprimat iese cu o temperatură ridicată, ca urmare a răcirii slabe datorită vitezei mari de trecere a gazului prin compresor.



COMPRESOARE ROTODINAMICE

COMPRESOARE ROTODINAMICE

- o Sunt constructiv similare și funcționează pe baza aceluiași principii ca și pompele centrifuge pentru lichide, cu deosebiri care rezultă datorită compresibilității gazelor.
- o Elementele principale:
 - carcasa
 - rotorul, prevăzut cu un număr mic de palete drepte, curbate sau sub formă de elice (la compresoarele axiale).
- o Compresoarele rotodinamice pot fi:
 - radiale sau axiale,
 - mono- sau multietajate.
- o Compresoarele radiale multietajate pot fi prevăzute și cu stator.

COMPRESOARE ROTODINAMICE

- o Dpdv al raportului de comprimare realizat:
 - **ventilatoare centrifuge**, radiale sau axiale, mono- sau multietajate (cu rotoare de aceleași dimensiuni), realizând raporturi de comprimare de până la **1,1**;
 - **sufiante centrifuge** (turbosufiante), radiale, mono- sau multietajate (cu rotoare de aceleași dimensiuni), fără răcire între trepte, realizând raporturi de comprimare de până la **3**;
 - **turbocompresoare**, radiale sau axiale, uzual multietajate (cu până la 16 - 20 de rotoare pe același ax, cu diametru descrescător spre treptele superioare), realizând raporturi de comprimare de peste **3** (maximum 2 într-o treaptă, la compresoarele multietajate), cu răcirea gazelor între trepte.

COMPRESOARE ROTODINAMICE

- o Sunt acționate de motoare electrice sau de turbine (de abur sau gaze),
- o Acționarea cu turbină se recomandă la turații mai mari de 60 rot/s (permite modificarea, în limite largi, a debitului de gaz refulat, prin modificarea turației turbinei).

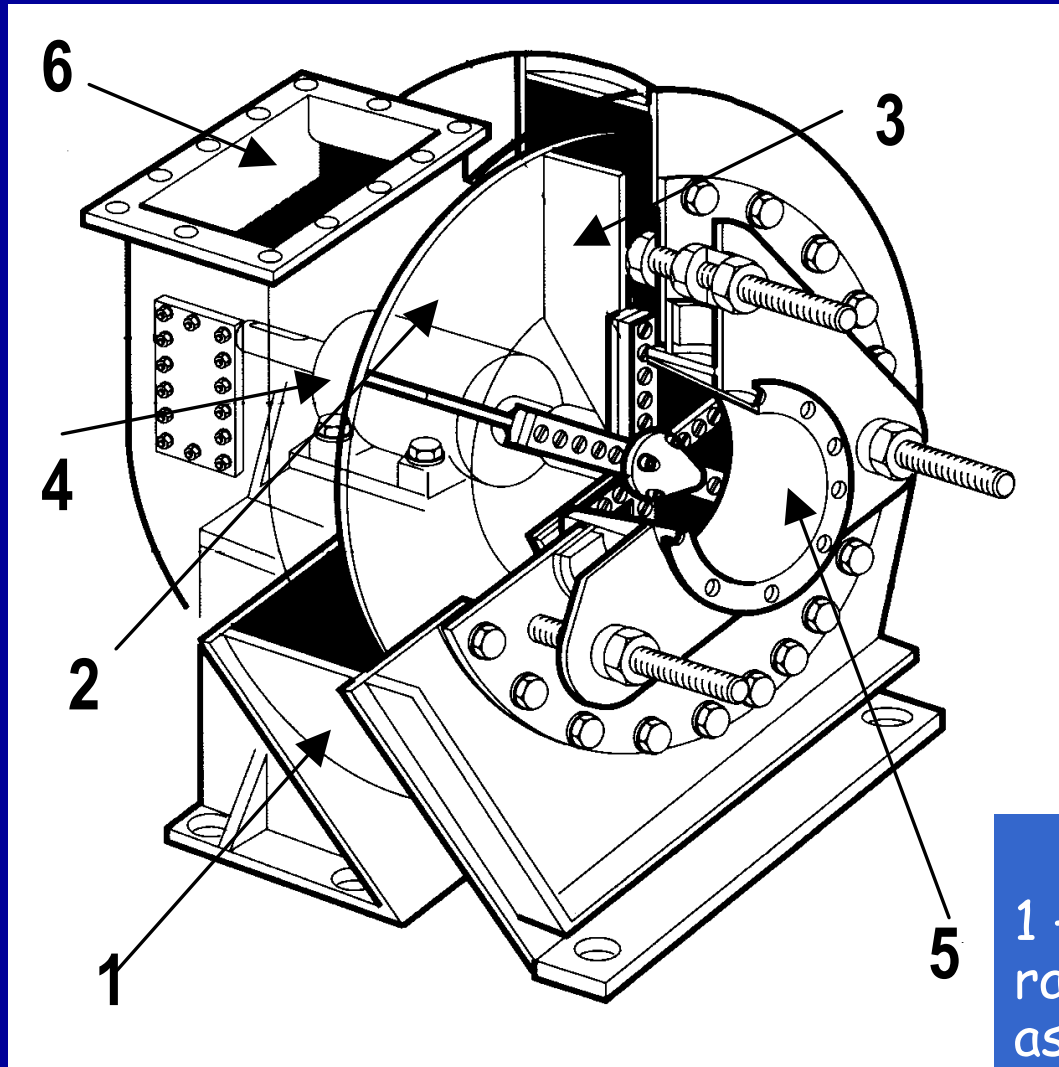
VENTILATOARE CENTRIFUGE

- o După forma rotorului și după modul în care acesta acționează asupra gazului, se deosebesc:
 - **ventilatoare axiale cu elice**, în care un rotor în formă de elice împinge gazul paralel cu axa rotorului;
 - **ventilatoare centrifuge**, în care rotorul, cu palete plane sau curbe, antrenează gazul în mișcarea lor și, prin forța centrifugă care se dezvoltă, îl împinge spre periferie, unde o carcasă în melc îl dirijează spre conducta de refulare; aspirația gazului se face, ca și la pompele centrifuge, prin partea centrală a rotorului;
 - **exhaustoarele** sunt ventilatoare centrifuge de forma și modul de funcționare asemănătoare celor precedente, de care se diferențiază numai prin detalii constructive și prin utilizarea lor ca aspiratoare de gaz.

VENTILATOARE CENTRIFUGE

- o Convențional, ventilatoarele centrifuge se împart, după presiunea gazului la ieșire, în:
 - ventilatoare de joasă presiune, pentru suprapresiuni până la 1 kPa;
 - ventilatoare de medie presiune, pentru suprapresiuni cuprinse între 1 - 2 kPa;
 - ventilatoare de înaltă presiune, pentru suprapresiuni de peste 2 kPa.

VENTILATOARE CENTRIFUGE

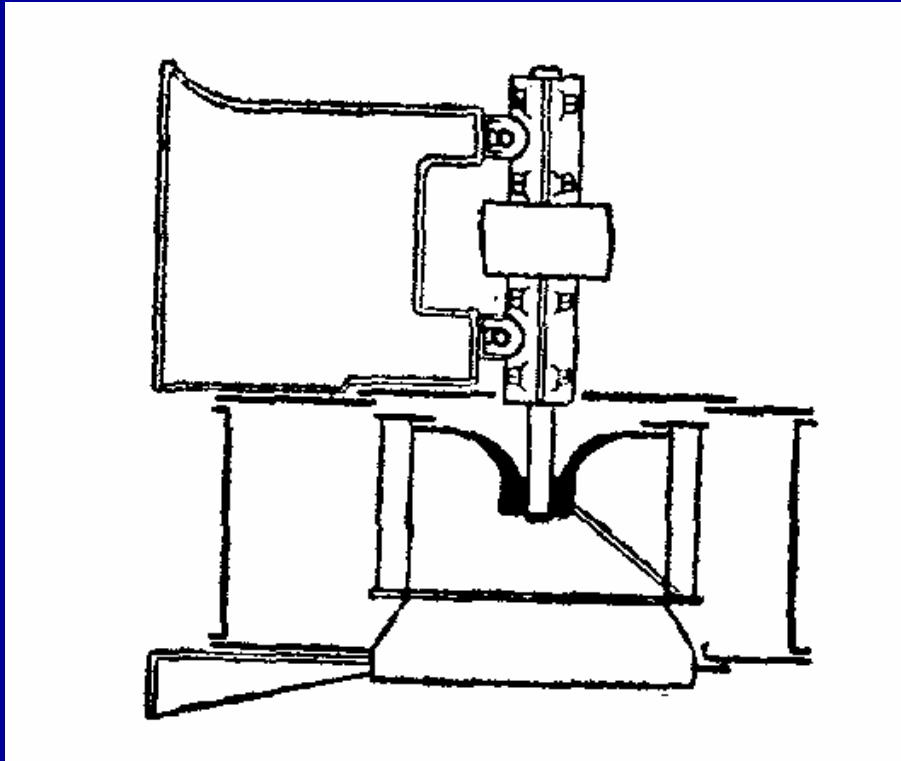


- o sunt alcătuite dintr-un rotor cu palete plane radiale și o carcasă în spirală
- o sunt folosite în special pe post de exhaustoare

Ventilator cu palete radiale

1 - carcasă; 2 - rotor; 3 - palete radiale; 4 - lagăre; 5 - racord de aspirație; 6 - racord de refulare

VENTILATOARE CENTRIFUGE



Ventilatoarele Sirocco

- o au un număr foarte mare de palete scurte și foarte late, curbate în sensul rotației.
- o dirijarea gazului de la centru până la palete este ajutată de câteva palete auxiliare mai lungi.
- o suprapresiuni max. 1,2 kPa,
- o debite max. 27 m³/s
- o randament cca. 70%.

SUFLANTE CENTRIFUGE (turbosuflante)

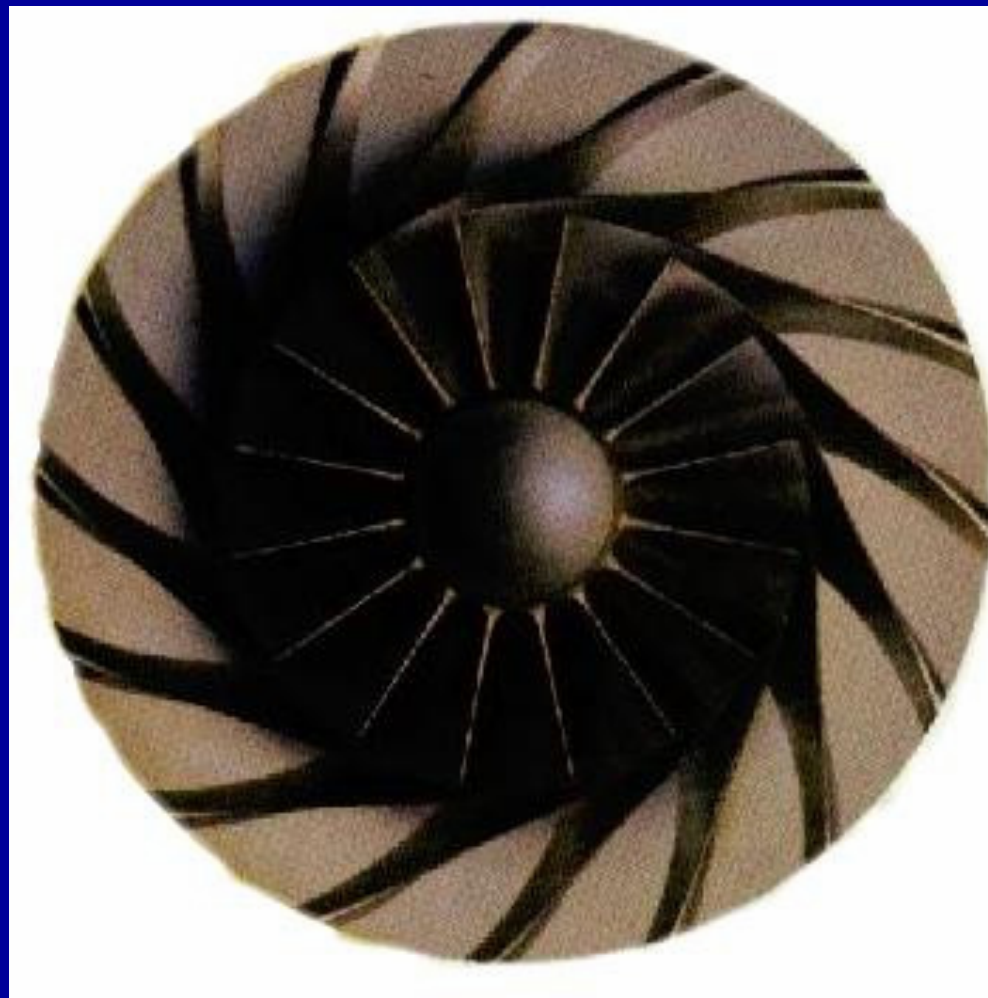
- o sunt compresoare centrifuge radiale, uzual monoetajate, care realizează raporturi de comprimare de maximum 3 - 3,5.
- o se folosesc pentru vehicularea unor debite mari de gaze și vapori (aer, azot, oxigen, abur etc.): între 500 și 200 000 Nm³/h.
- o presiunea maximă de refulare este de 6,5 MPa.
- o se utilizează în industria extractivă a țițeiului și gazelor, în industria petrochimică, industria alimentară și în centralele energetice.

SUFLANTE CENTRIFUGE



o Carcasa este sub formă de volută în care se învâрте un rotor semiînchis cu pale curbate de o formă specială

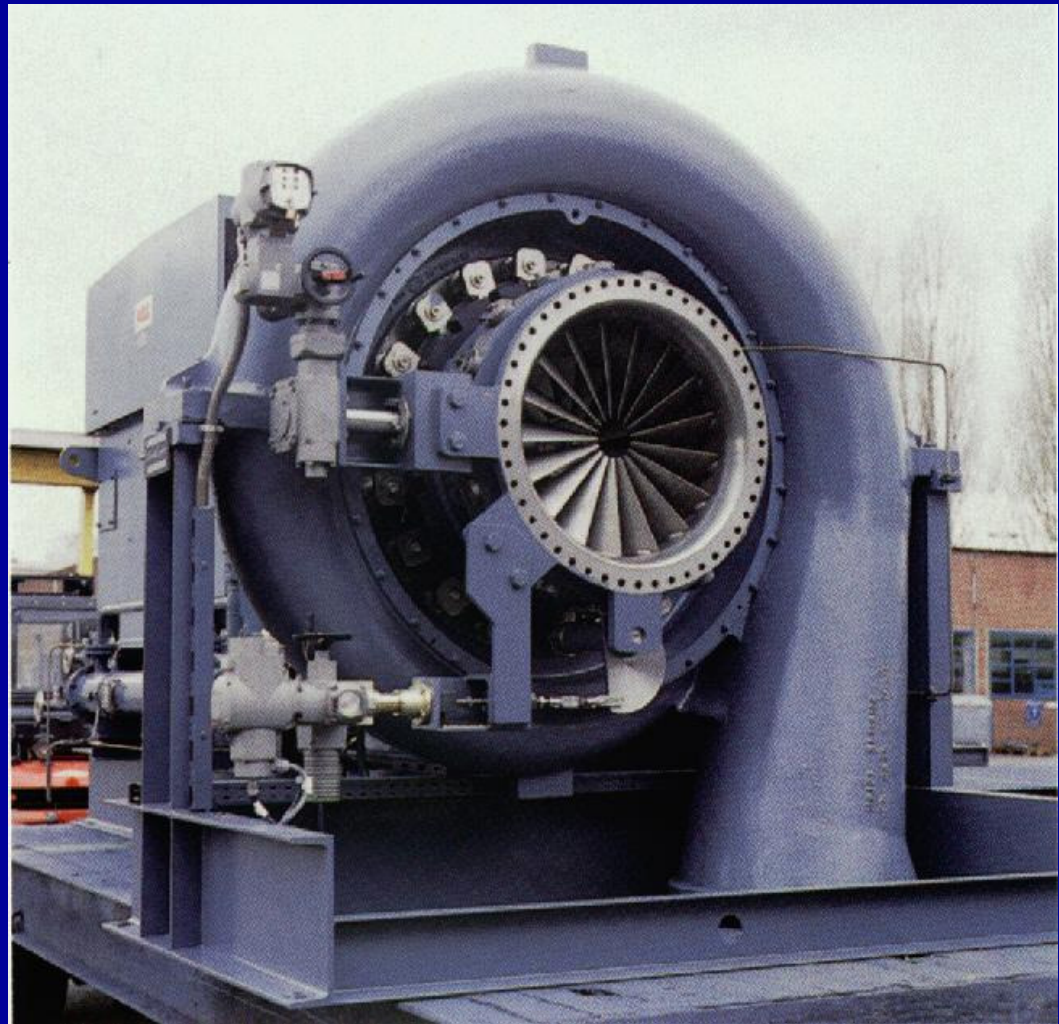
SUFLANTE CENTRIFUGE



Rotor de turbosuflantă

SUFLANTE CENTRIFUGE

Pe racordul de aspirație se amplasează frecvent vane de reglare a debitului, cu pale fixe al căror unghi de înclinare este variabil.

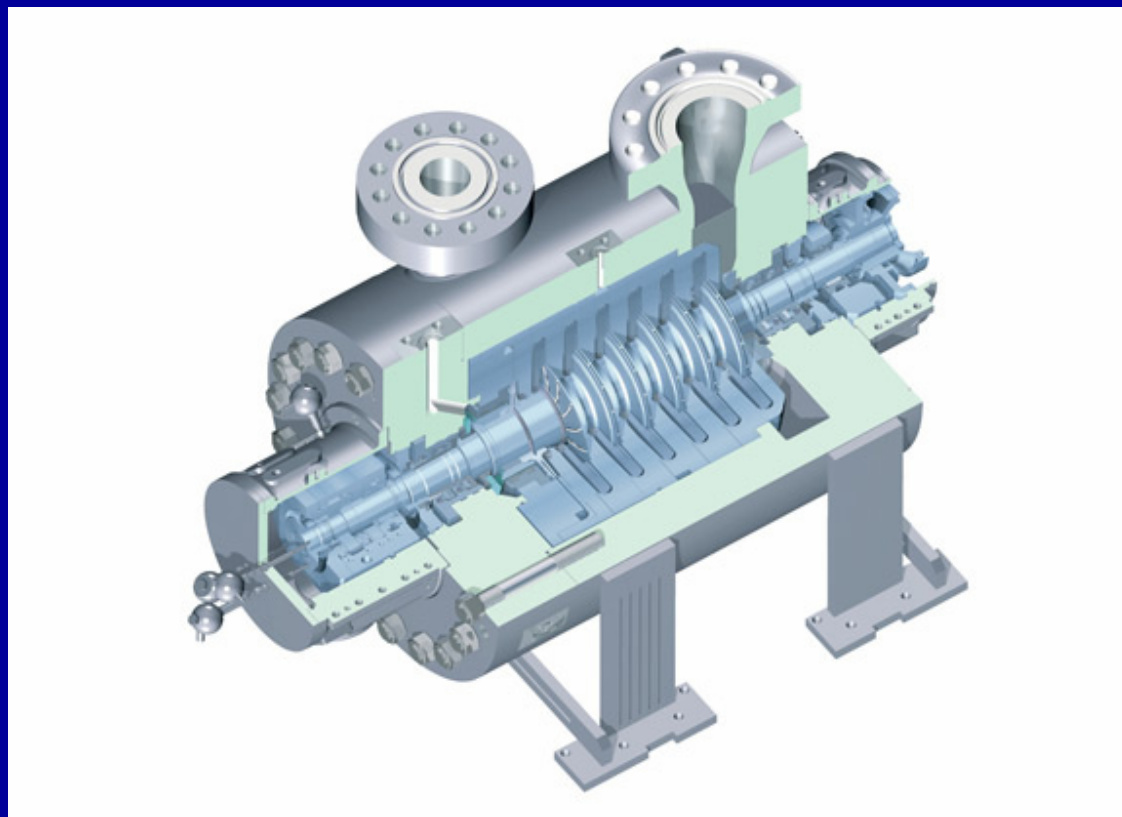


SUFLANTE CENTRIFUGE

- o Reglarea debitului se poate face prin:
 - 1 - modificarea turației motorului electric de antrenare (dacă sunt antrenate de motoare electrice);
 - 2 - modificarea debitului de abur la turbină (dacă antrenarea se face prin intermediul unei turbine de abur).
- o Turbosuflantele trebuie prevăzute cu:
 - o conductă de by-pass între aspirație și refulare,
 - o purjă în atmosferă (dacă gazul vehiculat este aerul),pentru a putea regla debitul și când necesarul de gaz este sub limita de stabilitate a mașinii.

TURBOCOMPRESOARE

- o Turbocompressoarele sunt, față de ventilatoare, ceea ce sunt pompe centrifuge cu mai multe trepte față de pompe centrifuge cu un singur rotor.



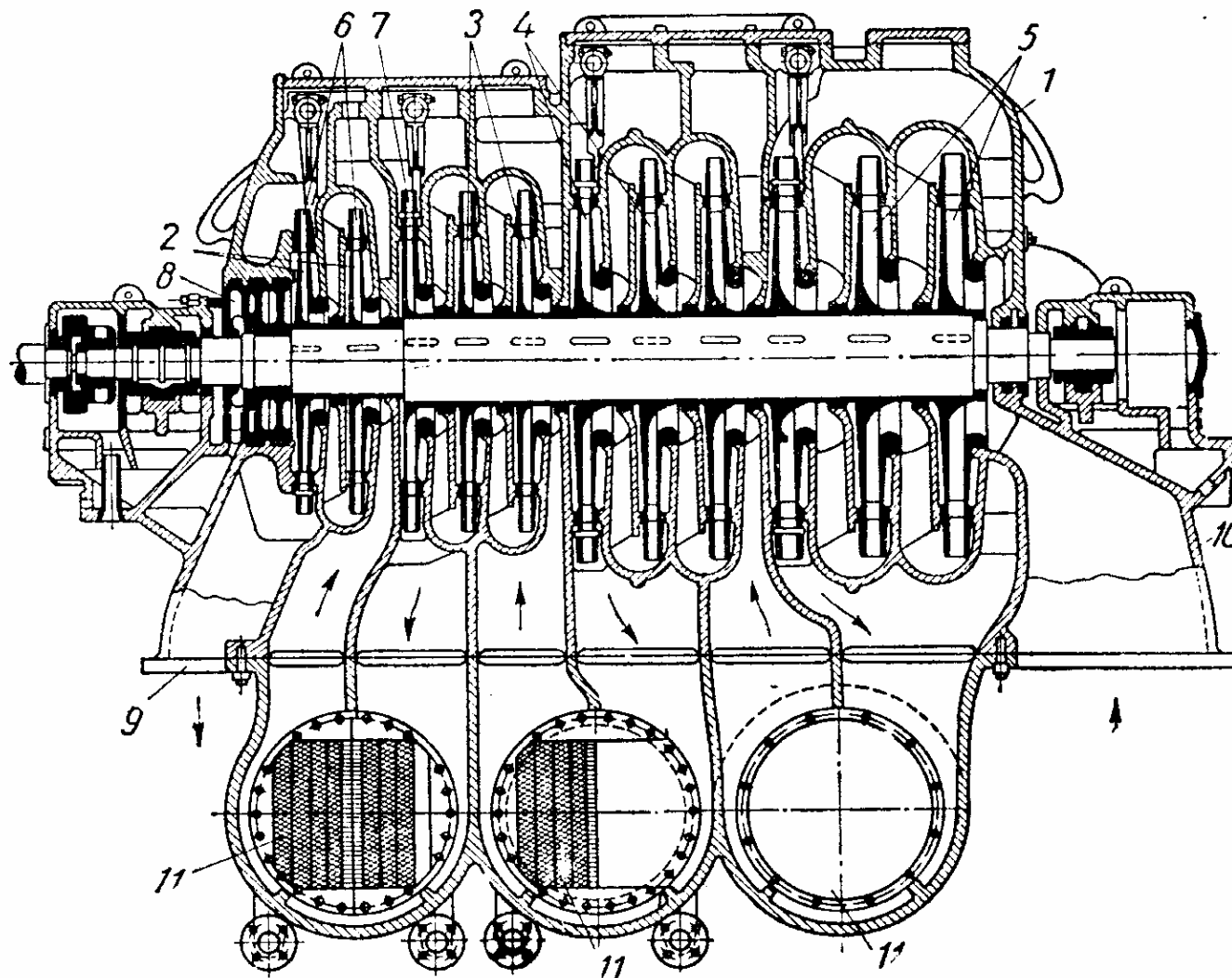
TURBOCOMPRESOARE

- o Datorită compresibilității gazelor, apar diferențe constructive și funcționale față de pompele centrifuge multietajate:
 - raportul de comprimare mic și dependent de densitatea gazului (1,025 pentru hidrogen, 1,4 pentru aer);
 - între 2 - 4 trepte de comprimare (uneori mai multe), este necesară răcirea intermediară a gazului într-un răcitor interior sau exterior;
 - datorită micșorării volumului de gaz prin comprimare, grupele succesive de rotoare au diametre și lățimi din ce în ce mai mici;
 - viteza periferică a rotoarelor (până la maximum 300 m/s) și turația (peste 12000 rot/min) sunt mult mai mari decât la pompele centrifuge.

TURBOCOMPRESOARE

- o Limita de pompaj = limite inferioare a debitului, este situată la aproximativ 40 - 50% din valoarea debitului asociat randamentului optim al mașinii.
- o Sub această limită, funcționarea devine instabilă: au loc întreruperi periodice de debitare, compresorul începe să "bată".
- o Pentru evitarea fenomenului, turbocompresoarele trebuie prevăzute cu cel puțin unul din următoarele dispozitive:
 - 1 - dispozitive automate de reducere a presiunii în sistem;
 - 2 - dispozitive de reducere automată a turației;
 - 3 - dispozitive de deschidere a by-passului dintre conducta de aspirație și cea de refulare.

TURBOCOMPRESOARE



1 - carcasă;
2 - 5 - rotoare de
diferite
dimensiuni;
6, 7 - statoare;
8 - cutie de
etanșare;
9 - deschidere de
evacuare;
10 - deschidere
de aspirație;
11 - răcitoare
intermediare.

Debite: 0,06 - 120
 m^3/s

Presiuni: peste 10
MPa,

Funcționare

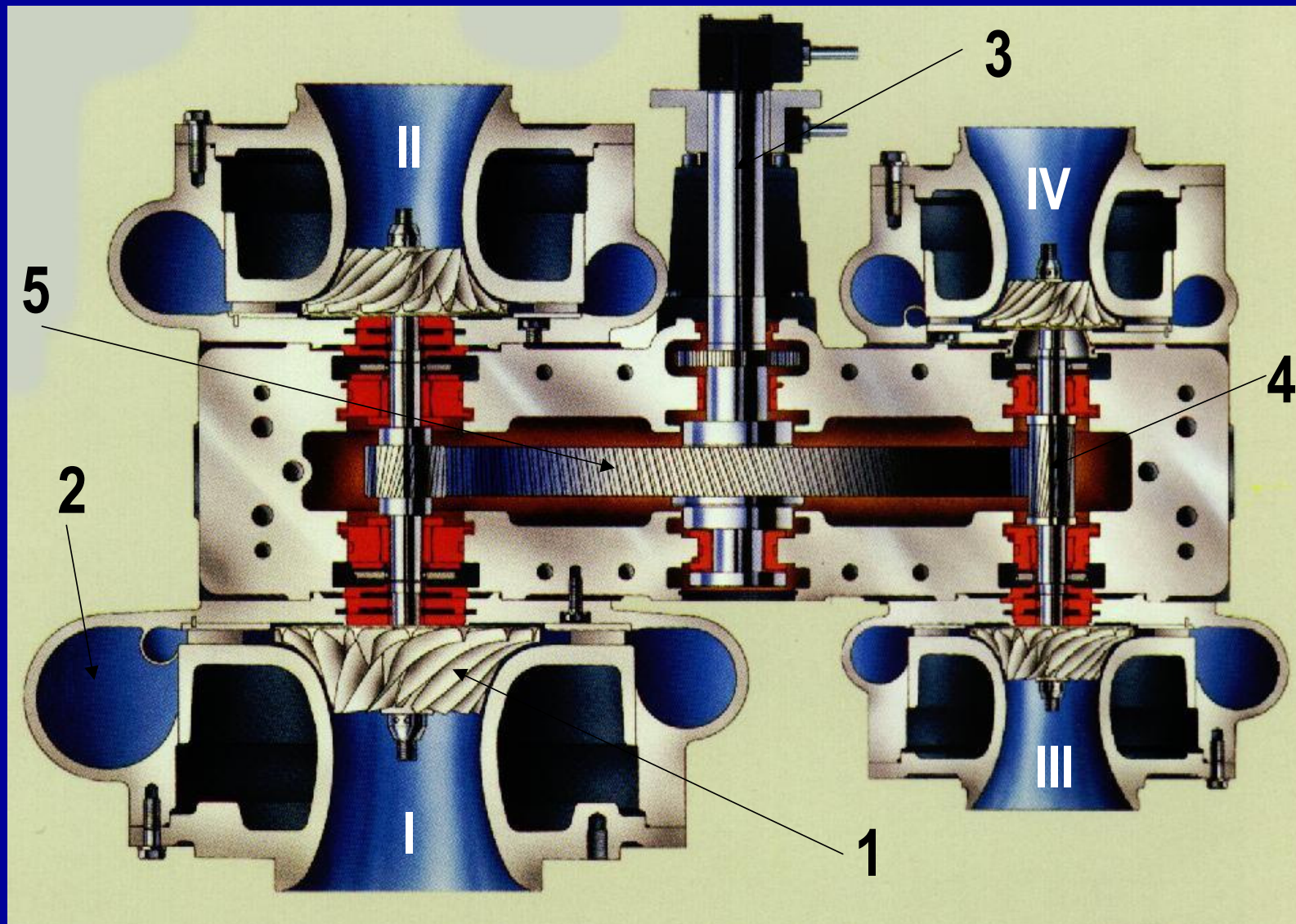
- fără trepidații
- fără vibrații
- fără impurif.
gazului comprimat
cu lubrifiant

TURBOCOMPRESOARE

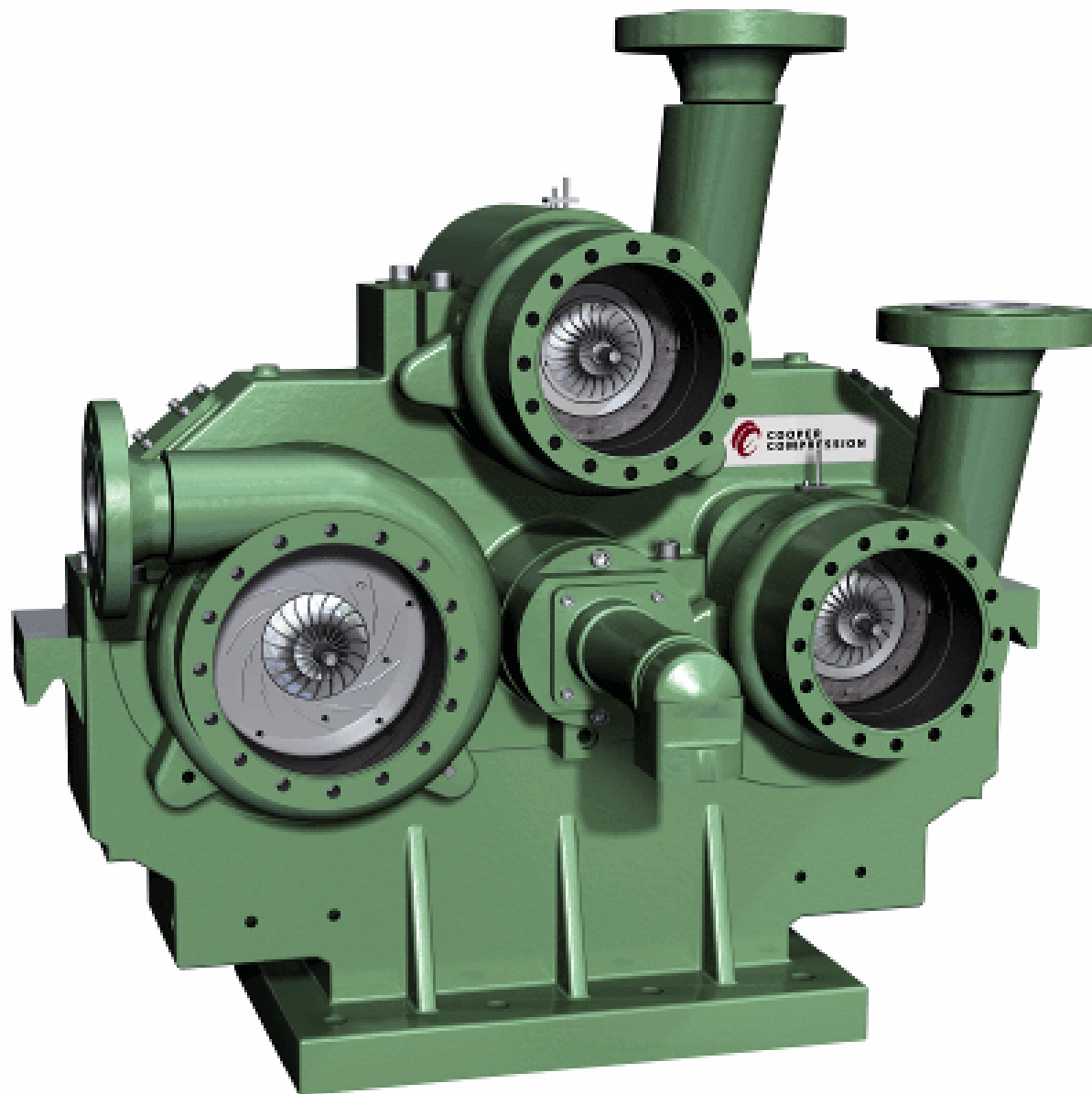
O altă soluție constructivă pentru turbocompresoarele cu 2, 4 sau 6 trepte constă în antrenarea tuturor rotoarelor prin intermediul unui angrenaj de roți dințate.

Rotoarele, două câte două, sunt montate pe câte un ax care este pus în mișcare de un pinion central acționat de un motor electric sau o turbină.





Amplasarea treptelor de comprimare (I - IV) la un turbocompresor în 4 trepte:
 1 - rotoare; 2 - carcase; 3 - ax de antrenare; 4 - pinioane; 5 - pinion de antrenare.



TURBOCOMPRESOARE



Tipuri de rotoare pentru turbocompresoare

TURBOCOMPRESOARE

Tipul compresorului	Debit de alimentare [Nm ³ /h]	Presiune de refulare [MPa]	Presiune maximă [MPa]	Nr de trepte	Putere maximă necesară [kW]
HR	6800 - 34000	0,55	-	2	2250
HL	6800 - 34000	1,35	-	3	3000
HM	8500 - 30000	3,0	-	4	3750
TP	1000 - 17000	1,0	5,5	3	6000
GT-2 GT-4	1500 - 110000	2,5	8,0	2 - 4	9000
GT-5 GT-6	6000 - 80000	8,0	8,0	5 - 6	11250

TURBOCOMPRESOARE

- o Turbocompresoarele axiale prezintă - pentru debite de peste $85000 \text{ m}^3/\text{h}$ - avantaje față de turbocompresoarele centrifugale radiale:
 - randamente superioare,
 - greutate mai mică,
 - gabarit redus.

TURBOCOMPRESOARE

- o Față de compresoarele cu piston, turbocompressoarele prezintă avantajele că:
 - asigură un debit uniform,
 - sunt mai flexibile și mai sigure în exploatare,
 - implică cheltuieli de exploatare mai mici,
 - se pot automatiza ușor.
- o Reglarea se realizează automat sau manual:
 - prin variația turației,
 - prin laminarea gazului în conducta de aspirație (la turație ct.).
- o Nu se recomandă reglarea prin reîntoarcerea parțială a gazelor refulate în linia de aspirație:
 - metoda este neeconomică,
 - gazele refulate trebuie răcite,
 - este dificilă dimensionarea răcitorului în aceste condiții.

TURBOCOMPRESOARE

- o Punerea în funcțiune a unui turbocompresor se face cu ventilul de pe refulare închis, eventual cu ventilul de pe linia de recirculare în linia de aspirație (by-pass) parțial deschis, până când compresorul ajunge la turația de regim.
- o Când sunt în funcțiune mai multe compresoare în paralel, întrucât presiunea de refulare - când ventilul de pe refulare este închis - este mai mică decât presiunea de operare necesară, curgerea se va inversa și compresorul va intra în trepidații puternice.
- o Pentru evitarea apariției acestei situații la pornire:
 - se reduce (prin laminare) presiunea de aspirație,
 - se reîntoarce o parte din gaze din nou în linia de aspirație.

APLICATII



Aplicatia 1

o Sa se determine presiunea dezvoltata de un ventilator care transporta pe orizontala azot ($\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$) dintr-un rezervor intr-o instalatie. Suprapresiunea in rezervorul de gaz este 60 mm H_2O , iar in instalatie 74 mm H_2O . Pierderile de presiune pe conducta de aspiratie reprezinta 19 mm H_2O , iar pe cea de refulare 35 mm H_2O . Viteza azotului in conducta de refulare este 11,2 m/s.

Presiunea produsa de un ventilator

$$\Delta p = (\rho - \rho_a) \cdot g \cdot Z + (p_2 - p_1) + (\Delta p_{asp} + \Delta p_{ref}) + \frac{v^2}{2} \rho$$

- o p_1 - presiunea in spatiul din care ventilatorul aspira aerul (Pa);
- o p_2 - presiunea in spatiul in care ventilatorul sufla aerul (Pa);
- o Δp_{asp} si Δp_{ref} - pierderile de presiune in conductele de aspiratie si de refulare (Pa);
- o v - viteza aerului la iesire din retea;
- o ρ - densitatea gazului vehiculat (kg/m^3);
- o ρ_a - densitatea aerului (kg/m^3);
- o Z - inaltimea geometrica (m).

Aplicatia 2

- o Sa se calculeze puterea consumata de un ventilator care transporta $1200 \text{ m}^3\text{N/h CO}_2$ dintr-un rezervor in care presiunea este de $0,95 \text{ at}$ si $T = 298 \text{ K}$ intr-o instalatie in care presiunea este de $1,1 \text{ at}$. Diferenta de nivel intre cele doua vase este de 15 m . Gazul se vehiculeaza printr-o conducta de otel inox avand $\varnothing = 210 \times 5 \text{ mm}$ in lungime totala de 140 m . Caderea de presiune prin RHL este estimata la $0,11 \text{ MPa}$, iar randamentul total al ventilatorului este de 65% .

Puterea consumata

$$N = \frac{m_V \times \Delta p}{1000\eta} \text{ [kW]}$$

m_V – debitul ventilatorului [m^3/s];

Δp – presiunea realizata de ventilator [Pa];

$\eta = \eta_V \cdot \eta_t \cdot \eta_m$ – randamentul total al ventilatorului.

Aplicatia 3

- o Sa se compare lucrul teoretic consumat pentru comprimarea a 1 m^3 aer de la 1 at:
 1. La 1,1 at;
 2. La 5 at.

Sa se calculeze lucrul consumat atat cu formula termodinamica a comprimarii adiabactice cat si cu formula hidraulica (considerand adica aerul incompresibil).

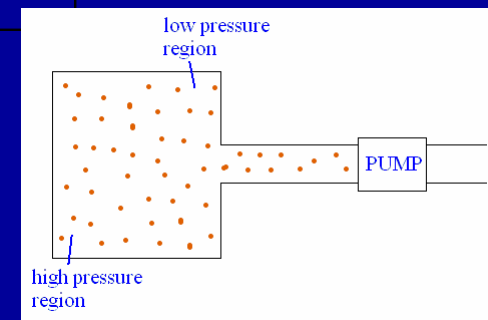
Lucrul consumat

$$(L_M)_{AD} = \frac{\chi}{\chi - 1} \cdot P_1 \cdot V_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\chi - 1}{\chi}} - 1 \right]$$

$$\chi_{aer} = 1,4$$

$$(L_M)_H = V \cdot \Delta P$$

PRODUCEREA VIDULUI



PRODUCEREA VIDULUI

- o Pentru acoperirea necesităților extrem de variate privind realizarea vidului în instalațiile industriei alimentare (în special în instalațiile de distilare, evaporare, uscare, liofilizare, etc.) se folosesc mașini, aparate și dispozitive extrem de diverse, reunite sub denumirea generică de "pompe de vid".

PRODUCEREA VIDULUI

- o Dispozitivele de producere a vidului se pot clasifica după mai multe criterii:
 - după nivelul vidului realizat;
 - după modul în care se produce vidul;
 - după principiul constructiv.

CLASIFICAREA POMPELOR DE VID

POMPE DE VID	Pompe mecanice	Pompe cu piston cu mișcări alternative	
		Pompe rotative	Pompe cu rotoare paletate fără lichid de etanșare
			Pompe cu inel de lichid
			Pompe cu palete în rotor
			Pompe cu sertar
			Pompe cu rotoare conjugate
		Pompe moleculare	Pompe moleculare propriu-zise
			Pompe turbomoleculare
	Pompe cu jet	Pompe cu jet de lichid	Ejectoare cu lichid (apă sau mercur)
		Pompe cu jet de vapori	Ejectoare cu vapori (apă, mercur, ulei)
			Pompe de difuziune fără fracționare
			Pompe de difuziune cu fracționare
	Pompe de condensare	Condensatoare în fază lichidă	Capcane răcite
			Condensatoare
		Condensatoare în fază solidă	Pompe criogenice
	Pompe de sorbție	Cu mijloace de absorbție regenerabile termic	Capcane cu absorbție
			Pompe de sorbție

PRODUCEREA VIDULUI

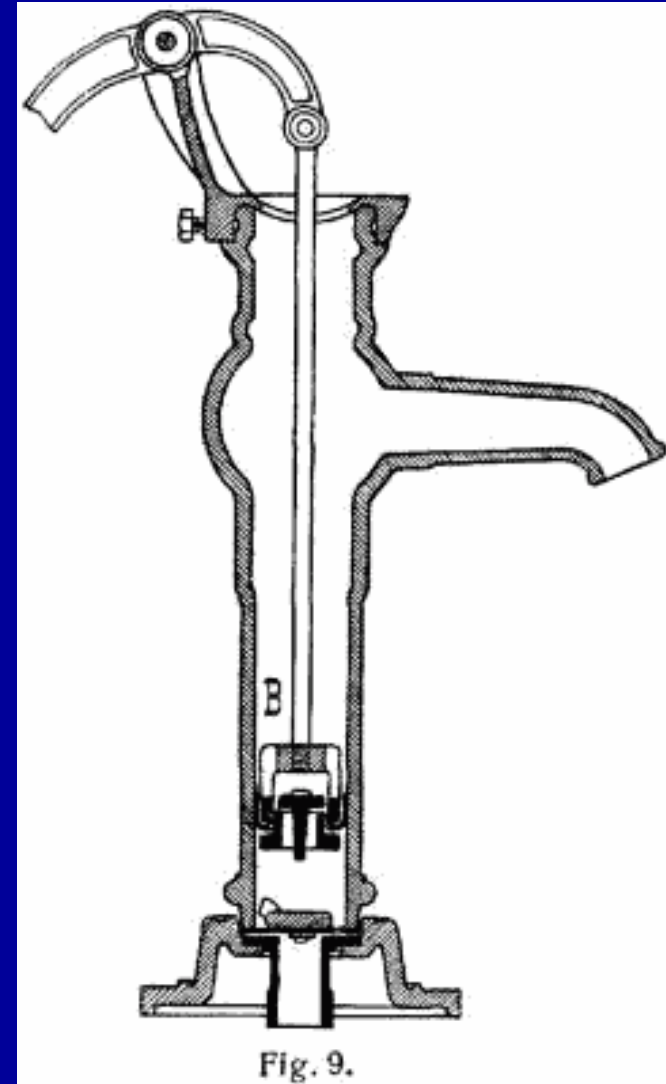
o Mărimi caracteristice pompelor de vid

- Viteza de acțiune (debitul volumic) = volumul de gaz aspirat de pompă, măsurat în secțiunea de aspirație a pompei, în unitatea de timp [m^3/s];
- Presiunea finală (vidul limită) = presiunea cea mai redusă care poate fi obținută prin funcționarea unei pompe care videază o incintă în care aportul de gaze este nul [Pa];
- Debitul (masic) = cantitatea de gaz aspirată de pompa de vid din incintă în unitatea de timp, determinată ca produsul dintre debitul volumic în secțiunea de aspirație și presiunea în aceeași secțiune, măsurate simultan [$\text{Pa} \times \text{m}^3/\text{s}$] = [J/s] = [W].

POMPE DE VID MECANICE

- o Sunt toate tipurile de pompe cu antrenare mecanică utilizate pentru evacuarea gazelor din incinte la presiuni subatmosferice.
- o Pompele cu piston nu se mai folosesc în instalațiile noi.
- o Pompele rotative cu palete fără lichid de etanșare sunt pompe de debit mare ($1,4 - 1,7 \text{ m}^3/\text{s}$), pentru vid grosier, sunt utilizate destul de rar.

POMPE DE VID MECANICE



POMPE DE VID MECANICE

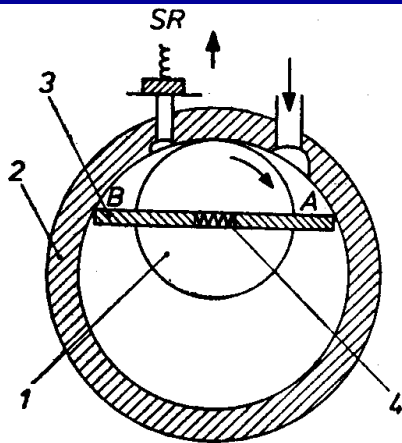
POMPE ROTATIVE CU INEL DE APĂ

- o După nr treptelor identice într-o singură carcasă:
 - pompe monoetajate
 - pompe bietajate = realizeaza un vid de circa 95%.
- o Vidul limită este determinat de:
 - gradul de comprimare în pompă:
 - numărul și forma paletelor,
 - faptul că pompa este mono- sau bietajată
 - presiunea parțială a vaporilor de apă la temperatura de lucru a pompei.
- o Utilizări:
 - în procesele industriale în care se extrag cantități mari de apă,
 - în instalațiile de uscare,
 - la extragerea apei de pe suprafața materialelor,
 - în instalații de impregnare,
 - pentru amorsarea instalațiilor de pompare industriale.

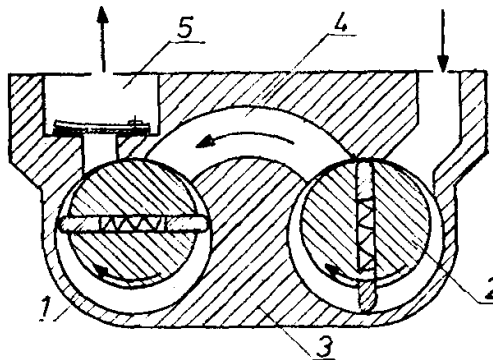
POMPE DE VID MECANICE

POMPE CU PALETE CULISANTE ÎN ROTOR

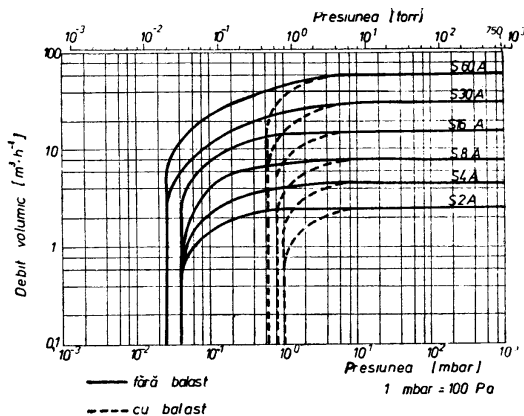
- o Baia de ulei:
 - ungerea pieselor în mișcare,
 - etanșare,
 - umplerea spațiului mort sub supapa de refulare.
- o Pompele duplex, (2 pompe identice într-o baie de ulei comună), utilizate pt. obținerea presiunilor mai scăzute.
- o Viteza lor de acțiune rămâne constantă în intervalul 0,1 MPa - 0,1 kPa, apoi scade rapid la pompele monoetajate.
- o **Pompele monoetajate** au aplicații în obținerea vidului preliminar pentru pompe de difuziune, uscarea, degazare, distilare, ambalare, îndepărtarea solvenților.
- o **Pompele bietajate** se utilizează în plus și în procesele de liofilizare.



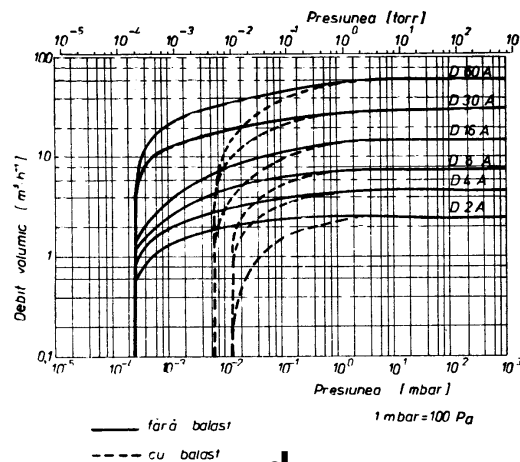
a



b



c



d

a - pompă monoetajată (Simplex):

- 1 - rotor;
- 2 - stator;
- 3 - palete;
- 4 - resort de apăsare;
- SR - supapa de refulare;
- A - aspirație;
- B - refulare.

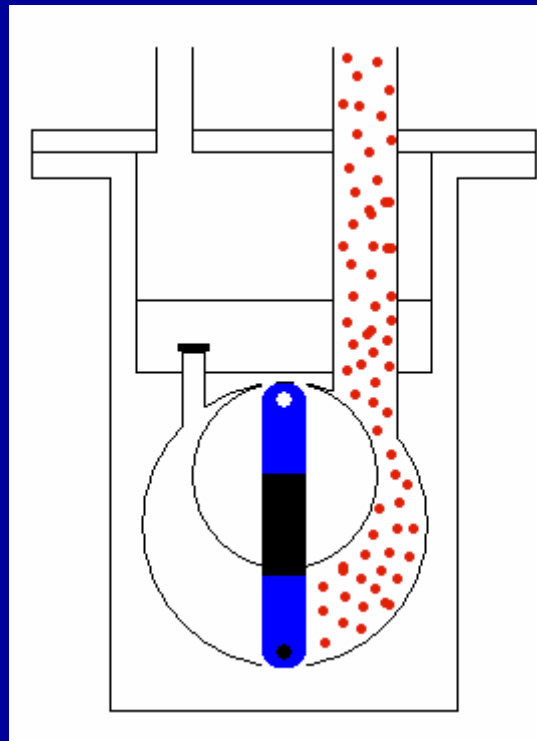
b - pompă bietajată (Duplex):

- 1 - rotorul etajului de presiune înaltă;
- 2 - rotorul etajului de presiune joasă;
- 3 - statorul pompei;
- 4 - canal de legătură între etaje;
- 5 - supapa de refulare.

c - caracteristica de funcționare a pompelor Simplex;

d - caracteristica de funcționare a pompelor Duplex.

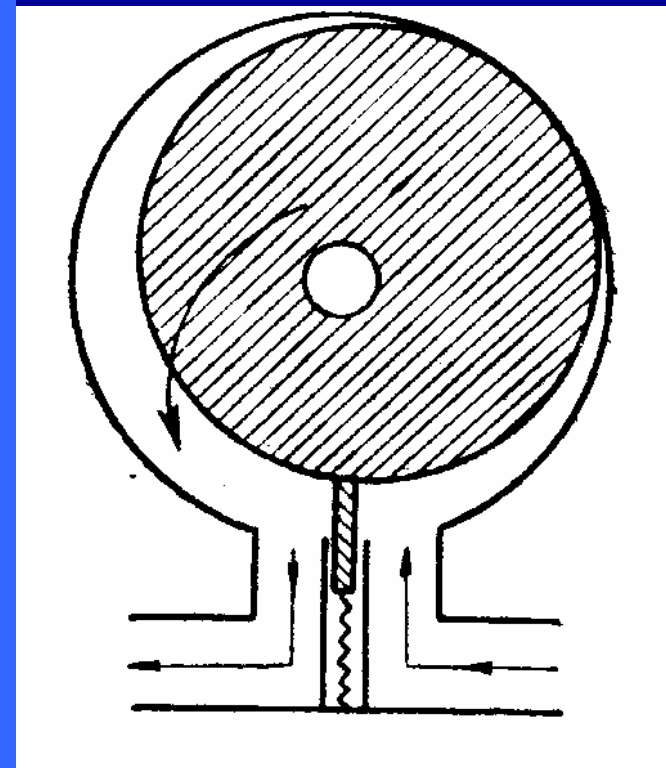
Principiul de functionare



POMPE DE VID MECANICE

POMPE CU PALETĂ ÎN STATOR

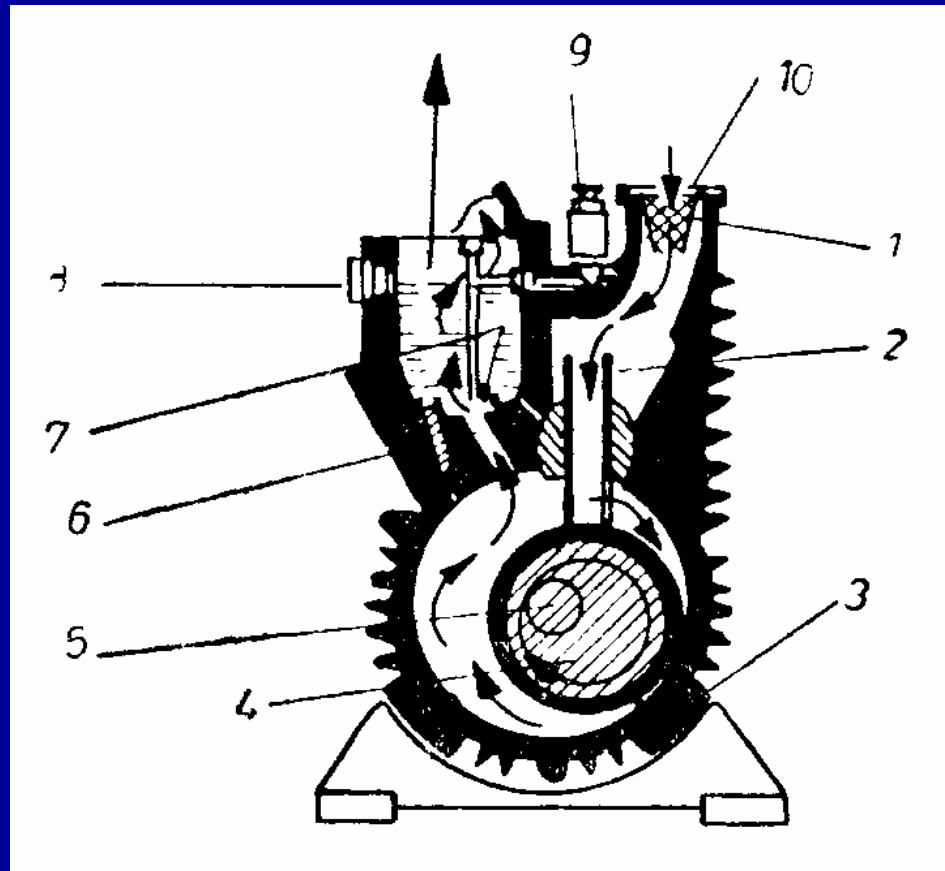
- o Baia de ulei din stator îndeplinește aceleași funcțiuni ca și la pompa cu palete culisante în rotor.
- o Față de aceasta are un randament superior, datorită faptului că spațiul mort și neetanșeitățile sunt mult reduse.



POMPE DE VID MECANICE

POMPE CU SERTAR

- o Sunt prevăzute cu un sertar pus în mișcare de către un excentric pe fața interioară a statorului.
- o Baia de ulei servește și la etanșare, ungere și umplerea spațiului mort.
- o Pot fi construite în variante monoetajate și bietajate.



1 – racord de aspirație; 2 – sertar; 3 – stator;
4 – excentric; 5 – arbore de antrenare;
6 – canal de ulei; 7 – supapă de refulare;
8 – fereastră de nivel; 9 – ventil de balast;
10 – tobă de refulare; 11 – filtru de praf.

POMPE DE VID MECANICE

POMPE CU ROTOARE CONJUGATE

- o Constructiv și funcțional sunt identice cu suflantele *Roots*.
- o Sunt utilizate în combinație cu pompele de vid preliminar (pompe cu piston rotativ, pompe cu inel de apă etc.) și lărgesc domeniul de utilizare al acestora foarte mult în domeniul vidului fin (100 – 1 Pa).
- o Presiunea limită realizată de aceste pompe poate fi scăzută sub 0,01 Pa prin scăderea presiunii în zona de vid preliminar.
- o Se utilizează în domeniile în care este nevoie de presiuni limită de 10 – 0,1 Pa, în incinte din care se evacuează cantități mari de gaze:
 - distilare în vid,
 - uscare în vid etc.

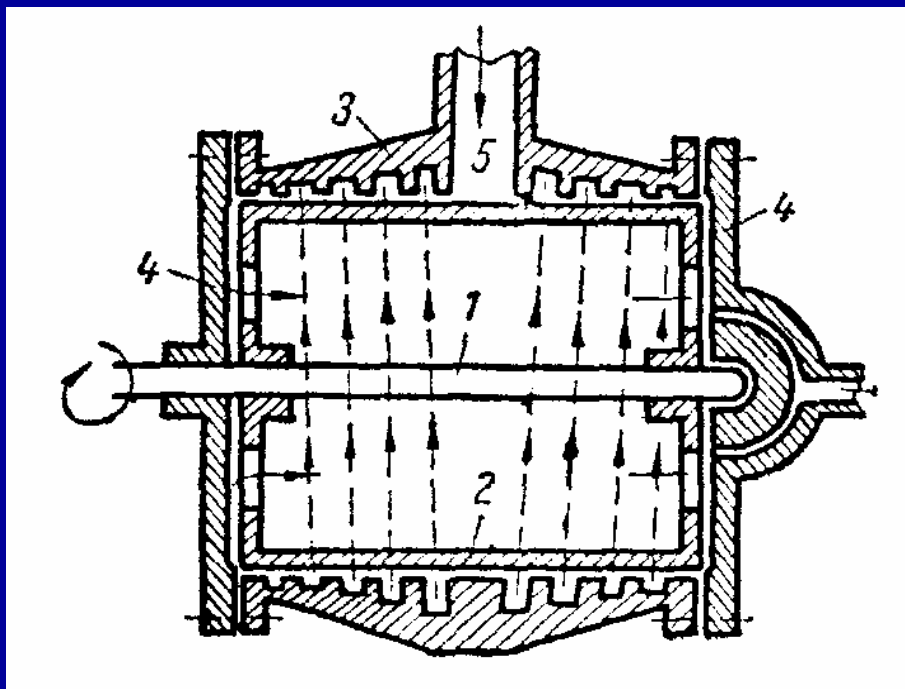
POMPE MOLECULARE

- o Când o moleculă lovește elastic o suprafață, ea ricoșează după o direcție determinată de egalitatea între unghiul de incidență și cel de reflecție; dacă suprafața se mișcă, molecula primește un impuls în direcția mișcării suprafeței, și direcția de întoarcere a moleculei (după lovirea suprafeței) este abătută în direcția și sensul de mișcare al suprafeței.
- o Efectul este sensibil numai când drumul liber mijlociu al moleculelor este suficient de mare, adică la presiuni scăzute; în caz contrar, numeroase ciocniri ulterioare, cu alte molecule, anihilează efectul de antrenare al suprafeței mobile.

POMPE MOLECULARE

POMPA MOLECULARĂ HOLWECK

- o Se compune dintr-un rotor cilindric, neted, care se rotește cu turație mare într-o carcasă prevăzută pe fața interioară cu șanțuri elicoidale de adâncime descrescătoare de la mijloc spre capetele carcasei.
- o Moleculele gazului de evacuat intră în pompă pe la mijlocul ei și sunt deviate, prin numeroasele ciocniri cu suprafața tamburului, către capetele carcasei, unde sunt colectate de o pompă de vid preliminar.
- o Ating presiuni de $0,13 \cdot 10^{-3}$ Pa.

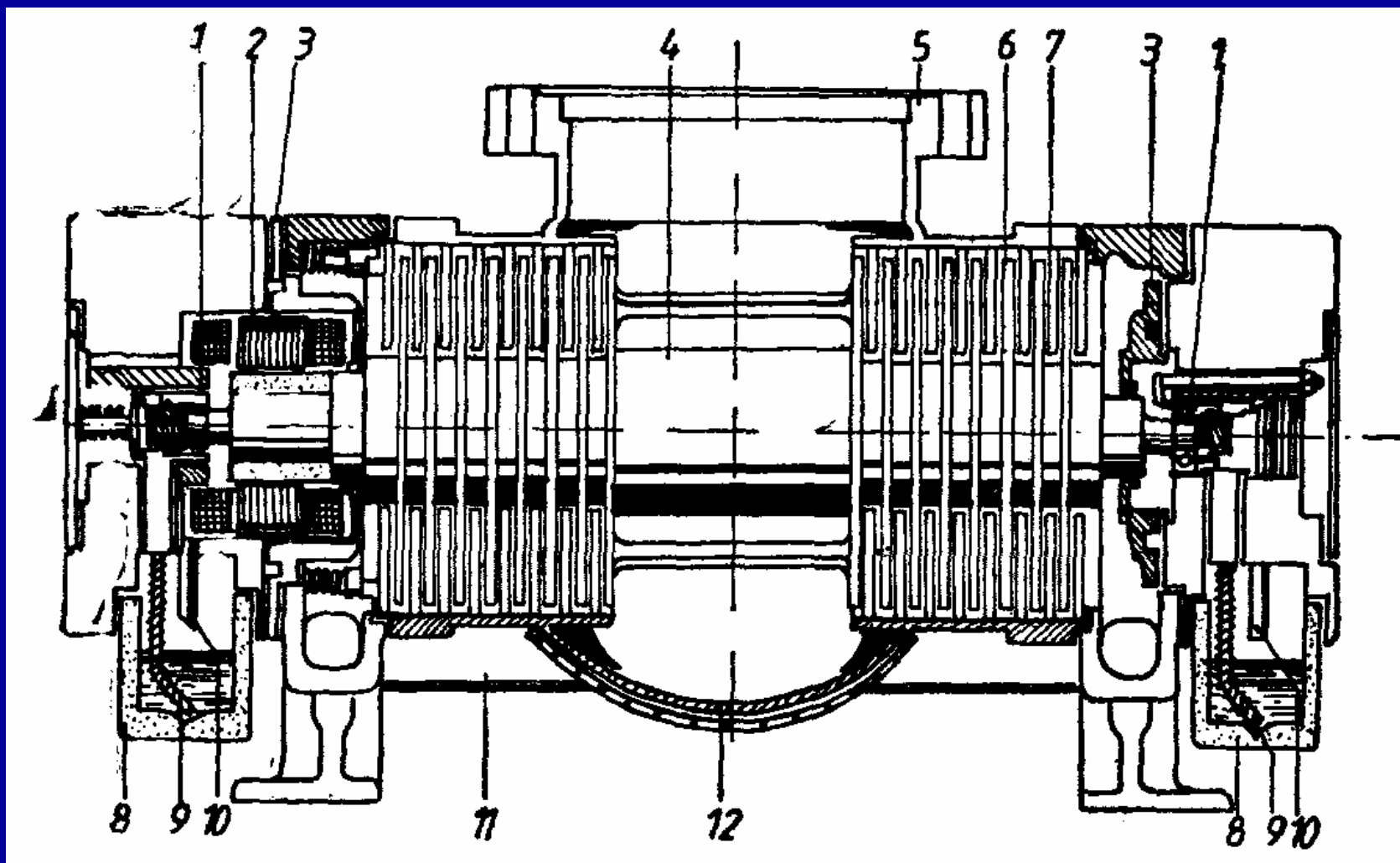


- 1 – arbore; 2 – rotor cilindric; 3 – carcasă cu șanțuri elicoidale; 4 – capace;
5 – racord la pompa de vid preliminară

POMPE MOLECULARE

POMPE TURBOMOLECULARE

- o Prezintă foarte multe asemănări constructive cu turbocompressoarele moderne, viteza rotorului fiind de 15000 – 60000 rot/min.
- o Raportul de comprimare realizat într-o treaptă este redus, dar dat fiind nr. mare de trepte, gradul de comprimare realizat în construcțiile actuale este de $10^3 - 10^{16}$.



Pompă turbomoleculară PFEIFFER-TURBO 200 orizontală:

1 - lagăr; 2 - motor; 3 - cameră cu labirint; 4 rotor; 5 - racord de vid înalt; 6 - disc rotor; 7 - disc stator; 8 - rezervor de ulei; 9 - conductă de ulei pentru lagăr; 10 - retur ulei; 11 - canal de vid preliminar; 12 - manta de încălzire.

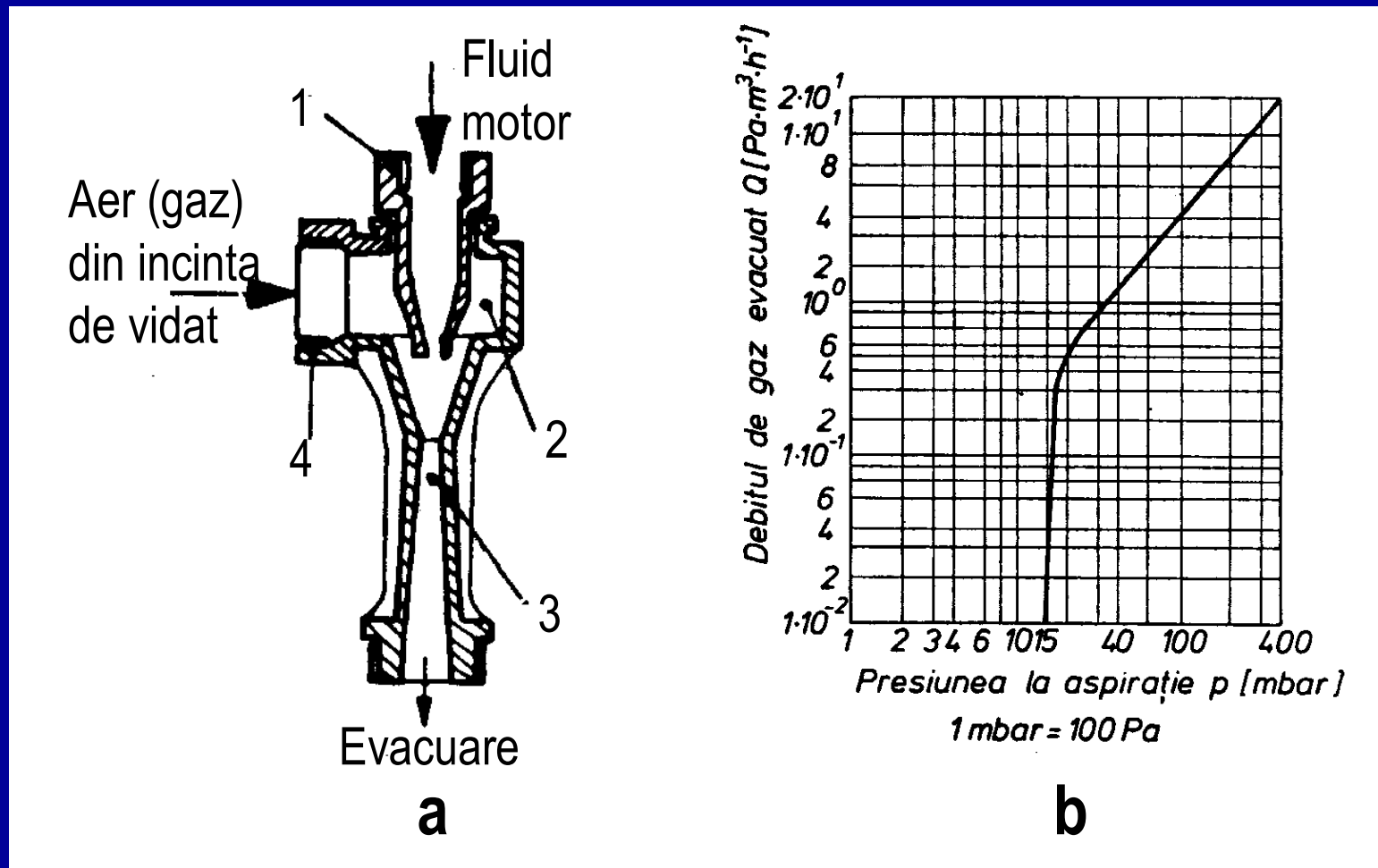


POMPE DE VID CU JET DE ANTRENARE

POMPE DE VID CU JET DE LICHID

- o În practica de laborator se folosesc pompe de vid cu jet de apă de antrenare, cunoscute sub denumirea de "trompe de apă" sau "trompe de vid", pentru realizarea vidului grosier în incinte de volum mic.
- o Consumul de apă la aceste ejectoare este mare (aproximativ $1 \text{ m}^3/\text{m}^3$ de aer aspirat), iar vidul limită atinge 98% (circa 2 kPa).

POMPE DE VID CU JET DE ANTRENARE



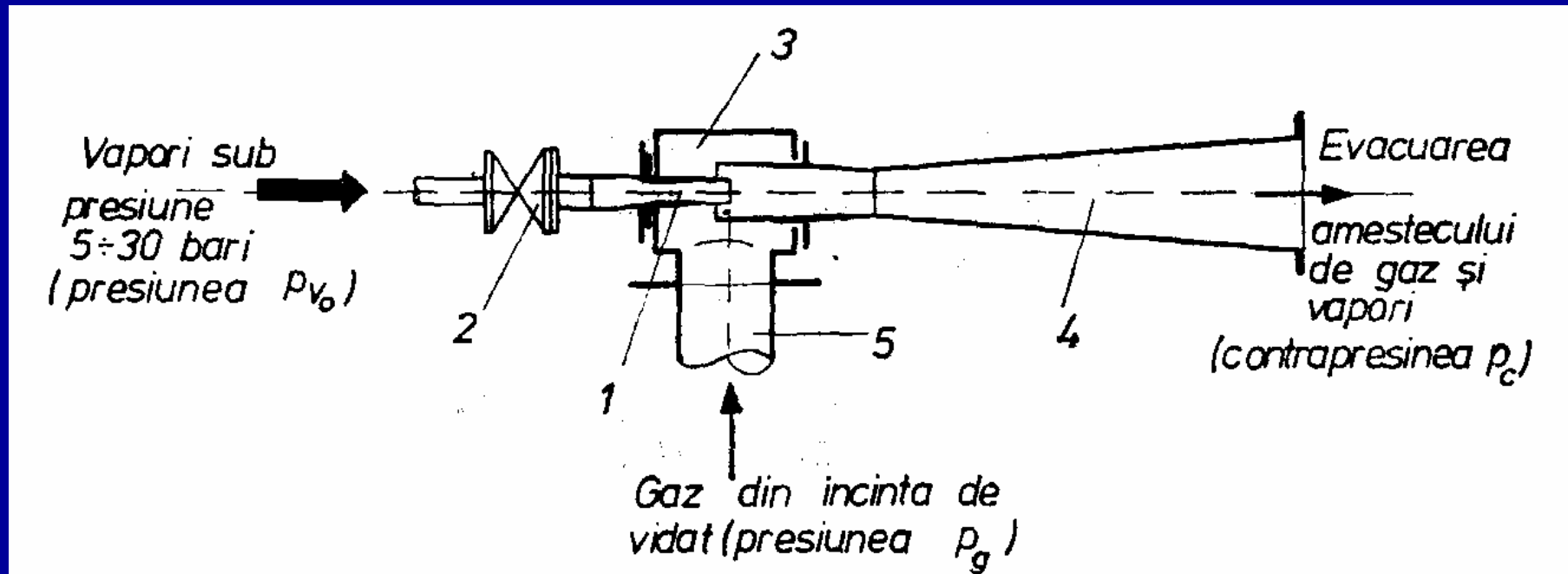
*a - schema de principiu; b - caracteristica de funcționare.
 1 - ajutoraj; 2 - cameră de amestec; 3 - difuzor; 4 - racord de aspirație.*

POMPE DE VID CU JET DE ANTRENARE

o POMPE CU EJECTOARE DE VAPORI

- o Sunt utilizate pt. pomparea unor cantități mari de gaze sau vapori în instalații industriale în care presiunea de lucru variază între cea atmosferică și circa 1 Pa.
- o Elementul central al unei pompe cu ejectoare de vapori = ejectorul.
- o În construcțiile uzuale, un ejector cu o treaptă comprimă gazul aspirat de 5 - 10 ori.
- o De regulă nu se construiesc ejectoare pentru grade de comprimare mai mari de 10, din considerente economice legate de creșterea consumului de vapori. Datorită acestor limitări, o pompă de vid cu ejector care lucrează cu evacuare în atmosferă poate realiza în incintele vidate presiuni de 10 - 20 kPa.

POMPE DE VID CU JET DE ANTRENARE



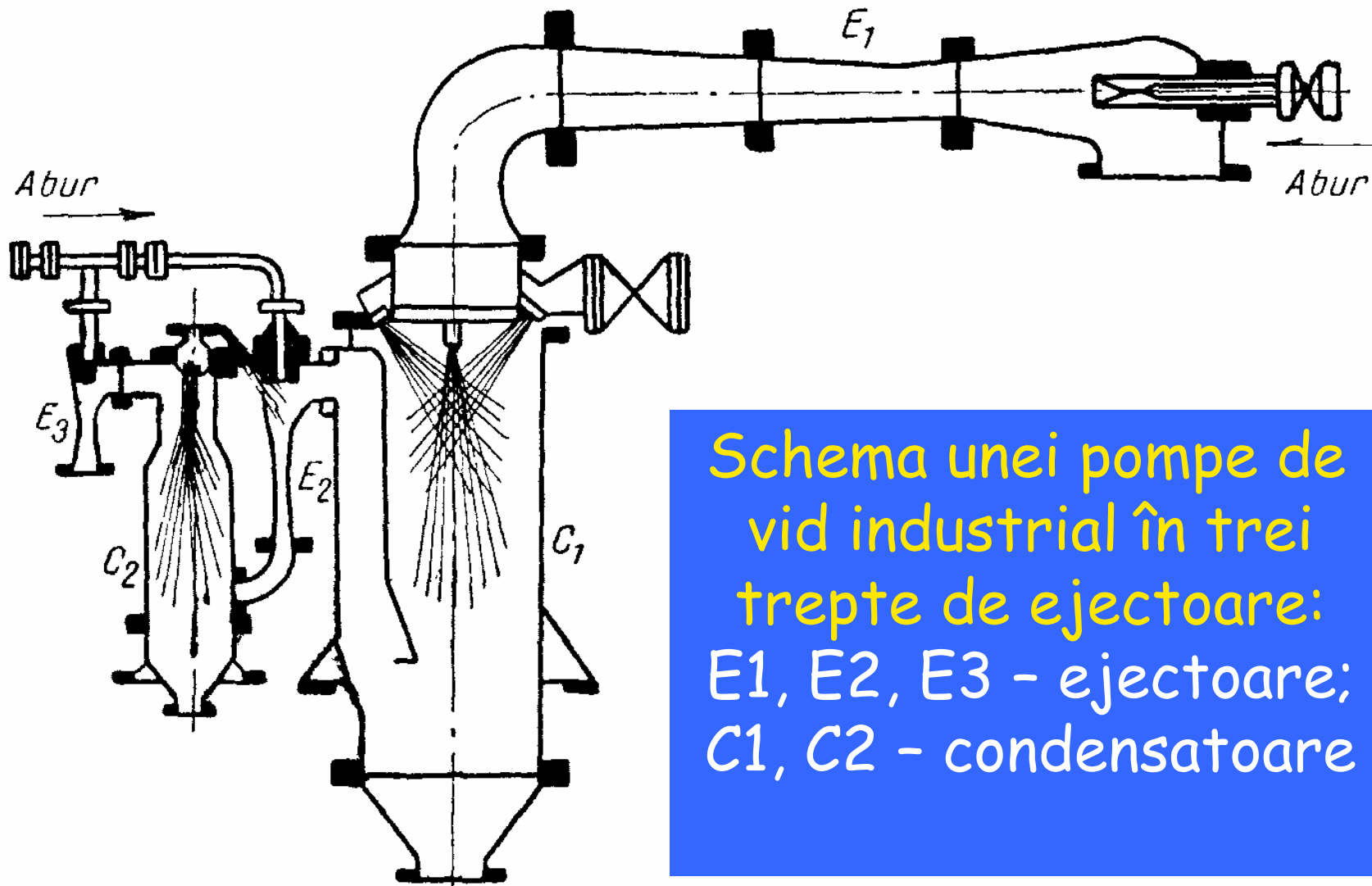
Schema de principiu a ejectorului cu jet de vapori:

1 – ajutoraj; 2 – racord de alimentare cu vapori de lucru; 3 – camera de amestec; 4 – difuzor; 5 - racord la incinta de vid.

POMPE DE VID CU JET DE ANTRENARE

- o Pentru obținerea unor presiuni mai scăzute, este necesar să se monteze mai multe trepte în serie.
- o După o treaptă ejectoare se montează un condensator în care vaporii condensează până la o presiune mai scăzută, iar gazul se pompează de către treapta următoare.
- o Cu o pompă de vid în 5 trepte de ejectoare, se poate atinge o presiune finală de 1 - 100 Pa.
- o Ejectoarele cu vaporii se utilizează atât ca pompe de vid independente, cât și ca trepte de ieșire în pompe de vid intermediare (*Booster*) sau de difuziune, în instalații de distilare în vid etc.

POMPE DE VID CU JET DE ANTRENARE



Schema unei pompe de
vid industrial în trei
trepte de ejectoare:
E₁, E₂, E₃ - ejectoare;
C₁, C₂ - condensatoare

POMPE DE VID CU JET DE ANTRENARE

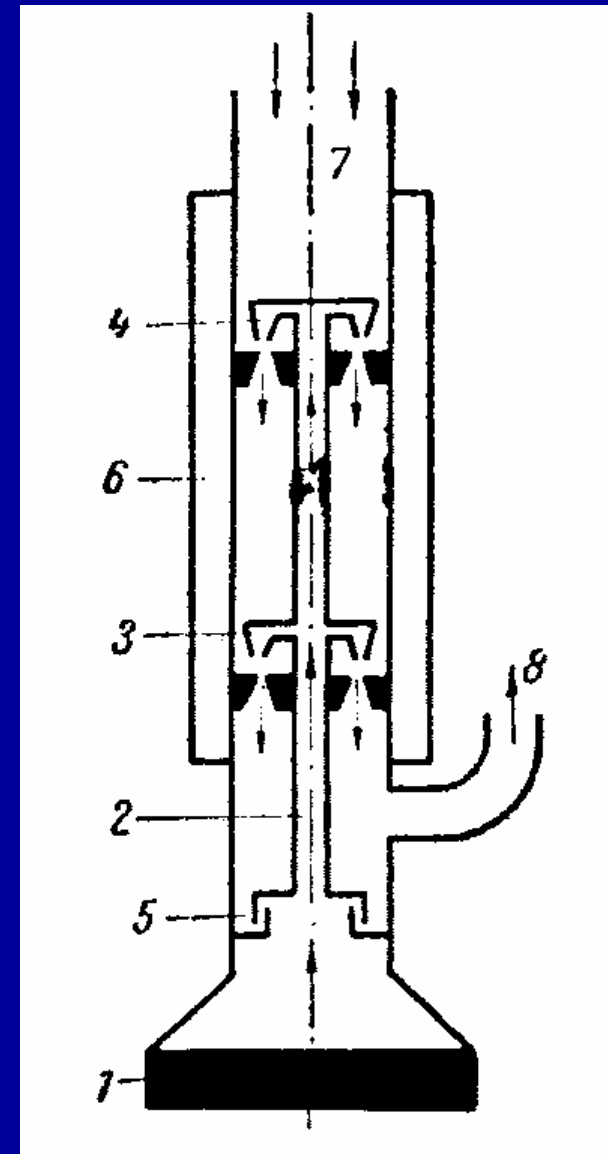
EJECTOARE CU VAPORI DE MERCUR

- o Servesc pentru obținerea presiunilor cuprinse între 13 Pa și 0,13 Pa.
- o Mercurul circulă în circuit închis: vaporii de mercur formați în fierbător urcă prin tubul central, țâșnesc prin ejectoare antrenând gazul de evacuat, condensează prin acțiunea mantalei de răcire (cu apă), mercurul lichid revine în fierbător prin închiderea cu mercur de la partea inferioară a aparatului.
- o Ejectorul este legat la o pompă rotativă de vid preliminar.

POMPE DE VID CU JET DE ANTRENARE

Ejector cu vapori de mercur în două trepte:

- 1 - fierbător;
- 2 - tub central pentru repartizarea vaporilor de mercur;
- 3 - ejector treapta I;
- 4 - ejector treapta a II-a;
- 5 - închidere cu mercur;
- 6 - manta de răcire cu apă;
- 7 - legătură la recipientul de vidat;
- 8 - legătură la pompa de vid preliminar.



POMPE DE DIFUZIUNE

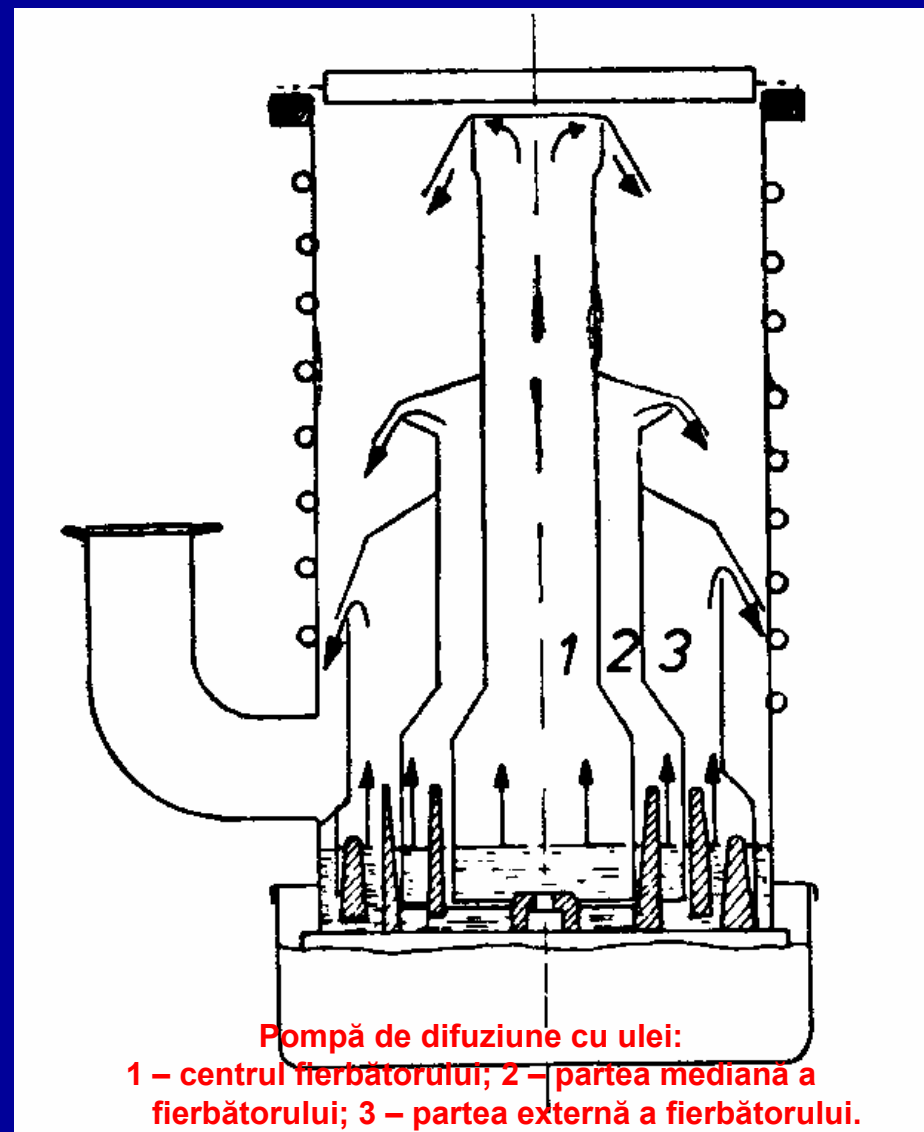
- o Sunt pompe de vid care funcționează pe principiul difuzării gazului sau vaporilor de evacuat, în curentul vaporilor unor substanțe, care, la temperatură normală, au presiuni de vapori mici (ulei special, mercur).
- o Circuitul de vapori se realizează prin fierberea substanței lichide și condensarea vaporilor după ce ei au antrenat, către spațiul de evacuare (legat la o pompă de vid preliminar), gazul de evacuat.

POMPE DE DIFUZIUNE

- o Pompele de difuziune sunt utilizate pt. obț. vidului în intervalul $0,1 \text{ Pa} - 10^{-10} \text{ Pa}$.
- o Viteze de acțiune: de la cativa L/s până la circa $100 \text{ m}^3/\text{s}$.
- o Ca principiu constructiv sunt similare ejectoarelor cu vapori de mercur.
- o Pompele de difuziune cu mercur sunt confecționate fie din sticlă, fie din oțel inoxidabil.
- o Pompele de difuziune moderne folosesc drept fluid de lucru uleiuri speciale.

POMPE DE DIFUZIUNE

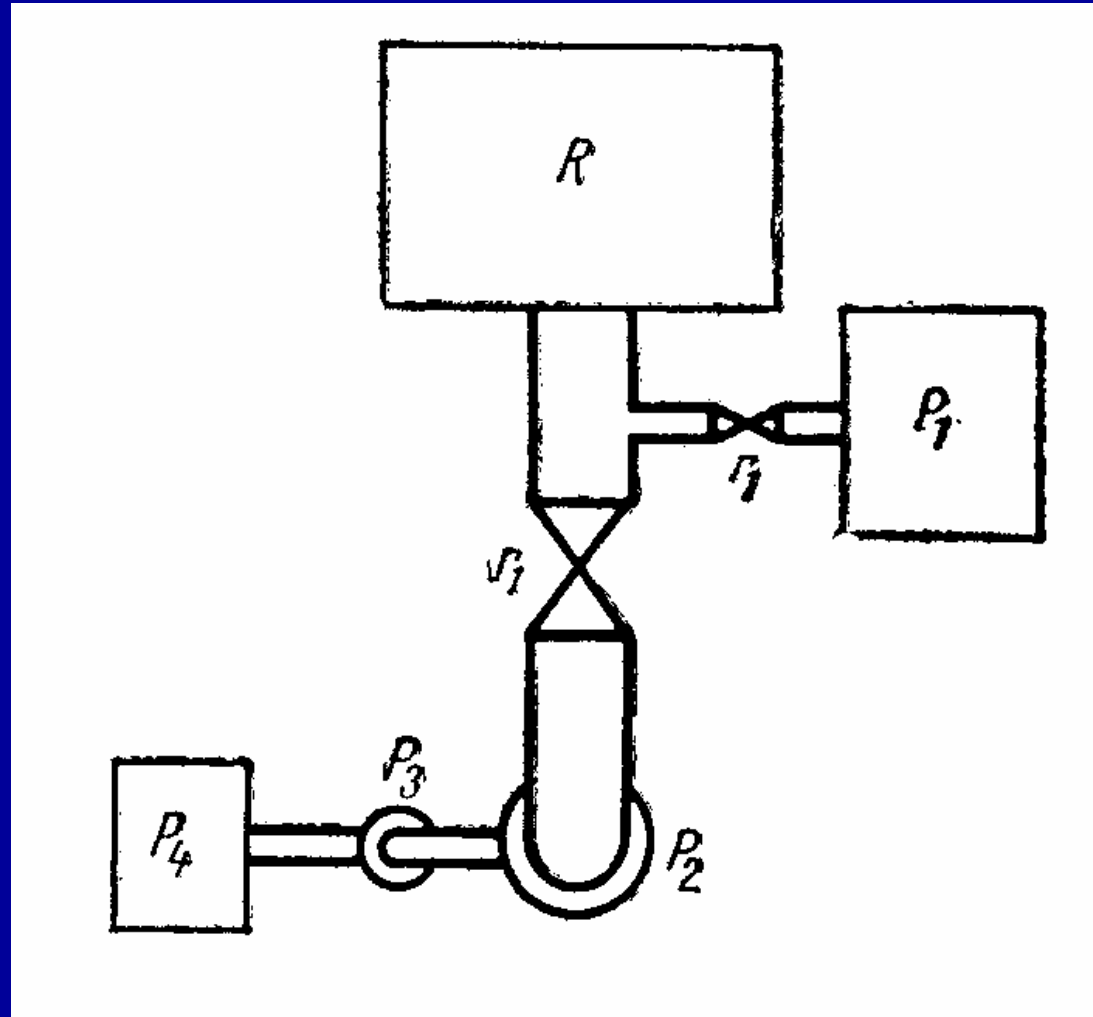
- o Instalațiile de vid cu pompe de difuziune realizează:
 - vid fin, înalt, ultraînalt
 - presiuni sub 1 Pa
 - debite volumice de la câțiva litri pe secundă până la 30000 - 50000 L/s,
 - vidul limită obținut 10^{-10} Pa.
- o Se utilizează:
 - în fabricarea medicamentelor
 - în izolarea sau sintetizarea vitaminelor.



POMPE DE DIFUZIUNE CU ULEI - caracteristici

Tipul pompei	Debit la $1,33 \cdot 10^{-2}$ Pa [m ³ /s]	Presiune limită [Pa]	Putere consumată [kW]	Debit apă răcire [l/h]	Volum de ulei [l]	Masa pompei [kg]
PVDIF-05-100	0,5	$1,33 \cdot 10^{-4}$	0,600	20	0,150	6
PVDIF-1-160	1		0,920	20	0,400	10
PVDIF-5-400	5		6,600	230	3,000	80
PVDIF-20-630	20		8,400	480	8,000	300

POMPE DE VID



Dispunerea pompelor de vid într-o instalație industrială

POMPE DE VID

Pom pa	Tipul pompei	Debitul (m_v) la presiunea (P)		Presiunea realizată [Pa]	
		m_v [m ³ /s]	P [Pa]	maximă	prelimi- nară
P ₁	Rotativă, cu tambur excentric	100	10 ⁵	1,3	-
P ₂	De difuziune, cu ulei	450	13.10 ⁻²	4.10 ⁻⁴	7
P ₃	De difuziune, cu ulei	35	13.10 ⁻²	4.10 ⁻⁴	50
P ₄	Rotativă, cu tambur și lamele	5	10 ⁵	0,3	-